

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РОССИИ
ИРКУТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В.А.Подвербный, В.В.Четвертнова

**ПРОЕКТ УЧАСТКА
НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ.**

**ЧАСТЬ 1.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ И
ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ.
ОПИСАНИЕ РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

*УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ*

ИРКУТСК 1999

УДК 625.111

Подвербный В.А., Четвертнова В.В. Проект участка новой железнодорожной линии. Часть 1. Определение категории и основных параметров железнодорожной линии. Описание района проектирования: Учебное пособие по курсовому проектированию. – Иркутск: ИрИИТ, 1999. – 93 с.

Учебное пособие предназначено для студентов специальностей: 290900 «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» и 240100 «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте» высших учебных заведений дневной и заочной форм обучения.

В пособии изложены вопросы определения категории и основных параметров проектируемой линии и описания района проектирования. Пособие содержит справочные материалы, необходимые для выполнения курсового проекта на тему «Проект участка новой железнодорожной линии» по дисциплине «Изыскания и проектирование железных дорог» для специальности 290900 и расчетно-графической (контрольной работы №2) «Проект участка новой ж.-д. линии» по дисциплине «Основы геодезии и проектирования железных дорог» для специальности 240100.

Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. 26 назв. Прилож. 5 (2 вклейки).

Рецензенты: канд. техн. наук, проф. **В.Н.Поздеев**,
зав. кафедрой пути и путевого хозяйства ИрИИТа;
канд. техн. наук, проф. **В.С.Мионов**,
зав. кафедрой изысканий и проектирования МИИТа

© Иркутский институт инженеров железнодорожного транспорта, 1999

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ И ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ.....	23
1.1. ВВЕДЕНИЕ В РАЗДЕЛ.....	23
1.2. РАСЧЕТ ПОЛЕЗНОЙ ДЛИНЫ ПРИЕМО-ОТПРАВОЧНЫХ ПУТЕЙ.....	25
1.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ЛИНИИ.....	26
1.4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАЗДЕЛУ.....	29
1.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО РАЗДЕЛУ.....	30
2. ОПИСАНИЕ РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	35
2.1. ВВЕДЕНИЕ В РАЗДЕЛ.....	35
2.2. КРАТКАЯ ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАДАННОГО РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	36
2.3. ОПИСАНИЕ КОНКРЕТНОЙ МЕСТНОСТИ, ПРЕДСТАВЛЕННОЙ УЧЕБНОЙ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТОЙ.....	37
2.4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАЗДЕЛУ.....	43
2.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО РАЗДЕЛУ.....	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	49
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	52
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	56
Приложение 1.	
Конспект пояснительной записки к курсовому проекту.....	56
<i>Задание на проектирование</i>	56
<i>Курсовой проект «Проект участка новой железнодорожной линии»</i>	56
<i>Состав проекта и контрольные сроки</i>	60
<i>Введение</i>	64
<i>1. Определение категории и основных параметров железнодорожной линии</i>	66
1.1. Определение категории проектируемой линии.....	66
1.2. Расчет полезной длины приемо-отправочных путей.....	67
1.3. Определение потребной пропускной способности проектируемой линии.....	69
1.4. Заключение по разделу.....	70
<i>2. Описание района проектирования</i>	70

2.1. Краткая экономико-географическая характеристика заданного района проектирования (из дипломного проекта 1997 г., выполненного на кафедре «ИПиГЖД» ИрИИТа по материалам ОАО «ВСТП»).....	70
2.1.1. Состояние экономики региона.....	70
2.1.2. Транспорт района проектирования.....	71
2.1.3. Краткая характеристика природных условий.....	73
2.2. Описание конкретной местности, представленной топографической картой (из дипломного проекта 1997 г., выполненного на кафедре «ИПиГЖД» ИрИИТа по материалам ОАО «ВСТП»).....	75
2.2.У. Описание конкретной местности, представленной учебной топографической картой (описание соответствует учебной топографической карте, приведенной в приложении 4 части 1 пособия).....	76
2.3. Заключение по разделу.....	80
3. Выбор норм проектирования новой железнодорожной линии.....	80
3.1. Нормы проектирования продольного профиля пути на перегонах согласно СТН /1/.....	80
3.2. Нормы проектирования плана пути на перегонах.....	83
3.3. Нормы размещения отдельных пунктов. Нормы проектирования продольного профиля и плана путей на отдельных пунктах.....	83
3.4. Нормы проектирования несущих конструкций и отдельных пунктов новых железных дорог.....	83
3.5. Заключение по разделу.....	83
4. Выбор направления и трассирование вариантов.....	85
4.1. Выбор направления новой железнодорожной линии.....	85
4.2. Укладка магистрального хода.....	85
4.3. Трассирование первого варианта.....	87
4.4. Трассирование второго варианта.....	89
4.5. Заключение по разделу.....	89
Приложение 2.	
Общие характеристики локомотивов.	
Максимальная масса брутто грузовых поездов Q_{max} , т, в зависимости от руководящего уклона.....	92
Приложение 3.	
Условные обозначения на топографических картах.....	93
Приложение 4.	
Топографическая карта с планами вариантов трассы (вклейка).....	95
Приложение 5.	
Схематический продольный профиль первого варианта трассы (вклейка).....	96
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	97

ВВЕДЕНИЕ

Подготовка инженеров путей сообщения - строителей предусматривает изучение основ *изысканий железнодорожных линий*¹ и их *камерального трассирования*².

Инженер - путеец должен уметь на основе действующих нормативов проектировать *план*³ и *продольный профиль*⁴ железных дорог любой *категории*⁵. Работая на пути, инженер должен представлять, что сложности в эксплуатации во многом связаны с принятыми решениями на стадии проектирования⁶.

¹ Изыскания железных дорог – область транспортной науки, изучающая методы инженерных изысканий для сбора и обработки информации о районе проектирования, /2, с.7 – 8/.

² Камеральное трассирование – укладка плана трассы на топографической карте с одновременным проектированием продольного профиля. *Трасса* – это продольная ось железнодорожного пути на уровне бровки основной площадки земляного полотна, см. рис.В.2. из работы /15, рис. 15, с.51/.

³ План трассы – это проекция трассы на горизонтальную плоскость, см. приложение 4 пособия (часть 1).

⁴ Продольный профиль железной дороги – это развернутая на плоскость вертикальная цилиндрическая поверхность, проходящая через трассу, см. приложение 5 пособия (часть 1).

⁵ Категория железной дороги определяется по СТН /1/; всего семь категорий: скоростные ж. д., особогрузонапряженные ж. д., железнодорожные линии I, II, III, IV категории и, наконец, последняя седьмая категория – «внутристанционные соединительные и подъездные пути». Почему необходимо делить железные дороги на категории? Дело в том, что проектируемые железные дороги существенно различаются по своему значению, по характеру и размерам перевозок, по числу пассажирских поездов, по максимальным скоростям движения. Очевидно, было бы неправильным проектировать все дороги по единым нормам без учета роли каждой линии в транспортной системе страны. О делении ж. д. на категории см. /1, п.3.2/ и /2, п.1.7, с.28-29/. См. также рис. В.1, на котором изображена железная дорога высокой категории (скорее всего особогрузонапряженная или I категории, т.к. она двухпутная, электрифицированная, с мощным верхним строением пути).

⁶ Железная дорога в процессе своего создания и развития проходит несколько стадий (этапов): изыскания и проектирование, строительство, временная эксплуатация, постоянная эксплуатация, реконструкция – усиление мощности (при необходимости) и ликвидация (иногда).

Настоящее учебное пособие имеет цель - дать верную ориентацию студенту в решении инженерной задачи по проектированию участка новой железнодорожной линии.

Интересная задача в проектировании железных дорог возникает тогда, когда перед инженером стоит важная цель, достигнуть которой можно многими путями, и ни один из них не очевиден. То есть, по своей сути - *проектирование железных дорог*⁷, как сложных технических систем⁸, является взаимосвязанной последовательностью решений *многокритериальных задач выбора*⁹, часто *недетерминированных*¹⁰ и *динамических*¹¹, работа над которыми для студента служит прекрасной школой инженерного искусства, формирует творческую индивидуальность каждого проектировщика, дает возможность на практике реализовать свой потенциал исследователя.

⁷ Проектирование железных дорог – область транспортной науки, изучающая методы разработки комплексных научно обоснованных проектов строительства новых и реконструкции действующих железных дорог, /2, с. 7 – 8/.

⁸ Представлять железную дорогу в виде сложной технической системы (СТС), состоящей из подсистем 1-го, 2-го и т.д. порядков предложил **Александр Валентинович Гавриленков** (1932 – 1998) - д.т.н., профессор кафедры «Изыскания и проектирование ж.д.» МИИТа. Подобное представление позволяет применить методы проектирования и управления СТС, разработанные в системном анализе, системотехнике и теории сложных систем, используя функциональное, морфологическое и информационное описание СТС. См. /2, п. 1.3, 1.4, 9.1, 9.3/.

⁹ Многокритериальные задачи выбора – задачи принятия решения по выбору одной из альтернатив при наличии нескольких критериев. В данном контексте: альтернативы – варианты трассы ж.-д. линии, критерии – технико-экономические показатели этих вариантов (частные критерии эффективности), см. /2, п. 9.1, 9.2, 9.4, 9.6/.

¹⁰ Недетерминированная задача выбора – задача принятия решения при наличии случайных факторов, влияющих на показатели цели, т.е. – выбор в условиях неопределенности: объемов перевозок, экономических показателей, значений частных критериев эффективности и т.д., см. /2, п. 9.1, 9.2, 9.5/.

¹¹ Динамические задачи выбора – задачи принятия решений в случае зависимости частных критериев эффективности от времени, например – выбор варианта трассы с учетом этапного наращивания мощности линии или с учетом неопределенности прогнозируемых грузовых потоков, см. /2, п. 9.1, 9.2, глава 12/.

Таким образом, курсовой проект на тему “**Проект участка новой железнодорожной линии**” - это первый серьезный экзамен на профессиональную зрелость, который позволяет ответить на вопрос: “Готовы ли Вы самостоятельно решать проектные задачи?”

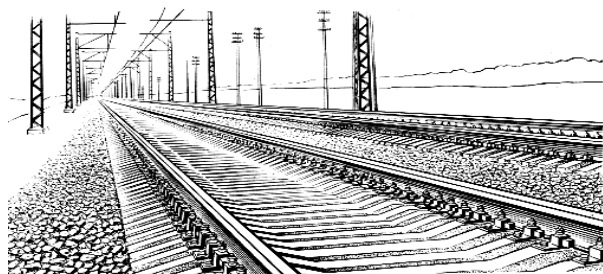


Рис. В.1. Железнодорожная линия высокой категории

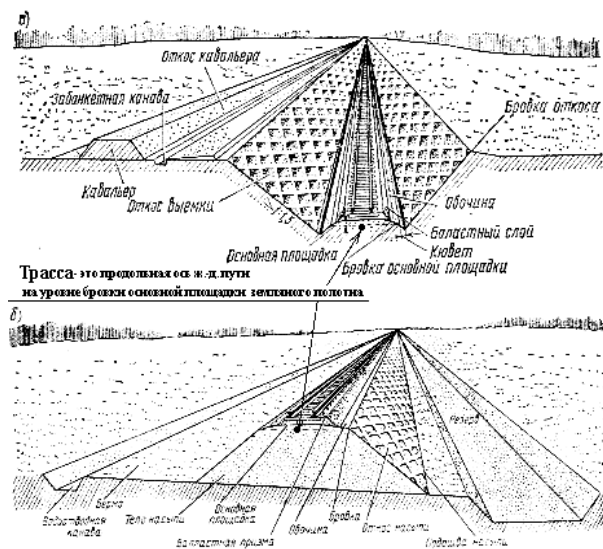


Рис. В.2. Положение трассы железнодорожной линии

а) - выемка, б) - насыпь

«Не бойтесь принимать нетрадиционные решения, ищите свой путь в проектировании железных дорог, формируйте свой индивидуальный почерк в проектировании», - так учил нас **Александр Игнатьевич Проценко**¹², мы согласны со своим учителем и даем Вам те же советы.

Но при всем этом не забудьте посоветоваться с руководителем курсового проектирования и, во всяком случае, - серьезно аргументируйте свою позицию, так как интуиция - дело хорошее, но в проектировании во главу угла Вы должны ставить - соблюдение установленных норм и точный расчет.

Образец задания на курсовой проект и состав проекта приведены в приложении 1 пособия (часть 1).

Курсовое проектирование на тему “Проект участка новой железнодорожной линии” предусматривает выполнение следующих разделов:

1) по исходным данным определить категорию проектируемой линии, *полезную длину прямо-отправочных путей*¹³, *потребную пропускную способность* линии¹⁴;

¹² **А.И.Проценко** (1937-1988) – к.т.н., доцент, первый проректор ИрИИТа по научной работе, основал в 1977 г. кафедру «Изыскания, проектирование и постройка железных дорог» ИрИИТа и руководил ею в период с 1977 по 1984 гг.

¹³ Различают полную и полезную длину прямо-отправочных путей. Полной длиной сквозного (не тупикового) пути называется расстояние между стыками рамных рельсов стрелочных переводов, ограничивающих путь. Полезной длиной пути называется та часть полной длины пути, которую можно использовать для стоянки подвижного состава, не создавая препятствий для движения по соседним путям. Место, ограничивающее возможность установки подвижного состава на каждом из сходящихся путей, обозначается предельным столбиком. Полезная длина пути определяется как расстояние между предельными столбиками стрелочных переводов, ограничивающих путь, см. рис. В.3 а. Если у пути установлен светофор, то полезная длина определяется от предельного столбика (или от остряка противощерстной стрелки) с одной стороны до светофора с другой стороны, см. рис. В.3 б /15, с. 99 – 100, рис. 62/ /2, п.5.3, рис. 5.1, 5.4/.

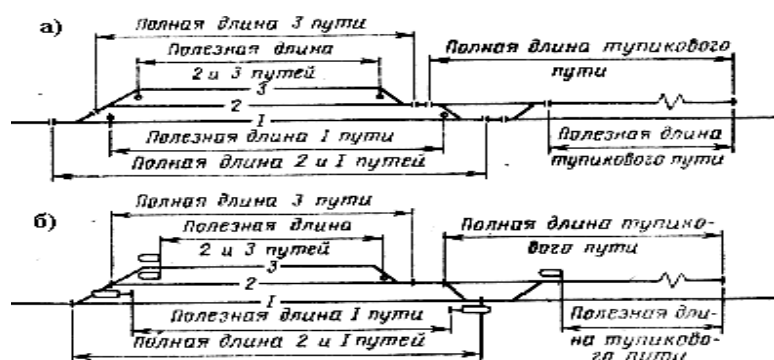


Рис. В.3. Полная и полезная длина путей:

а) - если у путей не установлены светофоры; б) - если у путей установлены светофоры

- 2) дать *описание района проектирования*¹⁵;
- 3) выбрать *нормы проектирования*¹⁶ новой железнодорожной линии;
- 4) по топографической карте наметить возможные варианты *направления* линии¹⁷ и отобрать из них два варианта для камерального

¹⁴ Потребная пропускная способность однопутной ж.-д. линии, пар поездов/сутки – число пар грузовых поездов расчетного веса, которые необходимо пропускать по линии ежедневно, чтобы выполнить за расчетный год заданный объем перевозок, млн. т/год.

¹⁵ В курсовом проекте глобальный (географический) район проектирования задан условно, конкретная местность для проектирования трассы ж.-д. линии представлена учебной топографической картой.

¹⁶ Нормы проектирования железных дорог колеи 1520 мм (СТН Ц-01-95 /1/) утверждены приказом министра путей сообщения РФ в 1995г. и введены в действие с 01.01.96. Кроме того утвержден новый СНиП 32-01-95 /25/.

¹⁷ Направление ж.-д. линии предлагает инженер-проектировщик, исходя из трех групп факторов: экономических, природных и технических. Направление ж.-д. линии – понятие более общего характера, чем ее трасса. Направление формируется с учетом опорных пунктов и фиксированных точек. По одному направлению могут быть уложены несколько вариантов трасс. Направление характеризует общий

трассирования; протрассировать два варианта с заданным *руководящим уклоном*¹⁸ и запроектировать для них *схематические продольные профили*¹⁹, либо протрассировать два варианта по одному направлению (когда направление проектируемой линии – очевидно), но с различными значениями руководящего уклона, отличающимися не менее, чем на 2‰²⁰;

- 5) разместить по вариантам *раздельные пункты*²¹;
- 6) разместить все *искусственные сооружения*²²;

трассировочный замысел проектировщика. Подробнее см. /2, п.6.1/, см. рис.В.4 из работы /16, с. 33, рис.4.2/, на котором показано направление проектируемой ж.-д. линии в обход контурных (поселок, озеро, болото) и высотных (отрог водораздела – мыс) препятствий. Подробнее о вариантах направления см. часть 3 пособия.

¹⁸ Руководящим уклоном i_p (при одиночной тяге) называется наибольший уклон неограниченного протяжения, на котором при движении на подъем грузового поезда расчетной массы с принятым на данной линии типом локомотива, скорость поезда устанавливается равной расчетной для данного типа локомотива, см. /2, п.4.2./.

¹⁹ Схематический продольный профиль проектируется обычно на стадии обоснования инвестиций в строительство ж.-д. линии (ОИС) /20/, /26/ - ранее данная стадия называлась – технико-экономическое обоснование (ТЭО) строительства новой ж.-д. линии; горизонтальный масштаб равен масштабу карты, на которой укладывается трасса, вертикальный масштаб обычно 1:1000, см. приложение 5 пособия (часть 1).

²⁰ ‰ – промилле (тысячные) – единица измерения уклонов продольного профиля линейных сооружений (автодорог, железных дорог и др.). Величина уклона в тысячных представляет собой отношение разности отметок по концам элемента профиля в метрах к горизонтальной проекции его длины в километрах, см. /2, п.4.2./.

²¹ Раздельные пункты делят ж.-д. линии на участки, которые называются перегонами. В курсовом проекте задается ось промежуточной станции А, при необходимости следует разместить также оси и площадки разъездов, см. /2, п.5.1., 5.2., 5.6./.

²² К искусственным сооружениям на железных дорогах относят большое количество объектов: тоннели, галереи, подпорные стены, виадуки, путепроводы и переезды, а также различные водопропускные (мосты, трубы, лотки, дюкеры, акведуки, фильтрующие насыпи) и водоотводные (кюветы, канавы, лотки, дренажи) сооружения, кроме того: селезащитные, снегозащитные, противоналедные и другие инженерные сооружения, обеспечивающие нормальное функционирование железных дорог, см. приложение в части 4 пособия, составленное нами по материалам работ /16, п.6.3, рис.6.11 – 6.18, п.6.5, рис. 6.26, 6.27, п.9.4, рис.9.15/ и /17/.

7) дать развернутое описание протрассированных вариантов с кратким обоснованием принятых решений;

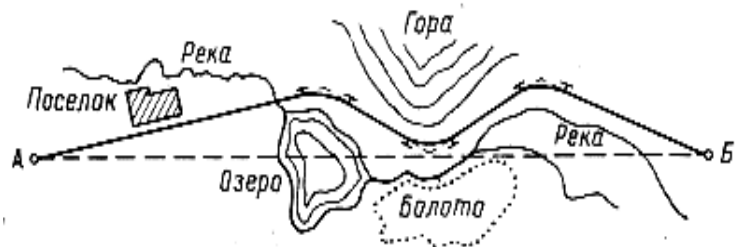


Рис. В.4. Вариант направления железнодорожной линии (вписаны круговые кривые, пунктиром показана геодезическая линия А - Б)

8) для каждого варианта определить **строительную стоимость**²³ и **эксплуатационные расходы** на 10-й год эксплуатации²⁴, определить **суммарные приведенные строительно-эксплуатационные затраты**²⁵ по вариантам;

9) назначить, при необходимости, дополнительные **частные критерии эффективности**²⁶ для сравнения вариантов, определить их

²³ Строительная стоимость новой ж.-д. линии (капитальные вложения) – это экономический показатель, учитывающий денежные затраты на сооружение ж.-д. линии и ввод ее в эксплуатацию. См. /2, п.9.7./.

²⁴ Эксплуатационные расходы на 10-й год – это экономический показатель, применяемый при сравнении вариантов проектных решений. Он включает в себя денежные затраты (на электроэнергию, топливо, ремонт, расходы по текущему содержанию, заработную плату работников и т.д.), необходимые для выполнения запланированного объема перевозок 10-го (расчетного) года эксплуатации. См. /2, п.9.8./.

²⁵ Суммарные приведенные строительно-эксплуатационные затраты – один из основных экономических критериев эффективности, применяемый при сравнении вариантов проектных решений. См. /2, п.9.2./.

²⁶ В многокритериальных задачах выбора варианта трассы для оценки альтернатив применяется несколько критериев эффективности (частных критериев), которые

значения по вариантам и заполнить таблицу основных технико-экономических показателей вариантов трассы;

10) на основании технико-экономического сравнения выбрать оптимальный, по Вашему мнению, в данных условиях, вариант трассы проектируемой железнодорожной линии и обосновать свой выбор.

Разделы курсового проекта 1, 2 изложены в части 1 учебного пособия, раздел 3 – в части 2 пособия, раздел 4 – в части 3, разделы 5-7 – в части 4 пособия, раздел 8 – в части 5 пособия и разделы 9, 10 – в части 6 пособия.

Курсовой проект участка новой ж.-д. линии имеет отличия от реальных проектов по составу и объему.²⁷

позволяют оценить каждый вариант с различных сторон, что дает возможность выбрать вариант, оптимально сбалансированный сразу по нескольким технико-экономическим показателям (часто противонаправленным в «розе целей»).

²⁷ **Во-первых**, из-за ограничения времени на разработку проекта, многие разделы реальных проектов новых железных дорог были исключены, однако тот факт, что параллельно с проектом новой ж.-д. линии студенты выполняют проекты или работы по дисциплинам «Железнодорожный путь», «Гидравлика и гидрология», «Сооружение и эксплуатация мостов, тоннелей и труб», «Организация и планирование железнодорожного строительства» и др., а также слушают лекции по таким вопросам, как – станции и узлы, основы локомотивного и вагонного хозяйства, основы электроснабжения железных дорог, водоснабжение, теплоснабжение и канализация и др. дает основание рассчитывать на то, что студенты в полной мере будут представлять себе объем и состав реальных проектов железных дорог.

Во-вторых, согласно стадийности проектирования новых железных дорог проектирование ведется в две стадии (*Проект* и *Рабочая документация*), а для сложных объектов – также с разработкой *ОИС* (*Обоснование инвестиций в строительство* новой ж.-д. линии - ранее *ТЭО строительства* новой ж.-д. линии). До разработки *ОИС* заказчик определяет *Цели инвестирования* и составляет *Ходатайство (Декларацию) о намерениях*. По результатам положительного рассмотрения органом исполнительной власти *Ходатайства (Декларации) о намерениях* заказчик (инвестор) принимает решение о разработке *ОИС* /26/. Таким образом, по степени проработки проектных решений и по объему выполняемых разделов курсовой проект «Проект участка новой ж.-д. линии», который Вы выполняете, ближе всего к *ОИС*.

В-третьих, основной объем работы в курсовом проекте приходится на проектирование плана и профиля трассы железнодорожной линии. Так как все капиталоемкие и трудноперестраиваемые сооружения железной дороги – земляное

В учебном пособии изложение ведется применительно к железнодорожным линиям нормальной колеи 1520 мм под нагрузку на ось четырехосного грузового вагона 245 кН (25 тс), для расчетов земляного полотна под нагрузку на ось четырехосного грузового вагона 294 кН (30 тс) и погонную нагрузку восьмиосного вагона 103 кН (10,5 тс): скоростным, особогрузонапряженным, I, II, III и IV категорий, при движении поездов со скоростями: пассажирских – до 200 км/ч, грузовых – до 120 км/ч, грузовых ускоренных и рефрижераторных – до 140 км/ч (включительно).

Проектирование железнодорожных линий и подъездных путей, на которых предусматривается замкнутое обращение подвижного состава с более высокими осевыми и погонными нагрузками, проектирование внутренних подъездных железнодорожных путей, а также железнодорожных линий для движения пассажирских поездов со скоростями свыше 200 км/ч, грузовых поездов со скоростями свыше 120 км/ч, а грузовых ускоренных и рефрижераторных – свыше 140 км/ч должно выполняться по специальным нормам, имеет свои особенности и **выходит за рамки курсового проекта.**

Курсовое проектирование ведется в соответствии со строительно-техническими нормами МПС РФ для железных дорог колеи 1520 мм (СТН Ц-01-95) /1/ и положениями учебника²⁸ /2/.

полотно, искусственные сооружения, оси (площадки) отдельных пунктов – напрямую зависят от трассы, следовательно, оптимальное проектирование трассы – залог успешного строительства, эксплуатации и последующих переустройств линии.

²⁸ Учебник /2/ был издан в 1989 г. и в нем все нормативные данные приведены согласно СНиП 2.05.01 (проект), а СТН /1/ был утвержден в 1995 г. и многие нормы проектирования были пересмотрены (уточнены). Поэтому, при работе над курсовым проектом Вам следует использовать только нормы СТН /1/, а учебник /2/ читать для углубленного понимания сути проектирования железных дорог. Новый СНиП 32-01-95 /25/ по проектированию железных дорог и СТН Ц-01-95 /1/ находятся в полном соответствии. В данном учебном пособии **все нормы приняты по СТН /1/.**

В данном пособии в косых скобках указан номер первоисточника по библиографическому списку, приведенному в конце пособия (через запятую указаны номера страниц, таблиц, рисунков, пунктов и т.д.).

Графические материалы и оформление пояснительной записки курсового проекта должны соответствовать установленным требованиям, изложенным в работе /3/ и части 6 пособия. Примеры оформления пояснительной записки (конспективно), топографической карты с планами вариантов трассы и учебного схематического продольного профиля приведены в приложениях 1, 4 и 5 части 1 пособия.

В конце каждого раздела учебного пособия нами приведены контрольные вопросы, которые помогут Вам подготовиться к защите проекта.

Для эффективной работы с пособием основные термины, использованные в тексте, объясняются в сносках, которые приведены постранично (номер сноски указан над поясняемым словом сверху справа, а текст сноски внизу страницы под чертой). Если пояснения, приведенные в сноске, Вас не удовлетворили, то Вы можете воспользоваться рекомендованной литературой, ссылки на которую приведены там же (в основном, это СТН /1/ и учебник «Изыскания и проектирование железных дорог» /2/, т.к. они являются **обязательными источниками** при изучении дисциплины).

Для удобства Вашей работы с пособием, на каждой странице в поле верхнего колонтитула (сверху страницы над чертой) приведено название того раздела пособия, к которому относится данная страница (это поможет Вам ориентироваться в тексте пособия).

Работа с нормативными документами, в частности с СТН /1/, очень важна для Вас, потому что, во-первых, даст Вам навык поиска

необходимых данных в нормативно-технической документации, которая имеет отличия по стилю изложения от учебно-методической, к которой Вы привыкли за годы учебы, а, во-вторых, научит Вас доверять – только официальным изданиям, утвержденным и введенным в действие приказами, что очень важно для принятия правильных решений. Однако, в связи с тем, что многие нормативные первоисточники сложно получить для работы, мы привели в приложении 2 настоящего пособия конспект некоторых разделов СТН /1/, которые необходимы для работы над проектом. Данные, воспроизведенные в приложении 2 – *справочное учебное издание*²⁹. Далее в тексте пособия мы приводим ссылки только на СТН /1/, так же следует поступать и Вам при написании пояснительной записки курсового проекта.

В конце учебного пособия приведен предметный указатель, в котором по алфавиту расположены основные термины, использованные в тексте пособия, с указанием страниц, на которых они применяются. Таким образом, Вы можете, обратившись к предметному указателю, сразу получить пояснение терминов, т.к. для удобства их поиска в тексте пособия они выделены (*полужирным курсивом* – там, где они встречаются впервые и есть пояснения к ним).

В учебном пособии авторы постарались дать удобное для восприятия³⁰ изложение правильной последовательности Вашей работы над курсовым проектом, ни в коей мере не пытаясь задавать полный алгоритм расчетов и действий, от которого нельзя было бы отступить.

²⁹Справочное учебное издание – применяется в учебно-методической литературе только в учебных некоммерческих целях и не может быть использовано для разработки и утверждения реального проекта в отличие от официального издания СТН /1/.

³⁰ При оформлении пособия использованы материалы работ /15, 16, 18/. Пособие подготовлено с помощью текстового редактора Microsoft® Word 97® for Windows®95 и графического редактора Adobe® Photoshop® 5.0.

В нашу задачу не входило также приводить в приложениях весь нормативно-справочный материал и давать развернутые определения всех терминов, поскольку важной составляющей частью работы над курсовым проектом является *библиографический поиск*³¹, непосредственная *работа с первоисточниками*³² - нормативными документами, учебниками и монографиями.

Только самостоятельно изучая нормативные документы, а также читая разных авторов по проблеме трассирования новых железных дорог, **Вы сможете составить собственное мнение и сформировать свой стиль инженера-проектировщика железных дорог.**

Незыблемым требованием остается - строгое соблюдение норм проектирования, в то же время, множество вариантов проектных решений - поистине безгранично!

Итак, перед Вами стоит сложная и интересная задача – впервые в своей жизни Вы должны запроектировать участок новой ж.-д. линии в полном соответствии с нормами проектирования. Мы желаем Вам успеха и в заключении приводим несколько размышлений-советов

³¹ Для поиска научно-технической и нормативной литературы, необходимой для работы над проектом и для его успешной защиты, пользуйтесь услугами учебной библиотеки, научного фонда и читального зала ИрИИТа (ул. Чернышевского, 15), технической библиотекой Управления ВСЖД (ул. Марата), технической библиотекой и библиотекой проектов ОАО «ВОСТСИБТРАНСПРОЕКТ» (ул. Декабрьских Событий, 49).

³² Работа с первоисточниками необходима по двум причинам: во-первых, одной из основных Ваших задач в процессе обучения в институте является задача – научиться вести самостоятельный библиографический поиск необходимой литературы, включающий правильное составление библиографического описания первоисточника, его поиск по алфавитному или систематическому каталогу, умение составить конспект или резюме первоисточника, в перспективе – поиск через вузовскую городскую сеть или Internet; во – вторых, любое, даже дословно приведенное нами высказывание (требование, норматив, пояснение и т.д.), но вырванное из контекста первоисточника, теряет в своей убедительности. **Вывод:** самостоятельная работа с литературой, ссылки на которую приведены в настоящем пособии, имеет огромное значение и в деле Вашего становления как инженера, и в процессе изучения программного материала.

известных инженеров изыскателей и проектировщиков железных дорог, которые позволят Вам прикоснуться к **проблеме трассирования железных дорог.**

А.В.Горинов :

*«Обычно принято считать трассирование своего рода искусством. В этом есть значительная доля истины. Грамотно протрассировать линию тем или иным руководящим уклоном может и малоопытный инженер. Но для правильной оценки всей совокупности топографических и геологических факторов на каждом отдельном участке трассы и для умелого выявления наиболее вероятных и целесообразных вариантов трассы, бесспорно, **требуются большой изыскательский опыт и способность хорошо ориентироваться в рельефе местности**» /21, с.11/.*

А.И.Иоаннисян :

*«Характер линии в профиле и плане существенно влияет на стоимость строительства, условия эксплуатации и размеры эксплуатационных расходов, а также на плавность и безопасность движения поездов, особенно при внедрении мощных локомотивов и высоких скоростей. Если к тому же учесть, что переустройство профиля и плана железной дороги в процессе ее эксплуатации связано со значительными трудностями, требует больших расходов и в ряде случаев вызывает бросовые работы, то становится понятным **решающее значение, которое имеют вопросы проектирования профиля и плана при разработке проектов новых железных дорог**» /22, с.75/.*

И.В.Турбин :

«Проектирование трассы основано на варьировании, т.е. на назначении и сравнении некоторого числа вариантов, что позволяет

*найти лучший из них, но не лучший из всех возможных, оптимальный по некоторому критерию, например по приведенным строительно-эксплуатационным расходам. Причина состоит в том, что трудно пытаться исчерпать все возможные варианты трассы в плане и профиле, поэтому **никогда не будет уверенности даже в том, что лучший вариант вошел в число назначенных**» /2, с.216/.*

А.В.Гавриленков :

*«Математическое описание земной поверхности связано с большими трудностями формального характера, поэтому критерий суммарных приведенных строительно-эксплуатационных затрат для задач, связанных с положением трассы, приходится получать как результат эксперимента, т.е. трассирования. Процедура трассирования трудоемка, поэтому для получения денежных критериев множества допустимых альтернатив **следует очень осмотрительно относиться к назначению трассируемых вариантов**» /2, с.308/.*

Г.С.Переселенков :

*«Опыт многих столетий прокладки безрельсовых путей сообщения, предшествующий началу постройки железных дорог, показал, что для создания выровненного профиля будущей дороги **целесообразно использовать результат природной эволюции (формирования рельефа реками) – попутные долины**, несмотря на то, что они концентрируют в наибольших количествах поверхностные и грунтовые воды, представляющие собой наиболее мощный фактор, отрицательно воздействующий на устойчивость и сохранность земляных сооружений (насыпей и выемок), из которых и создается дорога» /18, с.4/.*

Б.А.Волков :

«Вариантность проработки проектов сооружения железнодорожных линий берет начало со времен строительства первых железных дорог в России, когда на каждый километр построенной линии приходилось в среднем около 12 км вариантов, протрассированных в «поле» /12, с.123/.

А.А.Побожий :

*«Изыскатель в первую очередь обдумывает главные моменты – проходы через хребты, обходы долин со скальными прижимами, болотных топей и других основных препятствий. **Изыскатель должен охватить все пространство, сжиться с рельефом и всегда смотреть далеко вперед, хорошо видеть в рельефе будущую железную дорогу с ее станциями и поселками, - только затем он вправе решать частные задачи...Нельзя, чтобы вся тяжесть строительства легла в конечном счете на рабочие руки и управляемые ими механизмы. Первую тяжесть должны принять на себя прежде всего проектировщики и изыскатели. Ни излишеств, ни перестраховок! Решения с большой перестраховкой найти легко – для этого не нужно большого ума: но если инженер поддается трусливой опаске, он может технически неоправданно увеличить объем работ и вынудить строителей к сверхчеловеческим усилиям... Мы ведь словно золотоискатели, которые спешат открыть золотые россыпи. И в самом деле: удачно выбранный вариант дает при строительстве железной дороги сотни тысяч, а в таежных болотах – и миллионы рублей экономии. **Изыскательское дело любит творческих людей**» /23/.***

И.И.Кантор:

*«**При проектировании железной дороги необходимо учитывать многие требования охраны окружающей среды в процессе строительства и эксплуатации дороги. Важнейшие из этих***

требований следующие: сокращение занимаемых для нужд строительства земель; защита почвенно-растительного покрова с разработкой мероприятий по восстановлению (рекультивации) земельного участка и использованию плодородного слоя почвы; сохранение лесных ресурсов, богатств недр; охрана воздушного бассейна, водных ресурсов, животного мира; борьба с шумом; сохранение эстетических качеств ландшафта; охрана памятников природы, культуры и истории» /2, с.31/.

Б.В.Яковлев:

*«**При правильном, рациональном проектировании каждый дополнительный миллион рублей капитальных вложений дает существенную экономию эксплуатационных затрат...** Проектирование железных дорог должно базироваться на всей совокупности данных теории и практики изысканий, строительства новых и реконструкции действующих линий, организации процесса перевозок. Инженер – автор проекта – должен иметь достаточную теоретическую подготовку и обширный практический опыт. При проектировании железных дорог вопросы математики (включая современные экономико-математические методы с применением ЭВМ), механики, геодезии, гидрологии, экологии, строительства, эксплуатации железных дорог... переплетаются между собой, образуя при крайнем разнообразии местных условий весьма сложный комплекс» /24, с.6, 8/.*

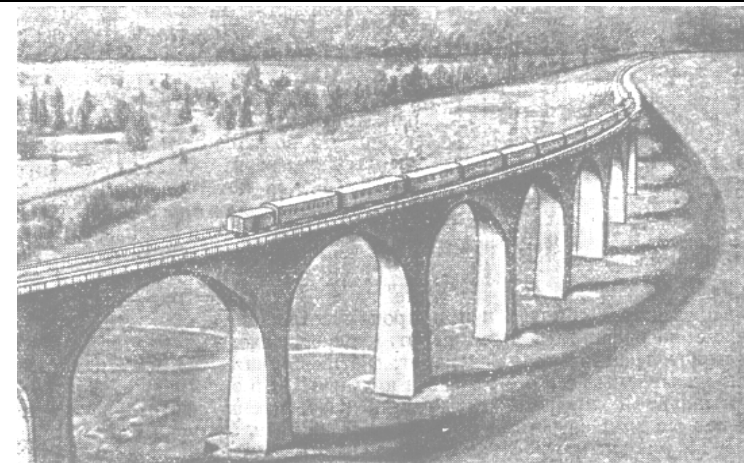
А.П.Кондрагченко:

«... длина элементов продольного профиля на перегонах зависит от длины поезда, а следовательно, от полезной длины приемо-отправочных путей. Поскольку от веса поезда зависит и размещение

раздельных пунктов, то комплексное решение по выявлению рационального веса поезда, длины и размещения площадок раздельных пунктов оказывает влияние и на проектирование профиля перегонов» /19, с.184/.

А.Е.Гибшман:

*«Удовлетворяя общим требованиям, варианты в то же время различаются по некоторым показателям. При этом часто по одним показателям преимущество имеет первый вариант, а по другим показателям – второй. Например, уменьшение стоимости строительства новой железной дороги за счет увеличения руководящего уклона и снижения объемов земляных работ вызывает обычно увеличение эксплуатационных расходов и сокращение резервов мощности дороги. В результате может возникнуть необходимость переустройства дороги через более короткий срок, нежели при применении более пологого уклона. **Правильный выбор решения может быть сделан лишь на основании всестороннего анализа характеризующих его показателей...** В число этих показателей входят не только денежные, но и натуральные, например, качество продукции и перевозок, производительность и затраты труда, потребность в дефицитных материалах при строительстве и эксплуатации, расход топлива и энергии, сроки строительства и реализуемые резервы мощности, в отдельных случаях – показатели эксплуатационной надежности, долговечности, маневренности и т.п.» /22, с.198/.*



Конец введения

Конец введения

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ И ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

1.1. ВВЕДЕНИЕ В РАЗДЕЛ

Категория проектируемой железной дороги устанавливается в зависимости от размеров перевозок на 10-й год эксплуатации по классификации, приведенной в /1, табл.1/.

В задании на курсовое проектирование даны значения годовой *грузонапряженности*³³ *нетто* в грузовом направлении $\Gamma_{гр}$, млн. ткм/км в год и число пар пассажирских поездов в сутки $n_{пас}$, пар поездов/сутки на 10-й год эксплуатации. Для расчета годовой приведенной³⁴ грузонапряженности *нетто* в грузовом направлении $\Gamma_{пр}$, млн. ткм/км в год применяется формула

$$\Gamma_{пр} = \Gamma_{гр} + 365 \cdot n_{пас} \cdot Q_{пас}^{бр} \cdot 10^{-6}, \quad (1.1)$$

где $Q_{пас}^{бр}$ – средняя масса пассажирского поезда *нетто*, т,
в курсовом проекте можно принять $Q_{пас}^{бр} = 700$ т
(т.к. в работе /4, с.54/ средняя масса

³³ *Грузонапряженность, млн. т · км / км в год* – важнейший измеритель, определяющий мощность железной дороги, потребную для обеспечения перевозок. Грузонапряженность участка ж.-д. линии определяется по формуле $\Gamma = \Sigma (z \cdot l) / L$, где z – отдельные составляющие перевозок (по родам грузов), т, l – длина их пробега по проектируемой линии, км, L – общая длина линии, км. Грузонапряженность *нетто* – без учета массы тары, т.е. массы подвижного состава, – средневзвешенная *полезная* грузовая работа. См. /2, п. 3.2.,3.5./.

пассажирского поезда *брутто* $Q_{пас}^{бр} = 1000$ т).

Например, если по расчету получилось значение $\Gamma_{пр} = 20$ млн. ткм/км в год, то линия проектируется II категории (согласно СТН /1, табл.1/ – т.к. попадает в интервал – свыше 15 до 30 млн. ткм/км в год включительно).

Основными параметрами железной дороги являются:

- *ширина колеи*³⁵ S , мм;
- число главных путей $N_{гл.п.}$, путей;
- руководящий уклон i_p , %;
- тип локомотива ;
- потребная (расчетная) пропускная способность для размещения осей отдельных пунктов $n_{потр(p)}$, пар поездов в сутки (для однопутных линий), поездов в сутки по направлениям (для многопутных линий);
- полезная длина приемо-отправочных путей $l_{по}$, м.

В курсовом проекте проектируется линия нормальной колеи $S = 1520$ мм. Другие параметры, за исключением $l_{по}$ и $n_{потр}$, приведены в задании на проектирование. Число главных путей задается в зависимости от категории проектируемой линии (1 главный путь – для линий I, II, III и IV категорий, внутростанционных соединительных и подъездных путей; 2 главных пути – для линий скоростных, особогрузонапряженных и I категории).

Обычно, в курсовом проекте руководитель задает число главных путей – 1 (без двухпутных вставок). В дальнейшем, мы приводим

³⁴ Приведенная грузонапряженность определяется с учетом количества и массы пассажирских поездов.

³⁵ Ширина колеи – расстояние между боковыми рабочими гранями головок рельсов (на прямых участках пути), измеренное в расчетной плоскости (на расстоянии 13 мм

расчеты и рекомендации именно для *однопутных линий без двухпутных вставок*.

Проектирование однопутной линии с двухпутными вставками, двухпутной линии, скоростной или особогрузонапряженной имеет свои особенности и может быть задано в качестве элемента УИРС.

1.2. РАСЧЕТ ПОЛЕЗНОЙ ДЛИНЫ ПРИЕМО-ОТПРАВОЧНЫХ ПУТЕЙ

Определяется *максимальная масса брутто состава*³⁶ Q_{\max} , т, которая зависит от типа локомотива и величины руководящего уклона.

В курсовом проекте максимальная масса брутто состава может быть принята по приложению 2 пособия (часть 1).

Например, если задан локомотив - электровоз переменного тока ВЛ80^Т (одиночная тяга), то при значении руководящего уклона $i_p = 9\%$ значение максимальной массы грузового поезда брутто, определенное по прил.2, составит $Q_{\max} = 4500$ т.

Определяется *средняя масса брутто состава*³⁷ $Q_{\text{ср}}$, т

$$Q_{\text{ср}} = Q_{\max} \cdot k_{\text{ср/макс}}, \quad (1.2)$$

ниже поверхности катания головок рельсов). На железных дорогах РФ нормальная ширина колеи на прямых участках пути равна 1520(+ 8;- 4)мм.

³⁶ Максимальная масса брутто состава, т – масса вагонного состава, определенная из условий полного использования мощности локомотива, с проверками по условиям трогания с места после стоянки на раздельном пункте и по условиям максимально допустимых усилий на автосцепке (при использовании дополнительных локомотивов).

³⁷ Средняя масса брутто состава – масса вагонного состава, рассчитанная из условия того, что лишь часть грузовых поездов проходят полногрузными, а некоторые грузовые поезда идут меньшим весом.

где $k_{\text{ср/макс}}$ - коэффициент перехода от максимальной массы брутто поезда к средней массе брутто, принимается равным 0,8.

Определяется длина расчетного грузового поезда, м

$$l_{\text{п}} = Q_{\text{ср}} / q_{\text{ср}} + l_{\text{лок}}, \quad (1.3)$$

где $q_{\text{ср}}$ - средняя погонная масса брутто поезда, т/м, принимается по заданию на курсовое проектирование;

$l_{\text{лок}}$ - длина локомотива, м, принимается по приложению 2.

Определяется потребная полезная длина приемо-отправочных путей, м

$$l_{\text{по(п)}} = l_{\text{п}} + 10, \quad (1.4)$$

где 10 - запас в метрах на неточность установки поезда

в пределах полезной длины приемо-отправочных путей.

Полезная длина приемо-отправочных путей $l_{\text{по}}$, м - на проектируемых железных дорогах РФ принята стандартной и равняется 850, 1050, 1700 и 2100 м, согласно /1, п.10.15/, поэтому в курсовом проекте необходимо принять ближайшее большее стандартное значение $l_{\text{по}}$. Например, если по расчету $l_{\text{по(п)}} = 867$ м, то следует принять $l_{\text{по}} = 1050$ м.

1.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ЛИНИИ

Для проектируемых однопутных линий I и II категорий в задании на проектирование задается величина *расчетной пропускной способности*³⁸ n_p , пар поездов/сутки *параллельного графика*³⁹ при *скрещении поездов*⁴⁰ с остановками на отдельных пунктах при типе локомотива, указанном также в задании.

Однако всегда следует проверять возможность выполнения заданных на 10-ый год эксплуатации объемов грузовых перевозок $\Gamma^{06}_{гр}$, млн.т/год (в курсовом проекте принимается равным заданному значению годовой грузонапряженности нетто в грузовом направлении $\Gamma_{гр}$) и размеров пассажирских перевозок $n_{пас}$, пар поездов/сутки, вычисляя значение потребной пропускной способности $n_{потр}$, пар поездов/сутки, по формуле из работы /4, с.25/ с рекомендуемыми в ней значениями коэффициентов

³⁸ Расчетная (минимальная) пропускная способность, пар поездов в сутки – установленное в задании на проектирование однопутных линий I и II категории (по условиям унификации со смежными участками ж.-д. сети) число пар грузовых поездов расчетной массы при параллельном графике и скрещении поездов с остановками на отдельных пунктах при типе локомотива, указанном в задании на проектирование.

³⁹ График движения поездов представляет собой графическое изображение следования поезда в координатных осях времени (горизонтальная ось) и расстояния (вертикальная ось). Таким образом, графиком движения выражается зависимость $t=f(S)$, где t – время хода поезда, мин, S – проходимый поездом путь, км. Следование поездов между отдельными пунктами условно изображают прямыми линиями, соответствующими равномерному движению поезда между ними. Наклон линий хода поездов на графике характеризует их скорость движения. При параллельном графике все поезда имеют одинаковую ходовую скорость движения, поэтому их линии хода располагаются параллельно. См. /2, п.1.5, рис. 1.7/.

⁴⁰ Скрещении поездов – это событие, заключающееся в проследовании поездов противоположного направления один мимо другого (например, когда один из поездов движется по главному пути, а другой поезд находится на боковом пути). Остановочное скрещение происходит на станциях и разъездах однопутной линии, при этом один или оба поезда останавливаются. Безостановочное скрещение происходит на двухпутных линиях, как на отдельных пунктах (обгонных пунктах и станциях), так и в пределах перегонов (при движении поездов по различным главным путям) или на однопутных линиях – на разъездах (при условии удлинения их приемо-отправочных путей до требуемой величины) и на перегонах (при условии устройства двухпутных вставок). См. /2, п.1.5/.

$$n_{потр} = [(\Gamma^{06}_{гр} \cdot \gamma \cdot 10^6 / 365 \cdot Q_{ср} \cdot k_{н/бр}) + n_{пас} \cdot \epsilon_{пас}] \cdot 1 / k_{max}, \quad (1.5)$$

где γ – коэффициент внутригодовой неравномерности перевозок⁴¹, ($\gamma=1,1$);

$k_{н/бр}$ – коэффициент перехода от массы поезда брутто к массе поезда нетто ($k_{н/бр} = 0,7$);

$\epsilon_{пас}$ – коэффициент съема грузовых поездов пассажирскими⁴² на однопутной линии при автоблокировке⁴³ ($\epsilon_{пас} = 1,8$);

k_{max} – коэффициент максимального использования пропускной способности⁴⁴ однопутной линии ($k_{max} = 0,85$ – согласно /1, п.3.6/).

Вычисленное по формуле (1.5) значение потребной пропускной способности округляют в большую сторону до целого числа. Размещение отдельных пунктов на однопутных линиях I и II категорий выполняют по большему из двух значений n_p или $n_{потр}$.

Например, если в задании на проектирование указано значение $n_p=24$ пары поездов/сутки, а по расчету $n_{потр}=29$ пар поездов/сутки, то

⁴¹ Коэффициент внутригодовой неравномерности перевозок – отношение объема перевозок максимального месяца к среднемесячному их объему. Неравномерность перевозок зависит от сезонности производства и потребления и др. См. /2, п.3.5/.

⁴² Коэффициент съема грузовых поездов пассажирскими равен числу снимаемых из графика грузовых поездов для пропуска одного пассажирского поезда, который имеет более высокую ходовую скорость. См. /2, п.1.5, с. 23, формула (1.13)/.

⁴³ При автоблокировке перегоны делятся на блок-участки автоматически действующими проходными светофорами.

⁴⁴ Коэффициент максимального использования пропускной способности учитывает необходимость: проведения плановых и внеплановых ремонтов пути, сооружений и устройств, а также резерва времени для компенсации внутрисуточных колебаний размеров движения. См. /1, п.3.6/, /2, с. 22, 23, формулы (1.11) и (1.12)/.

раздельные пункты с путевым развитием (станции, разъезды) следует размещать исходя из пропуска 29 пар поездов/сутки.

На однопутных линиях III и IV категорий размещение раздельных пунктов выполняют по значению $n_{\text{потр}}$, рассчитанному по формуле (1.5), так как значение n_p в задании для них не указывается.

1.4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАЗДЕЛУ

В данном разделе Вы узнали как определить категорию Вашей проектируемой линии. Категория железнодорожной линии является показателем ее назначения и мощности (а также - ее оборонно-стратегического потенциала) и зависит, в основном, от потребного размера грузовых перевозок на 10-ый год эксплуатации. Категория линии во многом определяет положение трассы в пространстве, т.к. нормы проектирования плана и продольного профиля трассы зависят от категории железнодорожной линии.

Вы узнали также, как определить недостающие основные параметры Вашей линии: полезную длину приемо-отправочных путей $l_{\text{по}}$, m и потребную пропускную способность $n_{\text{потр}}$, пар поездов/сутки, которую необходимо обеспечить на проектируемой однопутной линии при скрещении поездов с остановками на раздельных пунктах, чтобы выполнить запланированный объем грузовых перевозок.

Таким образом, теперь Вы имеете перед собой четко сформулированную цель: “Из пункта А (ось промежуточной станции А и направление ее главных путей указано на карте) в пункт Б (точку Б следует поставить на направлении, к которому нужно примкнуть - оно указано на карте стрелкой) проектировать новую одно-(двух-)путную

железнодорожную линию определенной категории с заданным типом локомотива так, чтобы были обеспечены потребные размеры перевозок. Линия должна быть запроектирована по действующим нормам /1/ и обеспечивать безопасность, плавность и бесперебойность движения поездов /2, п.4.7, 4.8/, а также быть экономически оптимальной в действующих, на момент проектирования, ценах с учетом их предполагаемой динамики”.

1.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО РАЗДЕЛУ

1. Назовите основные параметры железной дороги. См. /2, п. 9.1, с.310 – 313/.
2. Приведите примеры геометрических, физических, структурных и функциональных параметров сложной технической системы (СТС) «Железная дорога». См. /2, с.299/.
3. Какие параметры называются «агрегатами»? Какие параметры СТС «Железная дорога» являются «параметрами цели»? См. /2, с.299/.
4. Какие параметры называются «существенными»? Приведите примеры существенных параметров. См. /2, с. 299 – 300/.
5. Какова главная задача, стоящая перед разработчиком проекта железной дороги? См. /2, п. 9.1/.
6. Какие требования предъявляются к проектам новых железных дорог? См. /2, с. 12 – 13/.
7. Что такое «мощность железной дороги» и «резервы мощности»? См. /2, с.14 – 15/.
8. В чем состоит функциональное назначение железной дороги? См. /2, с.14/.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ И ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ Ж. – Д. ЛИНИИ

9. Что называется «полной» и «полезной» длиной путей? См. /2, п.5.3/.
10. Как определяется полезная длина приемо-отправочных путей?
11. Чему равняются стандартные величины полезной длины приемо-отправочных путей на железных дорогах РФ?
12. Что называется «пропускной способностью железной дороги» и «провозной способностью железной дороги»? См. /2, п.1.4/. Что такое «скрещение поездов»?
13. Как рассчитать требуемую пропускную способность проектируемой однопутной железнодорожной линии?
14. Что такое «коэффициент внутригодовой неравномерности перевозок» и как он определяется? См. /2, п.3.5/.
15. Что такое «коэффициент использования пропускной способности» и «коэффициент съема»? См. /2, п.1.5, с.22-23/.
16. Какие графики движения поездов Вы знаете? См. /2, п.1.5/.
17. Нарисуйте обыкновенный (непакетный параллельный) график движения поездов на однопутной линии. См. /2, п.1.5, рис.1.7а/.
18. Как определяется категория проектируемой линии?
19. Зачем необходимо делить железные дороги на категории?
20. Из каких подсистем 1-го порядка состоит сложная техническая система «Железная дорога»? См. /2, п.1.3/.
21. На какие две группы (по признаку сложности переустройства) делятся подсистемы и элементы железной дороги? См. /2, п.1.4/.
22. Какие существуют стадии проектирования железных дорог? См./2, п.1.6/. Зачем нужны стадии проектирования?
23. Для каких объектов применяют двухстадийное проектирование? См./2, п.1.6/.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ И ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ Ж. – Д. ЛИНИИ

24. Какие вопросы решаются на первой стадии, а какие на второй стадии (при двухстадийном проектировании)? См./2, п.1.6/.
25. В каких документах изложены основные требования к проектированию новых железных дорог? См. /2, п.1.7/.
26. Перечислите основные экологические требования к проектированию железных дорог. См. /2, п.1.8/, /1, прил.4/.
27. Как решаются вопросы сохранения земельных фондов, лесных ресурсов и недр при проектировании новых железных дорог? См. /2, с. 31 – 32/.
28. Какими средствами пользуются проектировщики новых железных дорог для выполнения требований по охране воздушного бассейна, водных ресурсов и животного мира в районе проектирования? См. /2, с. 33 – 34/.
29. Как решается проблема борьбы с уровнем шума от железной дороги на стадии проектирования новых железных дорог в России и за рубежом? См. /2, с.33/.
30. Что такое «трасса проектируемой железнодорожной линии»?
31. Почему трасса железной дороги имеет очень важное значение? См. /2, п.1.4, с.15/.
32. Что такое «ландшафтное проектирование железных дорог»? См. /2, с.34/.
33. Как Вы думаете, каким образом принятое значение полезной длины приемо-отправочных путей повлияет на длину трассы, ее план и продольный профиль?
34. Для чего определяют требуемую пропускную способность проектируемой ж.-д. линии?
35. Почему на проектируемых железных дорогах отдельные пункты с путевым развитием размещают не через одинаковые

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ И ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ Ж. – Д. ЛИНИИ

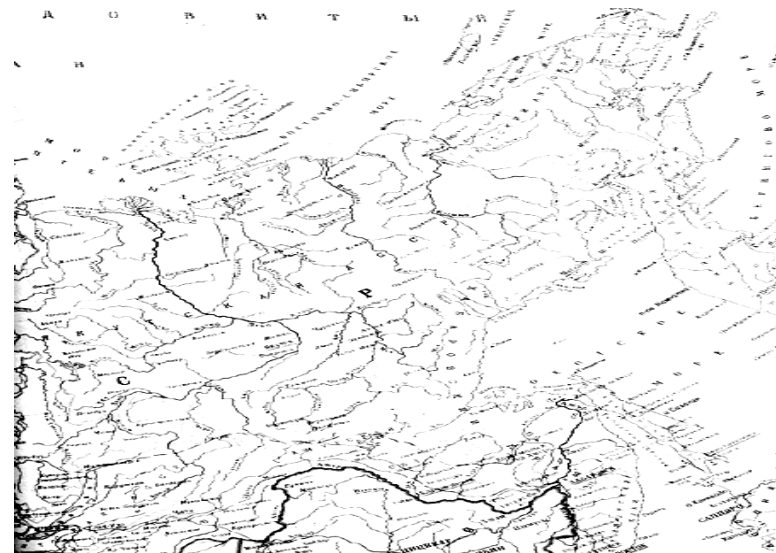
расстояния по длине трассы, а через равные промежутки по времени хода расчетного поезда?

36. На какой ж.-д. линии Вы предпочли бы работать: на линии высокой категории или низкой, и почему?
37. Для чего, по Вашему мнению, на железных дорогах России приняты стандартные величины полезных длин приемо-отправочных путей?
38. Одним из основных параметров ж.-д. линии является ширина колеи. Какие значения этого параметра в России и за ее пределами Вам известны?
39. Почему число главных путей является одним из основных параметров проектируемых железных дорог?
40. В чем преимущество проектируемой Вами в курсовом проекте железной дороги перед автодорогой, которая могла бы быть запроектированной для овладения такими же объемами грузовых перевозок?
41. Каковы, на Ваш взгляд, основные параметры железной дороги, показанной на иллюстрации в конце раздела?
42. Каковы основные параметры Восточно-Сибирской железной дороги?
43. В чем преимущество пологих руководящих уклонов?
44. Почему при проектировании железнодорожных линий подробно изучают современное экономическое состояние всего региона страны, а не только – конкретного района проектирования?
45. В чем преимущества железнодорожного транспорта перед автомобильным, речным, морским, авиационным в

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ И ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ Ж. – Д. ЛИНИИ

малоосвоенных регионах России: Сибирь, Север, Дальний Восток?

46. Каковы перспективы развития сети железных дорог России в Восточной Сибири, на Севере, на Дальнем Востоке? Какими должны быть категории и основные параметры этих линий?



Конец раздела

*Определение категории
и основных параметров
железнодорожной линии*

2. ОПИСАНИЕ РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

2.1. ВВЕДЕНИЕ В РАЗДЕЛ

Описание района проектирования является важной частью проекта новой железнодорожной линии, так как позволяет автору проекта познакомиться с районом проектирования, узнать его особенности, представить реальную территорию, ее жизнь и те изменения, которые произойдут после строительства железной дороги.

Этот раздел необходим еще и потому, что в курсовом проекте создает атмосферу проектирования, пусть небольшого участка железной дороги, но в реальном мире.

Напомним, что проектирование железных дорог - есть по сути - моделирование сложных природо-технических систем, качество которого, не в последнюю очередь, определяется тем - насколько умело и бережно инженер “впишет” железнодорожную линию заданной мощности в существующую природную среду.

Железные дороги являются “кровеносной системой” государства, частью ее инфраструктуры и, в конечном итоге, железные дороги - оплот ее промышленного потенциала, гарантия его развития, поэтому очень важно сделать также и подробное описание экономики района проектирования.

Причем, заметим, что описание района проектирования делится на две части - сначала дается экономико-географическое описание глобального района проектирования, указанного в задании, как бы

“макроописание”, а затем конкретное описание местности, представленной учебной топографической картой.

Конечно, в реальном проектировании применяется гораздо большее число описаний района проектирования, чем в курсовом проектировании, в частности, применяются геологические, геокриологические, гидрогеологические и другие описания (в виде профилей, разрезов, карт и т.д.), полученные на стадии полевых и камеральных технических (инженерных) изысканий и лабораторных исследований, широко применяются методы космической съемки и аэроизысканий, а также современные методы геофизической разведки.

Кроме того, на предпроектной стадии проводятся экономические изыскания, позволяющие не только определить размеры перевозок на расчетные сроки (грузопотоки и поездопотоки по направлениям и родам грузов и видам сообщения), но и составить подробную современную картину экономики региона страны, в котором проектируется железная дорога.

В курсовом проекте следует сделать краткое описание района проектирования по предлагаемой ниже схеме.

2.2. КРАТКАЯ ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАДАННОГО РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

При написании названного подраздела курсового проекта следует отразить следующие вопросы:

1) географическое расположение района, его административное подчинение, население (плотность, национальный и кадровый состав);

2. ОПИСАНИЕ РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

- 2) геологическое строение и гидрография района;
- 3) растительность и животный мир района, заповедные территории, климат района проектирования;
- 4) промышленность, сельское хозяйство и транспорт района проектирования.

Информацию по заданному району проектирования следует искать в энциклопедиях, справочниках, в учебнике по экономической географии транспорта /5/, в учебниках по экономической географии СССР, например /6/ (в них некоторая информация устарела), в новых учебниках по экономической географии России – см. работу /7/, а также в географических атласах, периодических изданиях и другой литературе или в Internet.

2.3. ОПИСАНИЕ КОНКРЕТНОЙ МЕСТНОСТИ, ПРЕДСТАВЛЕННОЙ УЧЕБНОЙ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТОЙ

Учебная топографическая карта является одним из важнейших элементов задания на курсовой проект, так как в совокупности с основными параметрами проектируемой железнодорожной линии определяет ее направление, пространственное положение и многие технико-экономические показатели вариантов трассы.

Следует представлять, что карта в курсовом проекте - учебная, она не отражает реального района и лишь условно привязана к глобальному району проектирования.

Описание конкретной местности должно содержать:

2. ОПИСАНИЕ РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

- 1) указание максимальной и минимальной отметок в пределах карты с общей характеристикой рельефа местности (равнинный, пересеченный, предгорный, горный) и категории его сложности – см. таблицу 2.1 и примечания к ней, а также пункт 2.2^у приложения 1 пособия (часть 1);
- 2) описание главных *водоразделов*⁴⁵ (направление, изрезанность склонов, отметки вершин и седловин);
- 3) гидрография (основные постоянные водотоки, направление течения, средняя ширина и извилистость русла, заболоченность пойм);
- 4) растительность;
- 5) населенные пункты и транспортная сеть (категория автомобильных дорог определяется в зависимости от интенсивности движения, которая измеряется в приведенных автомобилях в сутки, и записана на карте для каждой дороги, см. прил.4 пособия – часть 1).
- 6) основной трассировочный замысел для обоих вариантов.

Таблица 2.1

Примерные характеристики рельефа
для определения категории его сложности

Категория сложности рельефа	Местность	Описание местности	Параметры рельефа		
			наибольшая косоугловость местности	преобладающие средние естественные уклоны местности, ‰	максимальное суммарное колебание отметок, м / км
I. Легкий	Равнинная	Равнинная местность с широкими водоразделами	Менее 1:5	До 6	До 40

⁴⁵ *Водораздел* – воображаемая линия, соединяющая самые возвышенные точки на местности. От водораздела вода растекается в разные бассейны (отсюда название). Различают главный водораздел (водораздел I-го порядка), соединяющий самые высокие точки в районе проектирования, и вспомогательные водоразделы (II-го, III-го и т.д. порядков). В горной местности они называются соответственно: главный хребет и его отроги. Пониженные точки на водоразделе (хребте) называются *седлами (перевалами)*.

2. ОПИСАНИЕ РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Категория сложности рельефа	Местность	Описание местности	Продолжение табл. 2.1		
			Параметры рельефа		
			наибольшая косогорность местности	преобладающие средние естественные уклоны местности, ‰	максимальное суммарное колебание отметок, м / км
II. Средний рельеф	Пересеченная	Пересеченная, холмистая местность со склонами, изрезанными оврагами и балками	1:5	6 – 10	40 – 70
III. Трудный рельеф	Предгорная	Сильно пересеченная местность с извилистыми водоразделами и значительным падением водотоков	1:3	10 – 15	70 – 100
IV. Особо трудный рельеф	Горная	Горная местность с узкими ущельями и большой крутизной склонов	Более 1:3	Более 15	Более 100

Примечания к таблице 2.1:

1. Проведите прямую линию от точки А (точка пересечения направления главных путей и оси станции А) до точки Б (на направлении Б, указанном стрелкой, возьмите точку Б).
2. Найдите на прямой АБ участок с наибольшей **косогорностью**⁴⁶ (поперечным уклоном склона).
3. Определите **средние естественные уклоны местности** на нескольких (основных по протяженности) участках прямой АБ; выберите преобладающее (по протяженности) значение⁴⁷

⁴⁶ При определении косогорности по картам и планам в горизонталях ее определяют обычно в местах сгущения горизонталей (для наиболее крутых склонов) – как отношение разности отметок по концам отрезка (на вершине и у подошвы склона) к его горизонтальному заложению. Например, если крутой спуск имеет падение в 40 м на расстоянии 200 м, то косогорность равна $40:200 = 1:5$.

⁴⁷ Средний (спрямленный) естественный уклон местности, $i_{емт (сп)}, ‰$, определяется на протяженных участках (порядка нескольких километров) как отношение разностей крайних отметок местности (в метрах) к расстоянию между

2. ОПИСАНИЕ РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

4. Определите максимальное суммарное колебание отметок (в метрах на километр)⁴⁸ – на самом сложном участке прямой АБ.
5. Посмотрите в таблице 2.1 – к каким двум характеристикам (из трех приведенных) приближаются полученные Вами значения – и установите **категорию сложности рельефа**.
6. Определенная категория сложности рельефа позволит Вам обосновать применение допускаемых норм проектирования: в трудных условиях, если Ваш рельеф III категории сложности (предгорная местность), и в особо трудных условиях, если Ваш рельеф IV категории сложности (то есть – горная местность).
7. Таблица 2.1. составлена по работе /13, с.494 - 495/.

При подготовке описания местности следует использовать работу /8/, в которой приведены условные обозначения, применяемые на топографических планах. В приложении 3 пособия (часть1) изображены основные условные обозначения, которые применяются на учебных топографических картах, находящихся на кафедре «Изыскания, проектирование и постройка железных дорог» ИрИИТа. Вы можете пользоваться приложением 3 пособия при работе над курсовым проектом.

В качестве примера в приложении 1 пособия приведены (в сокращенном виде) два описания района проектирования, которые были выполнены в 1997 г. дипломниками кафедры “ИПиЖД” ИрИИТа при работе над дипломным проектом с использованием материалов ОАО

рассматриваемыми точками (в километрах) – без учета отметок промежуточных точек.

⁴⁸ Максимальное суммарное колебание отметок в метрах определяется как сумма разностей отметок на протяжении 1 км: например, на прямой АБ при пересечении трассой оврага на протяжении 1 км имеет место крутой спуск на 24 м, затем подъем на 40 м и снова спуск на 6 м; следовательно, максимальное суммарное колебание отметок в данном случае (или сумма преодолеваемых высот в обе стороны: туда и обратно) составляет 70 м на 1 км.

“ВОСТСИБТРАНСПРОЕКТ”. По известным причинам (ограничение по времени работы над проектом и его объему) в курсовом проекте столь подробные описания невозможны и целью авторов пособия в данном случае было желание познакомить Вас с реальным составом этих важных разделов проекта новой железнодорожной линии.

Для того, чтобы в курсовом проекте не увеличивать без необходимости объем Вашей работы над вторым разделом проекта (который важен при реальном проектировании, но не столь важен в курсовом проекте), Вам следует воспользоваться следующими рекомендациями:

- описание глобального района проектирования выполняйте по литературе коротко, стараясь привлечь, по возможности, современный материал;
- описание конкретной карты выполняйте в соответствии с примером, приведенным в приложении 1 пособия (пункт 2.2^у – учебный, который соответствует учебной топографической карте).

В курсовом проекте (и часто при реальном проектировании) трассирование вариантов ведут по топографическим картам, покрытым калькой⁴⁹. Это позволяет сохранить карту в хорошем состоянии (при работе карандашом и резинкой карта может превратиться в «промокашку», исчезнут горизонтали и условные обозначения). Кроме того, калька позволяет сосредоточиться именно на проектировании плана трассы (реальная топография и ситуация несколько «размываются»). Поэтому, перед накладыванием кальки на карту Вам

⁴⁹ Вам следует вырезать лист кальки размером чуть больше карты, обернуть карту, загнуть края кальки и хорошо закрепить скрепками).

следует: выделить синим цветом все постоянные водотоки (реки, ручьи, озера) и сделать описание местности, а уже потом прикрепить кальку.⁵⁰

В курсовом проекте применяются учебные топографические карты условной местности (выполненные на кафедре «Изыскания и проектирование железных дорог» МИИТа), на которых изображение рельефа выполнено способом горизонталей (изогипс)⁵¹.

Для того, чтобы не допустить распространенной ошибки, когда синим цветом выделяют не реку или ручей, а горизонталь или дорогу, обратите внимание на следующие рекомендации:

- изучите рельеф⁵²;

⁵⁰ Раскрашивать карту по ступеням высот разноцветными карандашами (гипсометрический способ изображения рельефа) – НЕ СЛЕДУЕТ, т.к. это делается только в дипломном проекте. Перерисовывать горизонтали и условные обозначения на кальку – НЕ СЛЕДУЕТ, т.к. калька прозрачная и вся карта при трассировании хорошо видна. И, наконец, ОБРАЩАЙТЕСЬ БЕРЕЖНО С КАРТОЙ, т.к. по ней еще многие поколения студентов будут делать курсовой проект (не стигайте карту более чем под формат А4, не чертите на самой карте – только на кальке!

⁵¹ Способ *горизонталей (изогипс)* – способ изображения рельефа с помощью линий, соединяющих точки с одинаковыми высотами, т.е. с помощью линий пересечения земной поверхности горизонтальными плоскостями (уровненными поверхностями). Разность высот между двумя соседними горизонталями называется *высотой сечения рельефа*. Для равнинных территорий на топографических картах РФ приняты следующие высоты сечения рельефа: на картах масштаба 1:10000 – 2,5 м; 1:25000 – 5 м; 1:50000 – 10 м; 1:100000 – 20 м; 1:200000 – 40 м. Другие способы изображения рельефа: гипсометрический способ, способ высотных отметок, способ отмывки, способ штрихов, фоторельеф, анаглифический способ, перспективное изображение рельефа /14, с. 23 – 26/.

⁵² Как правило, горизонтали хоть и являются извилистыми линиями, но они имеют общий «рисунок», они «параллельны» друг другу – точнее, они идут *вдоль* друг друга и никогда не пересекают друг друга и не идут «поперек» друг другу. Вам помогут знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Инженерная геодезия». См. /9/, /10, рис. 2, 9, 10, 12, /. На кафедре «Геодезия, геодезия, основания и фундаменты» ИрИИТа подготовлены методические указания /11/, которые помогут Вам при работе с топографической картой. Основные горизонтали идут «через высоту сечения рельефа», т.е. высота точек, расположенных на них, отличается на высоту сечения рельефа, указанную на карте. Иногда, для уточнения рельефа, на карте рисуют также дополнительные горизонтали (полугоризонтали), которые проводят через половину высоты сечения рельефа. Утолщенными линиями показаны горизонтали «через четыре на пятую» – и именно они подписаны в своих разрывах. Например, если высота сечения рельефа 10 м, то через каждые 50 м на

2. ОПИСАНИЕ РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

- найдите лога⁵³ и обозначьте синим цветом постоянные водотоки;
- найдите дороги⁵⁴, в кружках подписаны расчетные интенсивности движения по данным дорогам, авт/сут, - приведенные к легковому автомобилю (в двух направлениях суммарно), эти данные пригодятся Вам для определения категории автомобильной дороги.

2.4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАЗДЕЛУ

Во втором разделе учебного пособия Вы узнали - для чего в проекте новой железнодорожной линии в обязательном порядке приводится описание района проектирования.

Вы получили рекомендации по составу этого раздела курсового проекта, которые подкреплены в приложении 1 данного пособия

карте идут подписанные утолщенные горизонталы (не спутайте их с дорогами и ручьями).

⁵³ Именно по логам (поперек горизонталей) течет вода, см. /2, рис.7.4, с.225/. *Лог (талвег)* – это воображаемая линия на карте, соединяющая самые низкие точки водосборного бассейна. В логах текут реки и ручьи. Реки подписаны (часто обозначены двумя линиями, с обозначением направления течения в виде стрелки). Ручьи иногда подписаны (часто обозначены одной линией, без указания направления течения). Реки и ручьи – это постоянные водотоки и они должны быть обозначены на карте синим цветом, о них обязательно следует сказать в описании местности. Углубление между водоразделами, ограничивающими данный бассейн, называется *долиной водотока*. Поверхности, идущие от водоразделов к логу (талвегу, в частном случае – руслу реки или ручья), называются *склонами долины*.

⁵⁴ Дороги (автодороги, полевые, лесные, гужевые дороги, зимники, тропинки) идут из населенного пункта в населенный пункт, безотносительно к рисунку горизонталей (вдоль, поперек, под углом). На некоторых картах при пересечении автодорог с реками показаны существующие мосты (иногда – паромы). Дороги могут обозначаться одной основной линией, или утолщенной, иногда двумя линиями сплошными, иногда сплошной и рядом пунктирной, тропинки и зимники - просто пунктиром. Когда вдоль дороги идут посадки леса (защитные лесонасаждения), то вдоль линии дороги на карте показываются кружки леса без указания породы леса. Чтобы разобраться с дорогами – изучите /8/ и приложение 3 пособия (часть 1).

2. ОПИСАНИЕ РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

примерами двух видов описаний района проектирования, лежащего на севере Иркутской области и описанием учебной топографической карты.

Для удобства Вашей работы с пособием, нами в приложении 1 также приведено описание конкретной местности, представленной учебной топографической картой (эта карта приведена в приложении 4 пособия – часть 1) - чтобы Вы могли на примере научиться описывать местность.

Таким образом, теперь, после выполнения второго раздела курсового проекта, Вы владеете информацией о том - в каких конкретных экономико-географических и топографо-ситуационных условиях Вам предстоит проектировать новую железнодорожную линию.

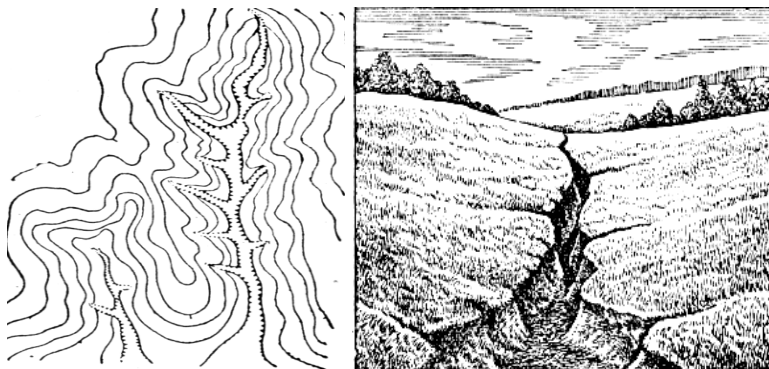
2.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО РАЗДЕЛУ

1. Для чего в проекте новой железнодорожной линии приводится описание района проектирования?
2. Что называется экономическими изысканиями железных дорог? См. /2, п.3.1/. Перечислите основные задачи экономических изысканий при проектировании новых железных дорог. См. /2, п.3.2/.
3. Назовите основные натуральные показатели экономических изысканий. См. /2, п.3.2/.
4. Чем отличаются: грузопоток (объем перевозок), грузооборот (грузовая работа) и грузонапряженность (густота перевозок)? См. /2, п.3.2, 3.5/, /12, п.2.7/.

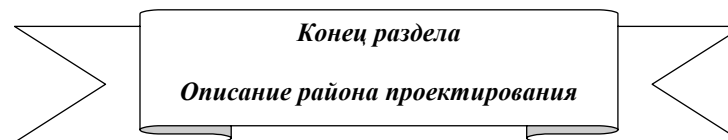
5. Что такое «местный район тяготения» проектируемой линии? См. /2, п.3.3/, /19, § 2, с.131 – 140/.
6. Какие виды грузовых перевозок Вы знаете? См. /19, с.125 – 126/.
7. Какие показатели перевозок по пассажирскому движению Вы знаете? См. /19, с.127/.
8. Что такое «таблица корреспонденции грузов»? См. /2, с. 90, рис. 3.3/, /19, с. 139 – 140, рис. 3.5/.
9. Какие методы определения размеров транзитных перевозок Вы знаете? См. /2, с. 87 – 89/, /19, с. 141 – 142/.
10. Что такое «график грузопотоков» проектируемой линии на расчетный год? Как выглядит график грузопотоков по направлениям и видам сообщения? См. /19, с.143 – 144, рис. 3.6, 4.7/.
11. Как выглядит график динамики роста грузовых перевозок (по направлениям и родам грузов на различные расчетные сроки)? См. /19, с.143 – 144, рис. 3.8/.
12. Какое влияние оказывают показатели экономических изысканий на элементы проектирования и технические параметры проектируемых линий? См. /2, с. 81 – 82, табл. 3.1/, /19, с. 149 – 152/.
13. Назовите 10 наименований основных родов грузов, принятых в общесетевой номенклатуре. См /12, п.2.4/.
14. Чем различаются регионально-транспортные исследования и проблемные экономические изыскания? См. /2, с. 93 – 95/.
15. Что обозначает масштаб топографической карты 1:50000?
16. Что обозначает высота сечения рельефа 10 м?

17. Что такое : водораздел, седло, лог, долина водотока, склон долины водотока, тальвег, хребет, перевал?
18. Какими знаками обозначаются на топографической карте: лес (лиственный, хвойный, смешанный), редколесье, горелый лес, вырубленный лес, бурелом, луг, болото, кустарник?
19. Что такое «категория сложности рельефа»? От чего она зависит, как определяется?
20. Что такое «косогорность» (поперечный уклон склона)? Как определяется косогорность?
21. Как определяется средний естественный уклон местности?
22. Как определяется максимальное колебание отметок? В чем оно измеряется?
23. Что такое «горизонтالي»? Какой элемент рельефа изображен на рисунке в конце раздела?
24. В чем сложности проектирования железных дорог в районах Сибири, Севера и Дальнего Востока?
25. Почему сеть железных дорог на востоке России не такая густая как на западе страны?
26. Для чего нужны топографические карты?
27. Почему при проектировании железных дорог сначала намечают варианты на карте, а затем выезжают в «поле»?
28. В чем преимущества и недостатки цифрового хранения топографической информации в компьютерных программах (например, в системе КАМАТ)?
29. Что такое ГИС (геоинформационные системы)? Для чего они создаются? Какие ГИС Вы знаете?
30. Возможно ли проектирование железных дорог не по картам, а по компьютерным 3D- моделям?

31. Что подразумевается под термином «район проектирования новой железнодорожной линии»?
32. Почему в описании района проектирования необходим раздел «Климатические условия района проектирования»? Что входит в этот раздел?
33. Зачем необходимо знать температуры воздуха в районе проектирования?
34. Зачем необходимо знать периоды паводков, пики паводков на реках и их притоках в районе проектирования?
35. Для чего в проекте делают описание существующей транспортной сети в районе проектирования?
36. Что такое «геокриологическое описание района проектирования»?
37. Что такое «глубина сезонного промерзания грунтов»? Зачем ее необходимо знать?
38. Почему необходимо знать направление и скорость преобладающих зимних (метелевых) ветров в районе проектирования?
39. Зачем нужно знать среднюю толщину снежного покрова в районе проектирования?
40. Можно ли при проектировании новой железнодорожной линии ограничиться чтением архивных материалов, сбором различных описаний района проектирования без выезда в «поле» (без



облета района проектирования на самолете или вертолете)?



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первой части учебного пособия Вы познакомились с составом курсового проекта «Проект участка новой железнодорожной линии», узнали какие задачи стоят перед Вами и, мы надеемся, прониклись пониманием важности и сложности данного курсового проекта.

Кроме того, Вы узнали – как выполнять два первых раздела курсового проекта. Ниже мы коротко изложим суть этих разделов.

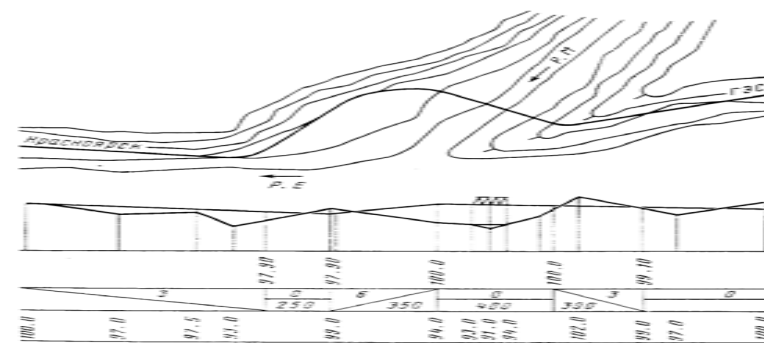
Раздел курсового проекта 1. Определение категории и основных параметров железнодорожной линии. Важность этого раздела заключается в том, что категория проектируемой железнодорожной линии и полезная длина приемо-отправочных путей определяют массу расчетного грузового поезда и его длину, следовательно, эти параметры *диктуют и основные нормы проектирования трассы, которые, в свою очередь, во многом определяют положение трассы в пространстве.*

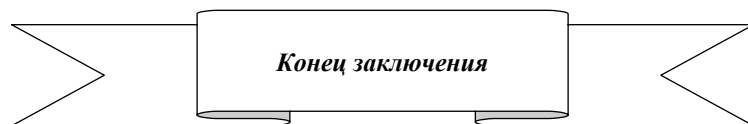
Раздел курсового проекта 2. Описание района проектирования. Из этого раздела Вы должны были усвоить основное положение – проектируемая Вами *новая железнодорожная линия – это сложная техническая система, которая вписывается в природные и экономические условия региона и кардинально влияет на них.* Железные дороги являются звеньями единой транспортной системы страны и по своей сущности – линейно-протяженными природно-техническими системами (техногенными объектами, оказывающими серьезное воздействие на окружающую среду и, в свою очередь, испытывающими влияние этой среды). Кроме того, рельеф местности, по которой намечается прохождение железнодорожной линии,

представленный топографической картой – это один из важнейших факторов (например, совместно с категорией проектируемой линии и др.), определяющих облик линии (будет ж.-д. линия с большим или незначительным объемом строительных работ, со сложным или благоприятным для вождения поездов профилем и т.д.).

Вывод: первые два раздела курсового проекта, несмотря на их простоту, очень важны для правильного выполнения проекта. Например, если Вы неверно определите I_{no} , то придется переделывать весь проект (от значения I_{no} зависят нормы проектирования плана и профиля трассы). Если при знакомстве с топографической картой Вы пропустите реку, а затем при проектировании плана и профиля трассы не предусмотрите в этом месте мост, то Вам придется многое переделывать. Поэтому отнеситесь к этим разделам со всей серьезностью.

На рисунке в конце *заключения* приведена иллюстрация из работы /18, рис.1.5, с.15/, на которой хорошо видно отклонение трассы от кратчайшего направления для вписывания ж.-д. линии в долину притока реки с перпендикулярным его пересечением. Такое решение обосновано при сложных русловых процессах и гидрологии притоков рек в районе проектирования.





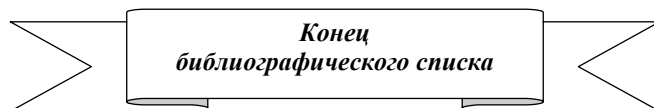
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Строительно-технические нормы МПС РФ. Железные дороги колеи 1520 мм. СТН Ц-01-95. - М.: МПС РФ, 1995. – 276 с.
2. Изыскания и проектирование железных дорог: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / И.В.Турбин, А.В.Гавриленков, И.И.Кантор и др.; Под ред. И.В.Турбина. – М.: Транспорт, 1989. – 479 с.
3. Методические указания по оформлению курсового и дипломного проекта для студентов специальности «С», «Д», «ЭМ», «В». Основные положения. / Составители: Г.П.Рудакова, Ю.В.Рудаков. – Иркутск: ИрИИТ, 1995. – 39 с.
4. Гавриленков А.В., Переселенков Г.С. Изыскания и проектирование железных дорог: Пособие по курсовому и дипломному проектированию. – М.: Транспорт, 1990. – 167 с.
5. Экономическая география транспорта: Учебник для вузов / Под ред. Н.Н.Казанского. – М.: Транспорт, 1991. – 280 с.
6. Экономическая география СССР. Изд. 2-е / Под ред. А.Г.Хрущева, И.В.Никольского. – М.: Изд-во Моск. Гос. Ун-та, 1985. – 296 с.
7. Гладкий Ю.Н., Доброскок В.А., Семенов С.П. Экономическая география России: Учебник. – М.: Гардарика, Литературно-издательское агенство «Кафедра-М», 1999. – 752 с.
8. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. – М.: Недра, 1989. – 286 с.

9. Инженерная геодезия / Под ред. Л.С.Хренова. – М.: Высшая школа, 1985. – 352 с.
10. Хейфец Б.С., Данилевич Б.Б. Практикум по инженерной геодезии. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Недра, 1979. – 332 с.
11. Решение задач по топографической карте. Методические указания для проведения лабораторных работ по инженерной геодезии. / Сост. Г.И.Белоусова. – Иркутск: ИрИИТ, 1996. – 18 с.
12. Экономические изыскания и основы проектирования железных дорог: Учебник для вузов / Б.А.Волков, И.В.Турбин, А.С.Никифоров и др.; Под ред. Б.А.Волкова. – М.: Транспорт, 1990. – 268 с.
13. Горинов А.В. Проектирование железных дорог.- Тяговые расчеты. Основы изысканий и проектирования. – М.: Трансжелдориздат, 1948.- Т. I. – 575 с.
14. Справочник по картографии / А.М.Берлянт, А.В.Гедымин, Ю.Г.Кельнер и др. / Под ред. Е.И.Халугина. – М.: Недра, 1988. – 428 с.
15. Общий курс и Правила технической эксплуатации железных дорог: Учебник для учащихся техникумов ж.-д. трансп. / М.А. Буканов, А.К.Второв, В.Б.Кантор и др.; Под ред. М.Н.Хацкелевича. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1984. – 400 с.
16. Железные дороги. Общий курс: Учебник для вузов / М.М.Филипов, М.М.Уздин, Ю.И.Ефименко и др.; Под ред. М.М.Уздина. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991. – 295 с.

17. Першин С.П. Азбука железнодорожного дела: Термины, понятия, определения: Справочник. – М.: Транспорт, 1990. – 208 с.
18. Железные дороги в долинах рек / Г.С.Переселенков, В.К.Тавлинов, И.Д.Ткачевский и др.; Под ред. Г.С.Переселенкова. – М.: Транспорт, 1991. – 344 с.
19. Изыскания и проектирование железных дорог: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / А.В.Горинов, И.И.Кантор, А.П.Кондратченко, И.В.Турбин. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1979. – Т. I. – 319 с.
20. Экономика строительства / Под ред. И.С.Степанова. – М.: Юрайт, 1998. – 416 с.
21. Горинов А.В. Проектирование железных дорог.- Трассирование и выбор направления железных дорог. – М.: Трансжелдориздат, 1948. - Т. II. – 548 с.
22. Гибшман А.Е., Иоаннисян А.И., Кондратченко А.П., Яковлев Б.В. Основы проектирования железных дорог / Под ред. А.И.Иоаннисяна. - М.: Трансжелдориздат, 1962. – 348 с.
23. Побожий А.А. Сквозь северную глушь. Записки изыскателя.- М.: Современник, 1978. – 318 с.
24. Яковлев Б.В. Основы проектирования железнодорожных станций: Учебное пособие. – М.: МИИТ, 1998. – 90 с.
25. Строительные нормы и правила Российской Федерации. СНиП 32-01-95. Железные дороги колеи 1520 мм / Минстрой России. – М.: Минстрой России, ГП ЦПП, 1995. – 20 с.
26. Свод правил по проектированию и строительству. СП 11-101-95. Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий

и сооружений / Минстрой России. – М.: Минстрой России, ГП ЦЕНТРИНВЕСТпроект, 1995. – 8 с.



ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

КОНСПЕКТ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Задание на проектирование

Курсовой проект «Проект участка новой железнодорожной линии»

1. Район проектирования – Иркутская область, Киренский район, географические координаты: широта – около 57° с.ш., долгота – около 108° в.д.
2. Конкретный район проектирования представлен топографической картой масштаба 1:50000, сечение горизонталей через 10 м – карта № 28, лист 4.
3. Начальный пункт – промежуточная станция А, конечный пункт – направление Б (любая точка на направлении Б - общая для двух сравниваемых вариантов трассы, примкнуть к стрелке в пределах карты).
4. Количество главных путей – 1 (без двухпутных вставок).
5. Ширина колеи – 1520 мм.

6. Руководящий уклон для проектируемой железнодорожной линии – первый вариант трассы - 6‰ , второй вариант трассы - 8‰ .
7. Параметры существующей железнодорожной линии примыкания: руководящий уклон – 6 ‰, количество главных путей – 1, ширина колеи – 1520 мм, вид тяги – тепловозная, тип локомотива – ТЭЗ (2секции), весовая норма поезда (максимальная масса брутто состава расчетного грузового поезда – 5350 т, полезная длина приемо-отправочных путей – 1050 м.
8. Конструкция пути на проектируемой линии – звеньевой путь на деревянных шпалах, тип рельсов – новые Р50, балласт – щебень.
9. Максимальная скорость движения пассажирских поездов по проектируемой линии – до 120 км/ч.
10. Средства СЦБ и связи на проектируемой линии – автоматическая блокировка, управление стрелками – электрическая централизация.
11. Грунты для возведения земляного полотна – крупнообломочные с глинистым заполнителем.
12. Грунты основания земполотна – непросадочные, несжимаемые.
13. Расчетные размеры перевозок по проектируемой линии (по результатам экономических изысканий) – представлены в таблице

Таблица

Расчетные годы эксплуатации проектируемой линии	Годовая грузонапряженность нетто $G_{гр}$ по направлениям движения, млн. ткм/км в год		Размеры пассажирского движения, $n_{пас}$ пар поездов/сутки
	туда, грузовое направление (А–Б)	обратно, негрузовое направление (Б – А)	
2	2	90 %	2
5	4	90 %	2
10	6	90 %	4

14. Доля общего грузопотока 10-го года эксплуатации, подвергающегося перелому массы составов, (для расчетов эксплуатационных расходов, связанных с переломом массы составов): в грузовом направлении (туда) – 0,95 ; в негрузовом направлении – 0,85.
15. Вид тяги на проектируемой линии – тепловозная, тип локомотива – ТЭЗ (2 секции).
16. Средняя погонная масса брутто грузового поезда – 5,2 т/м.
17. Расчетная пропускная способность для размещения осей отдельных пунктов при обыкновенном параллельном графике движения поездов (скрещение поездов с остановками, непакетный график) - - .
18. Расчетный горизонт высокой воды (РГВВ) на всех пересекаемых реках (условно, для примерного расчета

отверстий мостов) на 3 м выше горизонта меженных вод (ГМВ), определяемого в месте пересечения реки графически в масштабе карты.

19. Условия судоходства и сплава по рекам в районе проектирования: все реки – несудоходные, неславные.
20. Расчетная толщина снежного покрова – 0,5 м.
21. Преобладающее направление зимних (метелевых) ветров – северное.
22. Тип почв для расчета ливневого стока – суглинки.
23. Расчетная интенсивность движения, приведенная к легковому автомобилю (суммарно в двух направлениях), авт/сут, по автодорогам в районе проектирования – подписана на карте (в кружках), стрелка указывает к какому участку дороги относится данное значение.
24. Дополнительные данные для проектирования -

Состав проекта и контрольные сроки

Таблица

Раздел курсового проекта (примерный объем в рукописных страницах)	Содержание работ по разделам проекта	Контроль. сроки окончания работ
Задание на проектирование (2 с.)	Получить у руководителя	1 неделя
Содержание проекта (2 с.)	Написать в пояснительной записке (страницы проставить после завершения работы)	1 неделя
Введение (2 с.)	Написать в пояснительной записке (современное состояние экономики страны и региона, задачи проектирования железных дорог, цель курсового проекта)	1 неделя
1. Определение категории и основных параметров железнодорожной линии (4 с.)	Выполнить расчет $\Gamma_{пр}$, определить категорию проектируемой линии, рассчитать полезную длину приемо-отправочных путей, определить требуемую пропускную способность	2 неделя
2. Описание района проектирования (4 с.)	Поработать в библиотеке (читальном зале) – найти описание природных условий и данные по экономике глобального района проектирования, сделать описание топографической карты, указать трассировочные замыслы	3 неделя
3. Выбор норм проектирования новой ж.-д. линии (7 с.)	Поработать с СТН /1/ (или приложением 1 части 2 пособия, если СТН – недоступен), выписать все нормы в пояснительную записку. Прочитать рекомендуемые разделы учебника – для осознанного применения норм, выписанных из СТН	4 неделя

Продолжение табл.

Раздел курсового проекта (примерный объем в рукописных страницах)	Содержание работ по разделам проекта	Контроль сроков окончания работ
4. Выбор направления линии и трассирование вариантов (6 с.)	Работы по разделам проекта 4 – 7 выполняются сначала для первого варианта трассы, затем – для второго варианта, а в пояснительной записке излагаются совместно – сразу по обоим вариантам. Ниже изложена последовательность работ для одного варианта.	Самые трудоемкие разделы проекта.
5. Размещение отдельных пунктов (4 с.)	↗ На карте запроектировать план первого варианта трассы, рассчитать кривые, разбить километраж.	Первый вариант
6. Размещение искусственных сооружений (5 с.)	↗ На миллиметровке построить сетку профиля, перенести план трассы с карты на профиль, разбить километраж, перенести с карты на профиль отметки земли и построить профиль	

7. Описание протрассированных вариантов с обоснованием принятых решений (4 с.)	<p>профиль отметки земли и построить профиль земли, нанести ситуацию.</p> <p>↗ Запроектировать проектную линию первого варианта.</p> <p>↗ Рассчитать время хода и разместить разъемы, если необходимо.</p> <p>↗ Разместить искусственные сооружения по трассе первого варианта.</p> <p>↗ Рассчитать рабочие отметки в характерных точках (там, где выписаны отметки земли и в точках перелома проектной линии) и нанести их на профиль.</p> <p>↗ Выполнить описание первого варианта трассы с обоснованием принятых решений.</p> <p>↗ Запроектировать второй вариант трассы.</p> <p>Написать разделы 4 – 7 пояснительной записки. Оформить планы вариантов трассы на карте (1 лист), а их схематические продольные профили на миллиметровках (2 листа).</p>	<p>трассы должен быть готов к концу 10 недели.</p> <p>Второй вариант, учитывая Ваш опыт, – к концу 12 недели.</p>
--	---	---

Продолжение табл.

Раздел курсового проекта (примерный объем в рукописных страницах)	Содержание работ по разделам проекта	Контроль сроков окончания работ
8. Определение строительной стоимости и эксплуатационных расходов (8 с.)	<p>Определить первоначальную строительную стоимость каждого варианта.</p> <p>Рассчитать годовые эксплуатационные расходы на 10-й год эксплуатации.</p>	14 неделя
9. Определение основных технико-	<p>Основные технико-экономические варианты трассы оформляются в виде сводной таблицы (технические показатели: строительные и эксплуатационные,</p>	15 неделя

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. КОНСПЕКТ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

экономических показателей вариантов трассы (5 с.)	натуральные показатели, экономические – денежные показатели). Глобальным (основным) является сводный (учитывающий все показатели) критерий – приведенные затраты или максимальная многомерная ценность.	
10. Сравнение вариантов трассы (3 с.)	Сравнить варианты по глобальному критерию и сделать выбор оптимального варианта. Четко сформулировать преимущества выбранного варианта трассы.	16 неделя
Заключение (2 с.)	Коротко изложить итоги курсового проекта	16 неделя
Библиографический список (2 с.)	Привести список использованных источников (правильно оформив их библиографические описания)	16 неделя

Итого: пояснительная записка – **60 страниц** рукописного текста, топографическая карта с планами вариантов трассы – **1 лист**, два схематических продольных профиля на двух листах миллиметровки – **2 листа**.

17 неделя – подготовка к защите проекта, сдача проекта на проверку, исправление замечаний, защита курсового проекта.

Задание получил студент группы С-93-3 _____ /В.А.Петров/
Задание выдал старший преподаватель _____ /А.И.Иванов/

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. КОНСПЕКТ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Введение

В современных условиях перехода к рынку в экономике нашей страны необходимы серьезные структурно-технологические преобразования, которые, в свою очередь, требуют значительных капитальных затрат.

Несомненно, что «реализация стоящих перед страной задач невозможна без коренного улучшения капитального строительства, ... в ходе которого создаются основные фонды производственного и непроизводственного назначения» /7/.

Строительство железных дорог в нашей стране имеет первостепенное значение, учитывая ее территорию, интеграцию производственных комплексов и значительную долю добывающих и материалоемких производств.

Совершенствование железнодорожного строительства потребует высоких темпов научно-технического прогресса, позволит выйти на качественно новый уровень разработки и производства конструкций, технологических процессов, материалов, машин и оборудования, а в перспективе – укрепиться на рынке железнодорожной техники (строительной, путейской и др.). Принимая во внимание большой потенциал конверсионных производств такой прогноз вполне реален.

Основной проблемой железнодорожного строительства в наше время в России является недостаток инвестиций. Здесь необходимо выделить два аспекта: «требования общеэкономической конъюнктуры к уровню эффективности, обеспечивающему безубыточность производственных инвестиций, и вопросы сравнительной эффективности капиталовложений с учетом других имеющихся на рынке альтернативных сфер приложения капитала» /8/. И в первом и во

втором случае железнодорожное строительство пока не может составить массовой конкуренции другим секторам реальной экономики (например, жилищному строительству, или капиталовложениям в пищевую промышленность).

По оценкам экспертов /8/ реальная процентная ставка по государственным ценным бумагам, с которой могут начаться массовые инвестиции в промышленность, составляет около 10 % годовых.

По данным работы /9/ рентабельность строительных работ и услуг за первое полугодие 1997 г. по стране составила 8,7 %. Средний уровень загрузки мощностей строительных предприятий составил около 40 %.

Финансовый кризис (август 1998 г.) оказал негативное воздействие на экономику страны.

Таким образом, современное состояние железнодорожного строительства – крайне сложное.

Возрождению инвестиционной активности в нашей стране должно способствовать создание финансово-промышленных групп, в которые входят банки, строительные организации, промышленные предприятия, страховые компании и другие юридические лица.

Например, Восточно-Сибирская железная дорога финансирует (совместно с другими участниками) проектирование и строительство новой железнодорожной линии на севере Читинской области. Тем самым, дорога поддерживает своих проектировщиков (работы по проектированию выполняет ОАО «ВОСТСИБТРАНСПРОЕКТ», г.Иркутск) и создает задел для своей будущей работы (перевозку руды планируется осуществлять по ВСЖД).

Подводя итог вышесказанному, можно заключить, что высокое качество проектов новых железных дорог – это основа повышения

эффективности капиталовложений в железнодорожное строительство, с возрождения которого начнется подъем российской экономики.

В данном курсовом проекте необходимо запроектировать два варианта трассы новой железнодорожной линии и на основании их технико-экономического сравнения - выбрать оптимальный вариант.

1. Определение категории и основных параметров железнодорожной линии

1.1. Определение категории проектируемой линии

Определяем годовую приведенную грузонапряженность нетто в грузовом направлении на десятый год эксплуатации по формуле (1.1) из работы /4/

$$G_{np} = G_{гр} + 365 \cdot n_{пас} \cdot Q_{пас} \cdot 10^{-6}, \quad (1.1)$$

где $G_{гр}$ - значение годовой грузонапряженности нетто в грузовом направлении на 10-й год эксплуатации, принимаем равным 6 млн. ткм/км в год (по заданию);

$n_{пас}$ - число пар пассажирских поездов в сутки на 10-й год эксплуатации, принимаем равным 4 пары поездов в сутки (по заданию);

$Q_{пас}$ - вес пассажирского поезда нетто, т, примем равным 700т.

Тогда

$$Г_{пр} = 6 + 365 \cdot 4 \cdot 700 \cdot 10^{-6} = 7,022 \text{ млн. ткм/ км в год.}$$

По таблице 1 СТН /1/ категория проектируемой железнодорожной линии – IV.

1.2. Расчет полезной длины приемо-отправочных путей

Расчет полезной длины приемо-отправочных путей выполняем по методике, приведенной в /4, п.1.2/.

Для первого варианта ($i_p = 6 \text{ ‰}$) и второго варианта ($i_p = 8 \text{ ‰}$) по прил.2 /4/ определяем максимальную массу брутто состава при локомотиве ТЭ 3 (2 секции), которая равна

Для первого варианта - $Q_{max} = 5350 \text{ т}$, для второго – $Q_{max} = 4150 \text{ т}$.

По формуле (1.2) из работы /4/ определяем среднюю массу брутто состава

$$Q_{cp} = Q_{max} \cdot k_{cp/max} \quad (1.2)$$

где $k_{cp/max}$ - коэффициент перехода от максимальной массы брутто поезда к средней массе брутто, принимается равным 0,8 .

Для первого варианта

$$Q_{cp} = 5350 \cdot 0,8 = 4280 \text{ т.}$$

Для второго варианта

$$Q_{cp} = 4150 \cdot 0,8 = 3320 \text{ т.}$$

Определяем длину расчетного грузового поезда по формуле (1.3) из работы /4/

$$l_n = Q_{cp} / q_{cp} + l_{лок} \quad (1.3)$$

где q_{cp} - средняя погонная масса брутто грузового поезда, т/м, принимается по заданию равной 5,2 т/м;

$l_{лок}$ - длина локомотива, м , принимается по приложению 2 /4/ равной 34 м.

Для первого варианта

$$l_n = 4280 / 5,2 + 34 = 857 \text{ м.}$$

Для второго варианта

$$l_n = 3320 / 5,2 + 34 = 672 \text{ м.}$$

По формуле (1.4) из работы /4/ определяем потребную полезную длину приемо-отправочных путей, м

$$l_{по(п)} = l_n + 10 \quad (1.4)$$

где 10 - запас в метрах на неточность установки поезда

в пределах полезной длины приемо-отправочных путей.

Для первого варианта

$$l_{по(п)} = 857 + 10 = 867 \text{ м.}$$

Для второго варианта

$$l_{по(п)} = 672 + 10 = 682 \text{ м.}$$

Полезная длина приемо-отправочных путей на проектируемых железных дорогах России принимается стандартной, согласно /1, п. 10.15/.

Поэтому, принимаем

для первого варианта трассы $I_{но} = 1050$ м,

для второго варианта трассы $I_{но} = 850$ м.

1.3. Определение потребной пропускной способности проектируемой линии

Так как проектируемая линия IV категории, то размещение отдельных пунктов следует производить исходя из условия обеспечения потребной пропускной способности 10-го года эксплуатации /1, п. 4.34/.

Потребную пропускную способность определяем по формуле (1.5) из работы /4/

$$n_{потр} = [(\Gamma_{гр}^{об} \cdot \gamma \cdot 10^6 / 365 \cdot Q_{ср} \cdot k_{н/бр}) + n_{пас} \cdot \epsilon_{пас}] \cdot 1 / k_{max}, \quad (1.5)$$

где $\Gamma_{гр}^{об}$ - объем грузовых перевозок (принимая равным значению грузонапряженности $\Gamma_{гр}$ 10-го года из задания) $\Gamma_{гр}^{об} = 6$ млн.т/год;

$n_{пас}$ - число пар пассажирских поездов на 10-й год, принимаем по заданию $n_{пас} = 4$ пары поездов / сутки;

γ - коэффициент внутригодовой неравномерности перевозок ($\gamma = 1,1$);

$k_{н/бр}$ - коэффициент перехода от массы поезда брутто к массе поезда нетто ($k_{н/бр} = 0,7$);

$\epsilon_{пас}$ - коэффициент съема грузовых поездов пассажирскими на однопутной линии при автоблокировке ($\epsilon_{пас} = 1,8$);

k_{max} - коэффициент максимального использования

пропускной способности однопутной линии ($k_{max} = 0,85$

- согласно /1, п.3.6/).

Для первого варианта

$$n_{потр} = [(6 \cdot 1,1 \cdot 10^6 \cdot / 365 \cdot 4280 \cdot 0,7) + 4 \cdot 1,8] \cdot 1 / 0,85 = 15,6 \sim 16 \text{ пар поездов / сутки.}$$

Для второго варианта

$$n_{потр} = [(6 \cdot 1,1 \cdot 10^6 \cdot / 365 \cdot 3320 \cdot 0,7) + 4 \cdot 1,8] \cdot 1 / 0,85 = 17,6 \sim 18 \text{ пар поездов /сутки.}$$

1.4. Заключение по разделу

1. Определена категория проектируемой линии – IV.

1. Определена полезная длина приемо-отправочных путей по вариантам:

первый вариант ($i_p = 6 \%$) - $I_{но} = 1050$ м,

второй вариант ($i_p = 8 \%$) - $I_{но} = 850$ м.

3. Определена потребная пропускная способность по вариантам:

первый вариант ($i_p = 6 \%$) - $n_{потр} = 16$ пар поездов / сутки,

второй вариант ($i_p = 8 \%$) - $n_{потр} = 18$ пар поездов / сутки.

2. Описание района проектирования

2.1. Краткая экономико-географическая характеристика заданного района проектирования (из дипломного проекта 1997 г., выполненного на кафедре «ИПиЖД» ИРИИТа по материалам ОАО «ВСТП»)

2.1.1. Состояние экономики региона

К проектируемой железной дороге Усть-Кут - Киренск - Непа - Верхнечонский ЦПС тяготеет территория, расположенная в бассейне верхнего течения реки Лены, бассейнах реки Киренга и верхнего течения реки Нижняя Тунгуска. Она включает Усть-Кутский, Киренский, Казачинско-Ленский и часть Катангского административных районов Иркутской области. Площадь района тяготения - 251 тыс.кв.км, численность населения на 01.01.87г. - 138,5 тыс.человек.

Хозяйство района развито слабо. В промышленности основное значение имеют лесозаготовки (около 4 млн.куб.м в год), производство пиломатериалов (800 тыс.куб.м в год) и судоремонт. Промышленные предприятия сосредоточены, в основном, в городах Усть-Кут и Киренск. На севере района проектирования развиты оленеводство, рыболовный и охотничий промысел.

Сельское хозяйство развито очень слабо, а площадь сельхозугодий занимает лишь 2,5% территории. Левобережная часть среднего Приленья и долина реки Киренга имеют относительно благополучные агроклиматические условия для выращивания овощей, кормовых и злаковых культур.

Город Усть-Кут - крупный узел по перевалке грузов с железной дороги на реку. Порт Осетрово - один из крупнейших в России речных портов, в котором формируются грузы для Якутии, Магаданской области и северных районов Иркутской области.

2.1.2. Транспорт района проектирования

Железнодорожный транспорт региона представлен участком Восточно-Сибирской железной дороги. Северобайкальское отделение ВСЖД (Западный участок БАМ) - однопутная электрифицированная на переменном токе магистраль с земляным полотном, искусственными сооружениями и опорами мостов под два пути, на участке от ст.Лена до ст.Таюра - уложены два пути. Железная дорога Тайшет - Лена, соединяющая Транссибирскую магистраль с портом Осетрово - двухпутная электрифицированная на переменном токе магистраль. Железная дорога Хребтовая - Усть-Илимск, построенная как железнодорожный выход к строящейся в то время Усть-Илимской ГЭС, - однопутная линия, электрифицированная на переменном токе.

Автодорожная сеть в районе практически отсутствует. Имеется лишь автомобильная дорога областного значения с улучшенным покрытием Братск - Усть-Кут и ведомственные автодороги леспромхозов с улучшенным покрытием, а также грунтовые дороги между отдельными населенными пунктами вдоль рек Лены и Киренги. Вдоль трассы ВСЖД эксплуатируется притрассовая автодорога, которая требует капитального ремонта, замены искусственных сооружений и реконструкции для доведения до норм автодороги IV категории.

В зимнее время эксплуатируется сеть автозимников - по реке Лене от Подволошино и Марково до конечных пунктов на реке Нижняя Тунгуска.

Водный транспорт имеет большое значение в районе проектирования. На участке Верхней Лены от Осетрово до устья реки Витим организовано регулярное судоходство и обеспечены гарантированные глубины: 180 см на участке Осетрово - Киренск и 220 см на участке Киренск - устье реки Витим. Имеются современные

механизированные речные порты: Осетрово и Киренск. Навигационный период продолжается около 5,5 месяцев в году.

Авиационный транспорт широко используется для обеспечения перевозок грузов и пассажиров в пределах района проектирования. Авиаперевозки осуществляются самолетами легких типов и вертолетами. Аэропорты населенных пунктов с грунтовыми взлетно-посадочными полосами. Аэропорт г.Усть-Кут может принимать рейсы тяжелых самолетов.

2.1.3. Краткая характеристика природных условий

Территория района проектирования находится в пределах Приленской возвышенности, которая имеет холмисто-грядовый облик, глубина вреза долин водотоков 100 - 520 м. Абсолютные отметки поверхности 520 - 740 м.

Широко развиты на площади породы ордовика (доломиты, известняки, песчаники) и кембрия (алевролиты, мергели, известняки). Четвертичная система представлена аллювиальными, ледниковыми и водно-ледниковыми отложениями (галечники, пески, суглинки, песчано-глинистые отложения с валунами хорошо окатанной формы), мощность отложений 50 - 80 м.

Климат района проектирования - резкоконтинентальный, с суровой сухой и малоснежной зимой, с малой облачностью и слабыми зимними ветрами. Средняя температура воздуха: в январе – 30° С, в июле - плюс 20° С. Годовое количество осадков составляет 200 - 400 мм. Средняя высота снежного покрова 45 см.

Реки района принадлежат к двум водосборным бассейнам - Енисея и Лены. В питании рек района принимают участие: талые воды (50%), дождевые осадки, подземные воды и в небольшой степени - воды наледей. Спад уровней идет довольно быстро, но потом затягивается, поддерживаемый поступающими из горных районов талыми водами и дождями летне-осеннего периода. Большая часть стока воды (70-80%) на реках бассейна Нижней Тунгуски проходит в весенне-летний период, в то время как на реках ленского бассейна - в летне-осенний период. Наименьший сток наблюдается зимой, когда он составляет 7-8 % от годовой нормы. В связи с продолжительной и холодной зимой для рек района характерен длительный период ледостава - до 6-7 месяцев. Реки обычно замерзают в конце октября - первой половине ноября, вскрываются в конце апреля - первой половине мая. В результате зимнего ослабления стока часто наблюдается промерзание рек, иногда даже довольно крупных. На перемерзших участках вновь поступающая с верховьев вода растекается по поверхности льда и образует мощные наледи. На промерзающих реках лед тает на месте. Активный ледоход образуется на реках, текущих с юга на север (Лена, Киренга, Непа, Нижняя Тунгуска). На реках образуются заторы льда, которые вызывают повышение уровня воды (6-8 м), а в местах резкого сужения русла амплитуда колебаний уровня воды достигает 25 м - река Нижняя Тунгуска.

В районе проектирования трассы чередуются участки с редкоостровным распространением многолетнемерзлых пород (ММП) - от 5 до 30 % площади и участки, где ММП - “преимущественно отсутствуют”. Известно, что острова ММП приурочены к заболоченным и замаренным участкам низких речных террас, к затененным и

замшелым склонам северной экспозиции. Мощность мерзлых толщ не превышает 10-15 м, температура грунтов -0,2 - 0,5°С.

2.2. Описание конкретной местности, представленной топографической картой (из дипломного проекта 1997 г., выполненного на кафедре «ИПиЖД» ИРИИТа по материалам ОАО «ВСТП»)

Конкретный район проектирования представлен топографической картой масштаба 1:25000, высота сечения горизонталей 5 м.

Начальный пункт проектирования - участковая станция Верхнекарелино - расположена на северо-западе в долине реки Нижняя Тунгуска.

Конечный пункт проектирования - грузовая станция Киренск - расположена на юго-востоке в долинах рек Телячиха и Лена.

Местность в районе проектирования - сильно-пересеченная, с крутыми уклонами местности, изрезанная логами и притоками рек.

В районе проектирования протекают реки - Нижняя Тунгуска, с правым своим притоком - рекой Колмогорова - они относятся к бассейну Енисея, и реки: Мандарина, Мостовая Речка, Телячиха, Ленская Речка, Кулебячиха и Каштак - реки бассейна Лены.

Район проектирования покрыт лесом: хвойным, смешанным, лиственным, поймы рек местами заболочены.

В районе проектирования есть грунтовая автодорога - Верхнекарелино - Киренск.

Основным препятствием для кратчайшего направления проектируемой трассы Верхнекарелино - Киренск являются : крутые, изрезанные водоразделы (водораздел рек Колмогорова и Мандарины,

водораздел Мандарины и Каштака) со своими отрогами, а также крутые склоны и лога периодических водотоков.

Поэтому основным трассировочным замыслом будет - поперечно-водораздельный ход с уклоном кратной тяги 18‰ - с максимально возможным сокращением длины трассы и пересечением поперечных водоразделов в седловинах, близких к кратчайшему направлению. Кроме того водораздельный вариант диктуется геокриологическими условиями района проектирования, так как на водоразделах ММП встречаются значительно реже, чем в долинах рек.

2.2 у. Описание конкретной местности, представленной учебной топографической картой (описание соответствует учебной топографической карте, приведенной в приложении 4 части 1 пособия)

Конкретный район проектирования представлен учебной топографической картой масштаба 1:50000, сечение горизонталей через 10 м (дополнительно пунктиром проведены полугоризонталы через 5 м).

Соединив точки А и Б (как указано в пункте 2.3 пособия /4/) получаем кратчайшую прямую АБ, по которой проводим примерное оценивание категории сложности рельефа. (Приведенные ниже расчеты, выделенные курсивом, Вам следует привести в записке без лишних пояснений, здесь - в учебном пособии – они приведены подробно в учебных целях).

- 1. Максимальная косогорность наблюдается в начале прямой АБ (на правом склоне долины реки Кема) и равняется (100,00 – 67,60) м : 1400 м, т.е. 32,40 м : 1400 м, сократив, получим 1 :*

43, что гораздо положе, чем $1 : 5$, следовательно, по этому параметру рельеф – легкий, I категории сложности.

2. На прямой АБ могут быть выделены три участка с примерно однообразным уклоном местности:

– первый участок: т.А – т.К (урез реки Кема), длина участка равна 8,5 км;

– второй участок: т.К – т.М (на местном водоразделе), длина – 4,0 км;

– третий участок: т.М – т. Б, длина участка равна – 8,0 км.

Первый и третий участки примерно равны по длине и значительно (в 2 раза) превосходят по длине второй участок, поэтому на этих двух участках (как на преобладающих по протяженности) и определяем средний естественный уклон местности:

– на первом участке $i_{\text{ест(ср)}} = (101,0 - 60,0)/8,5 = 41,0/8,5 = 4,8 \%$;

– на втором участке $i_{\text{ест(ср)}} = (60,5 - 49,5)/8,0 = 11,0/8,0 = 1,4 \%$.

Более крутой уклон – на первом участке, его сравниваем с табличным значением /4, табл.2.1/ и видим, что $4,8 \% < 6,0 \%$, следовательно, и по второму параметру - рельеф I категории сложности.

3. Определяем максимальное суммарное колебание отметок в пределах одного километра, м/км. Этот параметр больше там, где горизонталы идут близко друг к другу (но уже не вдоль трассы, как это было в первом параметре, и характеризовало поперечный уклон местности – ее косогорность, а поперек трассы), то есть там – где количество горизонталей на 2 см карты (в нашем масштабе 1 км местности) – максимально. Этот участок находится в начале прямой АБ, недалеко от ст.А и величина колебания

отметок равна 10 м/км, что также меньше табличного /4, табл.2.1/ значения. Поэтому и по третьему параметру - рельеф I категории сложности (было бы достаточно заключения по двум параметрам).

Местность равнинная, категория сложности рельефа – I, что характеризует легкие топографические условия, единственным препятствием при трассировании будет, по-видимому, река Кема, русло которой – извилистое. Максимальная отметка находится на западе карты на водоразделе рек Кема и Стрельна (в районе станции А) и равна 115 м. Минимальная отметка находится на востоке карты в пойме рек Кема и Стрельна (недалеко от места их слияния) и равна 48 м.

Основной водораздел в районе проектирования – это водораздел рек Кема и Стрельна. Водораздел ровный, склоны пологие (южные склоны более изрезаны логами, чем северные). Простирается водораздела – с запада (более высокие отметки) на восток, юго-восток. На севере и юго-западе расположены возвышенности, которые уступают по высоте основному водоразделу (в пределах топографической карты), их максимальные отметки: на севере – 105 м, на юго-западе – 90 м.

В районе проектирования протекают две реки: Кема и Стрельна. Река Кема течет с северо-запада на восток. Русло реки извилистое, непостоянное по ширине (средняя ширина $100 \div 150$ м), река имеет острова, рукава, заводи и староречья, пойма реки не заболочена. Река Стрельна течет с запада на восток. Русло реки извилистое (средняя ширина $100 \div 200$ м), река имеет заводи, пойма реки не заболочена, в пойме есть озеро (старица).

Район проектирования примерно на 15 % покрыт лиственным лесом (основной массив – на севере и в центре, небольшой участок – на юго-западе, параметры леса не указаны). В пойме реки Кема на востоке

находится бурелом (небольшие участки бурелома также расположены на севере и в пойме реки Стрельна на востоке). В пойме реки Стрельна на востоке – луг, в районе проектируемой станции А на северо-западе также луг.

В районе проектирования находятся четыре поселка (названия на карте не указаны): один - на северо-западе, два - на юге, юго-западе и один – на востоке.

Населенные пункты связаны сетью автодорог. В районе предполагаемого прохождения трассы проходят: одна дорога IV категории (1500 авт/сут), три дороги V категории (до 200 авт/сут).

Станция А проектируемой линии расположена на западе на склоне главного водораздела, на правом склоне долины реки Кема. Направление Б, к которому следует примкнуть, находится на востоке в районе левой поймы реки Кема. Таким образом, трассы обоих вариантов должны спуститься с водораздела и пересечь реку Кема. По топографическим условиям варианты могут быть классифицированы как частично косогорные (спуск с водораздела) и частично долинные (ход по долине реки Кема с ее пересечением). В обоих вариантах будут присутствовать участки и напряженных и вольных ходов, которые по длине будут примерно равны. Основной трассировочный замысел первого варианта ($i_p = 6\%$ – равен уклону линии примыкания) будет заключаться в выявлении преимуществ применения небольшого руководящего уклона для заданного района проектирования (с учетом некоторого удлинения линии), при недопущении значительных объемов земляных работ. Напротив, второй вариант трассы ($i_p = 8\%$) должен быть максимально спрямленным, чтобы подчеркнуть преимущество более крутого руководящего уклона. Конкретное положение трассы обоих вариантов будет зависеть также и от выбора наиболее

благоприятного места пересечения реки Кема (там где русло неширокое, прямое, нет островов, пойма узкая, незаболоченная).

2.3. Заключение по разделу

1. Район проектирования – сложный, природные условия – суровые, инфраструктура района развита незначительно.
2. Конкретная местность, представленная учебной топографической картой масштаба 1:50000, - легкая, категория сложности рельефа – I. Заданные руководящие уклоны для вариантов трассы близки к средним естественным уклонам местности, что позволит уложить оба варианта трассы без значительного развития.
3. Косогорность местности незначительная - 1:43, что позволит применить типовые поперечные профили земляного полотна.
4. Основными препятствиями для проектируемой линии будут – река Кема и автомобильные дороги.

3. Выбор норм проектирования новой железнодорожной линии

3.1. Нормы проектирования продольного профиля пути на перегонах согласно СТН /1/

Пункт 4.1. Руководящий уклон новой железной дороги должен выбираться на основании технико-экономических расчетов в зависимости от топографических условий местности, размера, характера и темпа роста перевозок на перспективу во взаимосвязи с расчетной массой поездов, мощностью локомотивов и основными параметрами

проектируемой дороги, а также с учетом массы поездов, полезных длин станционных путей и уклонов примыкающих железнодорожных линий.

На новых железнодорожных линиях IV категории руководящий уклон в грузовом направлении не должен превышать 30 ‰.

Пункт 4.2. Уклоны круче руководящего, преодолеваемые с использованием дополнительных локомотивов (уклоны усиленной тяги) допускается применять в местах сосредоточенных высотных препятствий с обоснованием таких решений в проекте.

Наибольший допускаемый уклон усиленной тяги равен:

Для $i_p = 6 ‰$, двойной тяги – 13 ‰, тройной тяги – 19 ‰.

Для $i_p = 8 ‰$, двойной тяги – 16,5 ‰, тройной тяги – 24,5 ‰.

Наибольший уклон, как правило, не должен превышать на железных дорогах IV категории - 40 ‰.

Крутизну ограничивающих уклонов на затяжных подъемах в кривых участках пути следует уменьшать на величину, эквивалентную дополнительному сопротивлению от кривой.

Целесообразность дополнительного смягчения затяжных ограничивающих уклонов из-за снижения коэффициента сцепления в кривых участках пути с радиусом менее 800 м – при тепловозной тяге следует обосновывать в проекте.

В проектах железных дорог с тепловозной тягой следует обосновывать целесообразность смягчения ограничивающего уклона или использование дополнительного локомотива на участках с отметками свыше 800 м над уровнем моря.

Пункт 4.4. Продольный профиль пути следует проектировать элементами возможно большей длины при наименьшей алгебраической разности уклонов смежных элементов.

Длина элементов профиля, как правило, не должна быть менее половины полезной длины приемо-отправочных путей, принятой на перспективу (для первого варианта $l_{no} / 2 = 525$ м, для второго варианта $l_{no} / 2 = 425$ м).

Алгебраическая разность уклонов смежных элементов не должна превышать значений Δi_n , ‰, указанных в числителе. При большей разности уклонов смежные элементы следует сопрягать посредством разделительных площадок и (или) элементов переходной крутизны, длина которых при указанных значениях Δi_n должна быть не менее значений l_n , м, приведенных в знаменателе.

Для первого варианта ($l_{no} = 1050$ м):

рекомендуемые нормы 8 ‰ / 200 м;

допускаемые нормы 10 ‰ / 200 м.

Для второго варианта ($l_{no} = 850$ м):

рекомендуемые нормы 13 ‰ / 200 м;

допускаемые нормы 20 ‰ / 200 м.

При алгебраической разности уклонов менее Δi_n длину разделительных площадок и элементов переходной крутизны допускается пропорционально уменьшать, но не менее, чем до 25 м. Уменьшенную длину элементов следует определять по формуле:

$$l = l_n (\Delta i_1 + \Delta i_2) / 2 \cdot \Delta i_n,$$

где $\Delta i_1, \Delta i_2$ – алгебраические разности уклонов, ‰, по концам

элемента профиля, когда $\Delta i_1, \Delta i_2 < \Delta i_n$.

Допускаемые нормы не следует применять:

- 1) в углублениях профиля (ямах), ограниченных хотя бы одним тормозным спуском;
- 2) на уступах, расположенных на тормозных спусках;
- 3) на возвышениях профиля (горбах), расположенных на расстоянии менее удвоенной полезной длины приемо-отправочных путей (расчетной длины поезда) от подошвы тормозного спуска.

Далее Вам следует привести все остальные нормы проектирования (в соответствии с вышеприведенным образцом), учитывая рекомендации части 2 учебного пособия /5/.

Выписывайте из СТН /1/ только нормы, относящиеся к Вашей категории линии, Вашим значениям полезной длины приемо-отправочных путей, виду тяги и т.д.

Названия подразделов приведены ниже.

3.2. Нормы проектирования плана пути на перегонах

3.3. Нормы размещения отдельных пунктов. Нормы проектирования продольного профиля и плана путей на отдельных пунктах

3.4. Нормы проектирования несущих конструкций и отдельных пунктов новых железных дорог

3.5. Заключение по разделу

1. В пояснительную записку выписаны основные нормы проектирования новой железнодорожной линии IV категории, с полезной длиной приемо-отправочных путей 1050 м (для первого варианта) и 850 м (для второго варианта), с тепловозной тягой.
2. Учитывая легкий рельеф местности – I категория сложности рельефа, по которой пройдут оба варианта трассы и низкую категорию проектируемой линии - IV, нормы проектирования по которой имеют широкие пределы варьирования (например, наименьшее рекомендуемое значение радиуса круговой кривой в плане – 1000 м, а допустимый в трудных условиях радиус круговых кривых – 600 м) – можно сделать вывод о том, что оба варианта трассы можно будет уложить с небольшими объемами строительных работ.
3. Так как район проектирования является снегозаносимым – то при проектировании продольного профиля следует отдавать предпочтение насыпям высотой согласно нормам проектирования.
4. Принимая во внимание тепловозную тягу на проектируемой линии, а также тот факт, что трасса пройдет по снегозаносимым районам севера Иркутской области, следует предусмотреть в проекте в качестве экологических, снегозащитных (на перспективу), почвоукрепительных и шумозащитных (при необходимости) мероприятий – посадку лесных насаждений вдоль железной дороги на тех ее участках, где будут отсутствовать естественные леса.

4. Выбор направления и трассирование вариантов

4.1. Выбор направления новой железнодорожной линии

На учебной топографической карте масштаба 1:50000 проводим геодезическую прямую, соединив точки А и Б.

Для представленного картой рельефа в разделе 2 проекта была определена категория сложности – I, следовательно местность легкая. Действительно, одним серьезным препятствием является река Кема, русло которой извилистое, но пойма широкая незаболоченная и склоны долины пологие.

Таким образом, задача выбора принципиального направления – не стоит. В проекте единственно рациональное направление – приближение к геодезической прямой (с учетом возможной крутизны ограничивающих уклонов) по топографическим условиям может быть классифицировано как спуск с водораздела, на котором расположена площадка станции А, в долину реки Кема и пересечение реки с последующим выходом на заданное направление и примыканием к нему в точке Б, т.е. сначала – водораздельный и косогорный ходы, а затем – долинный ход.

Поэтому в задании на курсовое проектирование сразу указаны два значения руководящего уклона для трассирования двух вариантов новой железнодорожной линии А – Б по одному принципиальному направлению.

4.2. Укладка магистрального хода

Сначала определим уклоны трассирования i_{mp} , ‰ для обоих вариантов по формуле (1.2) из пособия /6/

$$i_{mp} = i_{opr} - i_{эк(ср)}, \quad (4.1)$$

где i_{opr} – величина ограничивающего уклона, в нашем случае – руководящего, для первого варианта 6‰, для второго варианта 8 ‰;

$i_{эк(ср)}$ – величина среднего по трассе уклона, эквивалентного дополнительному сопротивлению от кривой, принимается в зависимости от категории сложности рельефа, для I категории сложности рельефа – $i_{эк(ср)} = 0,3$ ‰.

Выполним расчет:

для первого варианта $i_{mp} = i_{opr} - i_{эк(ср)} = 6 - 0,3 = 5,7$ ‰;

для второго варианта $i_{mp} = i_{opr} - i_{эк(ср)} = 8 - 0,3 = 7,7$ ‰.

Вычисленные нами значения i_{mp} использованы в дальнейшем для определения участков вольного и напряженного ходов в соответствии с (1.3) из пособия /6/, а также в расчетах растворов циркульного хода для вариантов.

Рассчитаем раствор циркуля d , мм для обоих вариантов по формуле (1.5) из пособия /6/

$$d = 200 / i_{mp}, \quad (4.2)$$

где i_{mp} – уклон трассирования, ‰.

Выполним расчет:

для первого варианта $d = 200 / i_{mp} = 200 / 5,7 = 35$ мм;

для второго варианта $d = 200 / i_{mp} = 200 / 7,7 = 26$ мм.

На карте укладываем линию нулевых работ с помощью циркульного хода на участках напряженного хода, а на участках вольного хода проводим прямые.

Для первого и второго вариантов трассы намечаем приемлемые (по условиям сооружения мостовых переходов) места пересечения реки Кема.

Намеченные магистральные ходы по обоим вариантам служат первым приближением трассы. На карте магистральные ходы не показаны – они заменены трассами вариантов.

4.3. Трассирование первого варианта

В соответствии с нормами проектирования, выписанными из СТН /1/ и приведенными в третьем разделе проекта, а также рекомендациями, изложенными в работах /2, 3, 6/, были запроектированы план и продольный профиль первого варианта трассы. План приведен на карте. Профиль построен на миллиметровке.

Пример расчета круговой кривой (ВУ 1).

Угол поворота (измерен транспортиром на карте) $\alpha = 15,0^\circ$ право. Радиус круговой кривой принят $R = 2000$ м. Тангенс круговой кривой рассчитан по формуле (1.7) из пособия /6/

$$T = R \cdot \operatorname{tg}(\alpha / 2), \quad (4.3)$$

где R – радиус первой круговой кривой, м;

α - угол поворота первой кривой, град.

$$T = 2000 \cdot \operatorname{tg}7,5^\circ = 263,30 \text{ м.}$$

Длина круговой кривой рассчитана по формуле (1.9) из /6/

$$K = (\pi / 180) \cdot R \cdot \alpha = 0,017453292 \cdot R \cdot \alpha \quad (4.4)$$

Выполним расчет

$$K = 0,017453292 \cdot 2000 \cdot 15,0 = 523,60 \text{ м}$$

Длины переходных кривых приняты по нормам для второй зоны скоростей $l = 30$ м.

Все эти параметры выписаны внутри кривой на карте и профиле.

Далее Вам следует коротко привести необходимые расчеты по такой же схеме, как и выше: сначала формула (и откуда Вы ее взяли – т.е. ссылка на первоисточник), расшифровка формулы (обозначения с единицами измерения), затем подставляете свои значения.

В данном четвертом разделе проекта объем пояснительной записки – небольшой, а вот объем работы – значительный, потому что основная работа – это проектирование плана и продольного профиля трассы. Следовательно, главное содержание четвертого раздела проекта заключено в плане и профиле трассы, которые Вы вкладываете в пояснительную записку проекта.

Учитывая тот факт, что в процессе работы Вы проходите через перетрассировки, неудачные попытки и т.д. – все описывать не следует. Необходимо только рассказать об основных этапах своей работы.

Кроме того, в разделах курсового проекта

- 4. Размещение отдельных пунктов*
- 5. Размещение искусственных сооружений*
- 6. Описание протрассированных вариантов с обоснованием принятых решений*

Вам еще придется описывать работу над вариантами трассы и подробно обосновывать свои решения по плану, профилю, отдельным пунктам и ИССО.

Не следует переписывать в четвертый раздел проекта все, что написано, например, в части 3 учебного пособия/6/ или в учебнике /2/.

4.4. Трассирование второго варианта

Раздел выполняется в соответствии с вышеприведенными примерами и рекомендациями.

4.5. Заключение по разделу

1. Намечены магистральные ходы по двум вариантам трассы.
2. Протрассирован первый вариант с $i_p = 6 \%$ длиной $L_1 = 23,500$ км.
3. Протрассирован второй вариант с $i_p = 8 \%$ длиной $L_2 = 21,400$ км.
4. Оба варианта трассы будут уточнены по результатам разделов 5 и 6.

Библиографический список

1. Строительно-технические нормы МПС РФ. Железные дороги колеи 1520 мм. СТН Ц-01-95. – М.: МПС РФ, 1995. – 276 с.
2. Изыскания и проектирование железных дорог: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / И.В.Турбин, А.В.Гавриленков, И.И.Кантор и др.; Под ред. И.В.Турбина. – М.: Транспорт, 1989. – 479 с.

3. Гавриленков А.В., Переселенков Г.С. Изыскания и проектирование железных дорог: Пособие по курсовому и дипломному проектированию. – М.: Транспорт, 1990. – 167 с.
4. Подвербный В.А., Четвертнова В.В. Проект участка новой железнодорожной линии. Часть 1.Определение категории и основных параметров ж.-д. линии. Описание района проектирования: Учебное пособие по курсовому проектированию. – Иркутск: ИрИИТ, 1999.– 93 с.
5. Подвербный В.А., Четвертнова В.В. Проект участка новой железнодорожной линии. Часть 2.Выбор норм проектирования новой ж.-д. линии: Учебное пособие по курсовому проектированию. – Иркутск: ИрИИТ, 1999.– 100 с.
6. Подвербный В.А., Четвертнова В.В. Проект участка новой железнодорожной линии. Часть 3.Выбор направления и трассирование вариантов: Учебное пособие по курсовому проектированию. – Иркутск: ИрИИТ, 1999.– 123 с.
7. Жинкин Г.Н., Луцкий С.Я., Спиридонов Э.С. Строительство железных дорог: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1995. – 208 с.
8. Рутковская Е.А. Оценка эффективности инвестиций // Экономика строительства. – 1997. - № 12 (468). – С. 13 – 27.
9. Дулич В.А. Спад инвестиционной активности продолжается // Экономика строительства. – 1997. - № 12 (468). – С. 2 – 13.

Далее Вам следует по приведенному образцу перечислить все остальные первоисточники, которыми Вы пользовались при работе над курсовым проектом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛОКОМОТИВОВ.

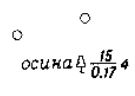
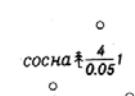
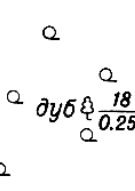
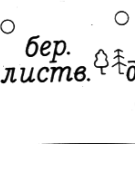
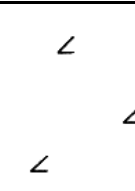

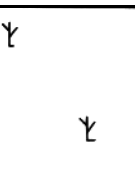

**МАКСИМАЛЬНАЯ МАССА БРУТТО ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ
Q_{max} , Т, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РУКОВОДЯЩЕГО УКЛОНА**

Характеристики локомотивов	Тип локомотива							
	тепловозы			электровозы				
	ТЭЗ	2ТЭ10 М	2ТЭ121	пост. тока	Пост. – перем.	переменного тока		
ВЛ10, ВЛ11				ВЛ82	ВЛ80 ^т	ВЛ80 ^р	ВЛ85	
Число секций	2	2	2	2	2	2	2	2
Число осей	12	12	12	8	8	8	8	12
Масса, т	252	276	316	184	190	184	192	288
Длина, м	34	34	42	33	33	33	33	45
Руков. уклон, ‰	Максимальная масса брутто состава грузового поезда, Q _{max} , т							
5	6300	8000	9300	6850	7000	7400	8150	10720
6	5350	6850	8000	5950	6050	6350	7000	9250
7	4700	5950	6950	5200	5300	5600	6150	8130
8	4150	5300	6200	4650	4750	5000	5500	7240
9	3700	4750	5550	4200	4300	4500	4950	6520
10	3350	4300	5000	3800	3900	4100	4500	5930
11	3050	3900	4600	3500	3550	3750	4100	5430
12	2800	3600	4200	3200	3300	3450	3800	5010
13	2600	3350	3900	2950	3050	3200	3500	4640
14	2400	3100	3600	2750	2850	2950	3300	4320
15	2250	2900	3400	2600	2650	2800	3050	4040

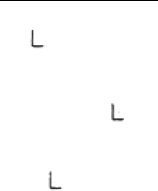



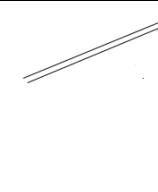



ПРИЛОЖЕНИЕ 3.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ
КАРТАХ

Таблица

Обозначение	Расшифровка	Обозначение	Расшифровка
	Лиственный лес Порода – осина Высота – 15 м Диаметр – 0.17 м Расстояние между Деревьями – 4 м		Хвойный лес Порода – сосна Высота – 4 м Диаметр – 0.05 м Расстояние между деревьями – 1 м
	Лиственное редколесье Порода – дуб Высота – 18 м Диаметр – 0.25 м		Смешанный лес Породы – береза и лиственница Высота – 8 м Диаметр – 0.08 м Расстояние между деревьями – 5 м
	Бурелом		Кустарник
	Горелый или сухостойный лес		Луг

Продолжение табл.

Обозначение	Расшифровка	Обозначение	Расшифровка
	Вырубленный лес		Болото
	Населенный пункт Нара		Река Нара Стрелка направление течения 0,5 – скорость течения, м/с Левая пойма реки – заболочена
	Автодорога		Грунтовая автодорога
	Автодорога		Тропинка, полевая или лесная дорога

ПРИЛОЖЕНИЕ 4.

**ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ КАРТА С ПЛАНАМИ ВАРИАНТОВ
ТРАССЫ (ВКЛЕЙКА)**

ПРИЛОЖЕНИЕ 5.

**СХЕМАТИЧЕСКИЙ ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ ПЕРВОГО
ВАРИАНТА ТРАССЫ (ВКЛЕЙКА)**

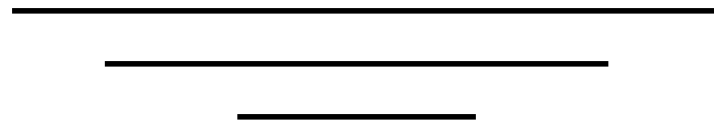
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

В	
Вариант	
- направления ж.-д. линии	80
- трассы ж.-д. линии	57, 63, 82
Варианты	
- трассы ж.-д. линии	6, 58
Водораздел	37
Высота сечения рельефа	41
Г	
Горизонтالي (изогипсы)	41
График движения поездов	
- параллельный	26
Грузонапряженность	22
Грунты	
- глинистые	68
Д	
Длина	
- приемо-отправочных путей (полезная)	8, 23, 25, 28, 29, 53, 56, 63
- элемента переходной крутизны и разделительной площадки	76
- элементов профиля	76
Долина водотока	42
З	
Задача принятия решения	
- динамическая	6
- недетерминированная	6
И	
Изыскания железнодорожных линий	5
Искусственные сооружения ж.-д. линии	10
К	
Камеральное трассирование	5
Категория	
- железной дороги	5, 23, 26, 28, 30, 42, 56, 61, 64, 67, 75, 76, 78
- сложности рельефа	37, 38
Косогорность	38
Коэффициент	
- максимального использования пропускной способности	27, 64
- съема грузовых поездов пассажирскими	27, 64
- внутригодовой неравномерности перевозок	27, 64
Кривая	
- круговая	78, 82
- переходная	82
Критерии эффективности	
- частные	6
Л	
Лог	41

М	
Масса брутто состава	
- максимальная	24
- средняя	24
Многокритериальная задача выбора	6
Н	
Направление ж.-д. линии	9
Нормы проектирования	9
О	
Описание района проектирования	9, 34, 47
Отметки	
- рабочие	57
П	
Перевал	37
План трассы	5
Проектирование железных дорог	6
Промилле (тысячные) - ‰	10
Пропускная способность ж.-д. линии	
- потребная	8, 28
- расчетная	26
Профиль	
- продольный профиль трассы ж.-д. линии	5, 10
- схематический продольный профиль трассы проектируемой ж.-д. линии	10, 14, 57
Р	
Радиус	
- круговой кривой	82
Раздельные пункты ж.-д. линии	10
С	
Седло	37
Склоны долины водотока	42, 73
Скрещение поездов	26
Смягчение ограничивающих уклонов	
- дополнительное в кривых малого радиуса (из-за уменьшения коэффициента сцепления)	76
Справочное учебное издание	15
Строительная стоимость ж.-д. линии	11
Суммарные приведенные строительно-эксплуатационные затраты	11
Т	
Тальвег	41
У	
Уклон	
- ограничивающий	76, 80
- руководящий	10, 23, 53, 75
- средний естественный уклон местности	38
- усиленной тяги	75
- эквивалентный дополнительному сопротивлению от кривой (средний по трассе)	80, 81
Х	
Ход трассирования	
- водораздельный	80
- вольный	81

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- косогорный.....	80
- напряженный.....	81
Ч	
Частные критерии эффективности.....	11
Ш	
Ширина	
- колеи.....	23, 24, 53
Э	
Эксплуатационные расходы.....	11



МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РОССИИ
ИРКУТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В.А.Подвербный, В.В.Четвертнова

**ПРОЕКТ УЧАСТКА
НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ.**

**ЧАСТЬ 2.
ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ**

*УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ*

ИРКУТСК 1999

УДК 625.111

Подвербный В.А., Четвертнова В.В. Проект участка новой железнодорожной линии. Часть 2. Выбор норм проектирования новой железнодорожной линии: Учебное пособие по курсовому проектированию. – Иркутск: ИрИИТ, 1999. – 112 с.

Учебное пособие предназначено для студентов специальностей: 290900 «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» и 240100 «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте» высших учебных заведений дневной и заочной форм обучения.

В части 2 пособия рассмотрен вопрос выбора норм проектирования новой ж.-д. линии по Строительно-техническим нормам МПС РФ СТН Ц-01-95 «Железные дороги колеи 1520 мм». Приведены рекомендации по эффективному изучению СТН. Часть 2 пособия содержит необходимый материал для выполнения третьего раздела курсового проекта на тему «Проект участка новой железнодорожной линии» по дисциплине «Изыскания и проектирование железных дорог» для специальности 290900 и расчетно-графической (контрольной работы №2) «Проект участка новой ж.-д. линии» по дисциплине «Основы геодезии и проектирования железных дорог» для специальности 240100.

В приложении 1 приведен конспект избранных разделов СТН.

В приложении 3 освещен вопрос возможности применения методов имитационного моделирования для целей совершенствования норм проектирования железных дорог.

Ил. 2 . Табл. 3. Библиогр. 15 назв. Прилож. 3.

Рецензенты: канд. техн. наук, проф. **В.Н.Поздеев,**

зав. кафедрой пути и путевого хозяйства ИрИИТа;

канд. техн. наук, доц. **В.С.Миронов,**

зав. кафедрой изысканий и проектирования МИИТа

© Иркутский институт инженеров железнодорожного транспорта, 1999

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	5
1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	
НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ	11
1.1. ВВЕДЕНИЕ В РАЗДЕЛ	11
1.2. НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ПУТИ НА ПЕРЕГОНАХ	12
1.3. НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛАНА ПУТИ НА ПЕРЕГОНАХ	15
1.4. НОРМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ. НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ И ПЛАНА ПУТЕЙ НА РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТАХ	20
1.5. НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ НОВЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ	29
1.6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАЗДЕЛУ	38
1.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО РАЗДЕЛУ	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	47
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	48
ПРИЛОЖЕНИЯ	50
Приложение 1.	
Конспект избранных разделов строительно-технических норм МПС РФ /1/, требуемых для выполнения курсового проекта	50
<i>Раздел 3. Общие положения</i>	50
<i>Раздел 4. Продольный профиль и план пути. Размещение</i> <i>раздельных пунктов</i>	53
Продольный профиль пути на перегонах	53
План пути на перегонах	62
Размещение раздельных пунктов	68
Продольный профиль и план путей на раздельных пунктах	69
<i>Раздел 5. Земляное полотно</i>	73
Конструкция земляного полотна	73
<i>Раздел 6. Верхнее строение пути</i>	78
Верхнее строение пути на перегонах	78
Верхнее строение пути на станциях	82
Верхнее строение пути на мостах и в тоннелях	85

<i>Раздел 8. Мосты и трубы</i>	85
<i>Раздел 9. Тоннели</i>	89
<i>Раздел 10. Станции и узлы</i>	91
<i>Раздел 11. Примыкания и пересечения</i>	94
Приложение 2.	
Влияние проектных решений на условия эксплуатации железной дороги	97
1. <i>Размещение раздельных пунктов с путевым развитием на уклонах</i>	97
1.1. Трогание с места после стоянки грузового поезда установленной массы	97
1.2. Уход незакрепленных вагонов с приемо-отправочных путей раздельных пунктов, расположенных на уклонах	100
2. <i>Длина переходных кривых (отвод возвышения наружного рельса)</i>	103
3. <i>Обеспечение видимости на переезде</i>	105
<i>Библиографический список к приложению 2</i>	106
Приложение 3.	
Применение методов имитационного моделирования для решения задачи повышения надежности проектируемых железных дорог	108
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	117

ВВЕДЕНИЕ

В первой части пособия были изложены рекомендации по выполнению двух первых разделов курсового проекта.

Во второй части пособия мы рассмотрим очень важный вопрос – выбор норм проектирования новой железнодорожной линии по Строительно-техническим нормам СТН Ц-01-95 «Железные дороги колеи 1520 мм» /1/.

Что значит «Выбрать нормы проектирования для ж.-д. линии»?

Выбрать – значит:

- внимательно прочитать СТН /1/;
- разобраться со смыслом всех изложенных норм;
- выписать в пояснительную записку все необходимые нормы, с учетом своих исходных данных и основных параметров своей проектируемой линии.

То есть, если проектируемая Вами линия III-ей категории и полезная длина приемо-отправочных путей по вариантам $l_{п01} = 850$ м, $l_{п02} = 1050$ м, то Вам необходимо выписывать нормы проектирования продольного профиля **именно для этих значений, а не все подряд.**

Таким образом, третий раздел проекта – это важный этап, это не просто копирование всего СТН – в пояснительную записку, ни в коем случае! Ваша задача может быть выражена двумя словами: 1) понять, 2) выбрать.

Так как Вы столкнетесь со сложной задачей – изучения СТН (еще не зная – что ждет Вас впереди, какие нормы Вам понадобятся) – мы приводим в приложении 1 пособия (часть 2) конспект избранных разделов СТН – именно эти разделы Вам необходимо изучить. Изучить –

значит, разобраться, посмотреть теорию в учебнике /2/ и других источниках, понять суть этих норм, чтобы затем осознанно применять их.

На первый взгляд, задача выбора (выписывания) норм проектирования из СТН /1/ может показаться Вам простой. Но это не так.

Когда Вы будете читать СТН, то Вы встретитесь с такой интересной особенностью норм проектирования ж.-д. линий – **нормы делятся на рекомендуемые и допускаемые.**

Допускаемые нормы можно применять в трудных условиях и, кстати, применение этих норм позволяет инженеру-проектировщику уменьшить объемы и стоимость строительных работ. Но! Применение допускаемых норм на этапе проектирования новой ж.-д. линии значительно осложняет последующую эксплуатацию этой ж.-д. линии, иногда может привести к трагическим последствиям, см. приложение 2 пособия (часть 2).

В процессе проектирования плана и продольного профиля трассы Вы часто будете испытывать желание воспользоваться допускаемыми нормами (хотя бы потому, что не захотите поработать над вариантами трассы, которые позволяли бы применить рекомендуемые нормы, или просто не увидите такой возможности). Это опасная тенденция – при первой же трудности – применять допускаемые нормы.

Мы советуем Вам – сначала пробовать вписывать максимально возможные радиусы круговых кривых, применять максимально возможные длины переходных кривых или длины элементов продольного профиля и т.д.

Разумеется, нельзя забывать и об экономических требованиях – одним из основных в ж.-д. строительстве, до сих пор, остается требование снижения первоначальных капиталовложений.

Мы хотим, чтобы Вы поняли - конечно, можно запроектировать линию по допускаемым нормам, но это будет как «мина замедленного действия». Например – перевальный участок ВСЖД (Б.Луг – Слюдянка). Кривые участки радиусами 300 м и менее, запроектированные на участке кратной (усиленной) тяги, значительно осложняют эксплуатацию данного участка в настоящее время, когда возросли нагрузка на ось, скорость и масса расчетного поезда, см. рисунок в конце введения, на котором изображен продольный профиль небольшого участка ВСЖД и фото поезда, идущего по этому участку.

Нормы проектирования постоянно совершенствуются, одним из методов их изучения и совершенствования может быть имитационное моделирование, см. приложение 3 пособия (часть 2).

А для того чтобы правильно пользоваться действующими нормами - СТН Ц-01-95 /1/ - Вам необходимо хорошо изучить их. Вы должны представлять (мысленно видеть) – последствия выбора норм, каждый выбор – это важное решение.

Вам необходимо представлять всю цепочку, например: «применяю меньший радиус кривой – уменьшаю объемы земляных работ – уменьшаю строительную стоимость участка трассы, но – снижаю допускаемую скорость движения по кривой – снижаю скорость и на подходах к этой кривой – возможно, даже применяю режим торможения для снижения скорости – увеличиваю расходы по текущему содержанию пути в данной кривой – увеличиваю износ рельсов в данной кривой» и т.д. Только представляя себе всю цепочку последствий (преимуществ и недостатков) принятого решения, Вы сможете профессионально

применять нормы проектирования и не перейдете грани необдуманного – необоснованного – нерационального – случайного выбора.

Решения могут быть весьма жесткими – например, предельные радиусы кривых, короткая (поперечная) схема разъезда и др. – но Вы должны видеть последствия и обосновывать свой выбор.

Умелое применение норм проектирования - большое искусство, оно приходит с опытом, но начинать учиться этому следует уже с курсового проекта.

Следует сделать важное замечание, касающееся нормативных документов по проектированию железных дорог.

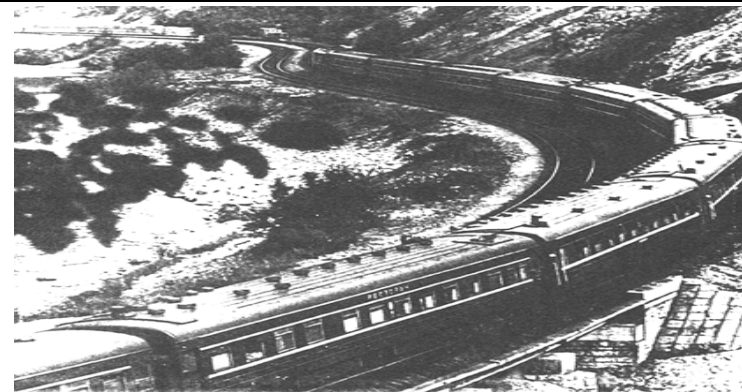
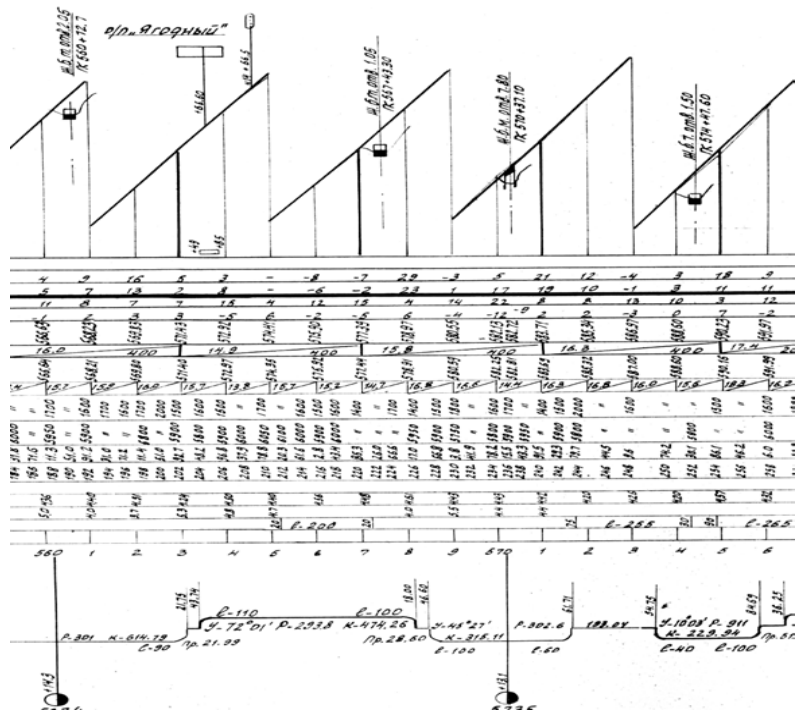
Система нормативных документов Российской Федерации в строительстве создается в соответствии с новыми экономическими условиями, законодательством и структурой управления на базе действующих в России строительных норм, правил и государственных стандартов в этой области /13/.

Нормативные документы **Системы** подразделяются на **государственные федеральные документы** (строительные нормы и правила – СНиП, например – СНиП 32-01-95 /14/, государственные стандарты Российской Федерации в области строительства – ГОСТ Р, своды правил по проектированию и строительству – СП, руководящие документы **Системы** – РДС); **документы субъектов Российской Федерации** (территориальные строительные нормы – ТСН); и **производственно-отраслевые нормативные документы** (стандарты предприятий строительного комплекса – СТП, стандарты общественных объединений – СТО).

В данном учебном пособии все нормы проектирования приведены по нормативному документу отраслевого министерства – по

строительно-техническим нормам МПС РФ «Железные дороги колес 1520 мм» СТН Ц-01-95 /1/.

Итак, третий раздел Вашего курсового проекта – **Выбор норм проектирования новой железнодорожной линии.**



Конец введения

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

1.1. ВВЕДЕНИЕ В РАЗДЕЛ

Определенные в первом разделе пособия категория и основные параметры проектируемой линии позволяют установить нормы проектирования плана и продольного профиля железнодорожной линии, которые диктуются строительно-техническими нормами МПС РФ СТН Ц-01-95 /1/. Вам необходимо выписать из /1/ (или из приложения 1 пособия – часть2) все нормы, касающиеся проектирования продольного профиля и плана новых однопутных линий, а также некоторые нормы проектирования земляного полотна, верхнего строения путей и искусственных сооружений, отдельных пунктов и пересечений железной дороги с другими путями сообщения. В качестве примера в приложении 1 (раздел 3) – см. часть1, приведены нормы проектирования для новой однопутной железнодорожной линии IV категории нормальной колеи (конспект для курсового проекта, только начало), конспект – потому что реальное проектирование новой ж.-д. линии включает проектирование всех подсистем сложной технической системы – «Железная дорога» – и, следовательно, требует изучения и соблюдения всех норм проектирования, приведенных в СТН /1/. Пояснения по вопросу состава курсового проекта и его учебно-методической направленности Вы можете еще раз посмотреть во введении к части 1 учебного пособия.

Раздел 3 «Общие положения» СТН /1/ следует внимательно прочитать, но не конспектировать. Таблицу 1 из этого раздела полностью перерисовывать – не надо (Вы только используете ее данные, чтобы определить категорию проектируемой линии).

1.2. НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ПУТИ НА ПЕРЕГОНАХ

Из раздела 4 СТН /1/ Вам следует выписать основные нормы проектирования продольного профиля пути на перегонах /1, с.20-33/.

Из п.4.1. /1/ выпишите только нормы, касающиеся категории линии, проектируемой Вами. Для того чтобы применять эти нормы с пониманием, Вам следует ознакомиться со следующими пунктами учебника /2, п. 1.7, 2.10, 4.2/.

Из табл.2 /1, п.4.2/ выпишите только строчки для своих значений руководящего уклона.

Пункт 4.4 /1/ и табл.3 /1, с.25/ из этого пункта – очень важны при проектировании продольного профиля. Вам следует из табл.3 /1, с.25/ выписать значения Δi_n (наибольшей *алгебраической разности уклонов смежных элементов профиля*¹, ‰) и l_n (наименьшей *длины*

¹ Алгебраическая разность уклонов смежных элементов профиля - Δi , ‰ – определяется по формуле $\Delta i = |i_1 - i_2|$, где i_1 и i_2 – величины уклонов смежных элементов профиля с учетом знака (на подъем – “плюс”, на спуск – “минус”). Часто пользуются простым правилом определения Δi : “Если оба элемента профиля направлены в одну сторону (оба на спуск, или оба на подъем), тогда из большего вычитают меньший, но если элементы профиля направлены в разные стороны (один – на спуск, а другой – на подъем, или наоборот), то их значения складывают по абсолютной величине”. Заметим, что величина Δi – всегда положительная. Иногда (для краткости) величину Δi называют - “перелом профиля”, хотя правильнее было бы называть “алгебраическая разность уклонов смежных элементов профиля в точке перелома профиля”, потому что перелом профиля – это точка изменения уклона продольного профиля или, другими словами, “граница смежных элементов профиля”. См. /2, п.4.2/.

*разделительной площадки и элементов переходной крутизны², м)*³.

Причем, выписать необходимо две “пары” $\Delta i_n / l_n$ – рекомендуемые нормы и допускаемые⁴, т.к. при проектировании профиля Вам могут пригодиться и те, и другие. Кроме того, если Вы проектируете два варианта трассы с различными значениями руководящих уклонов, то, возможно, что и значения полезных длин приемо-отправочных путей у них различны. Тогда выпишите из табл.3 /1/ нормы для обоих вариантов (каждый из них будете проектировать по своим нормам)⁵. Для того, чтобы понимать существо вопроса, изложенного в п.4.4 /1/, Вам непременно следует изучить следующие пункты учебника /2, п.4.3, 4.7/⁶.

² Длина разделительной площадки и элементов переходной крутизны, м – нормируется СТН /1/ и в любом случае не должна быть менее 25 м. Разделительная площадка – частный случай элемента переходной крутизны – ее уклон равен 0 ‰. Элементы переходной крутизны применяются в качестве сторон многоугольника, описывающего кривую большого радиуса R в вертикальной плоскости (устройство пути в профиле по кривой такого радиуса $R = 5 \div 200$ тыс. м крайне затруднительно), которая обеспечивает требования безопасности и плавности движения поездов при их движении по переломам профиля. См. /2, п.4.3, рис. 4.5/.

³ Нижний индекс «н» у обозначений Δi_n и l_n – это сокращение слова «нормируемый».

⁴ Рекомендуемые нормы установлены для самых неблагоприятных условий движения поезда – регулировочное торможение (включение и отпуск пневматических тормозов состава) при движении поезда по участку, содержащему перелом профиля, т.е. для случая наложения возмущений поезда, вызванных переломом профиля, и управляющими воздействиями машиниста. Допускаемые нормы сопряжения элементов профиля установлены для случая, когда на участке пути заведомо исключается регулировочное торможение, и в качестве расчетного режима применяется движение поезда «на выбеге» (холостой ход).

⁵ С увеличением полезной длины приемо-отправочных путей (а значит, и наибольшей длины поезда и его массы) – нормы проектирования продольного профиля ужесточаются (переломы профиля – должны быть меньше, а длины сопрягающих элементов – больше).

⁶ В таком нормативном документе как СТН /1/ конечно нет пояснений к приведенным нормам, нет рисунков, изучение которых помогло бы Вам наглядно представить элементы профиля и движение поезда по ним. Поэтому обязательно посмотрите рисунки 4.4, 4.5, 4.6 учебника /2/. Кроме того, в учебнике приведены данные по моделированию режимов движения поезда и результаты натурных опытов /2, п.4.7/, которые и послужили основой при составлении норм проектирования профиля по условиям обеспечения безопасности и плавности движения поездов. Обратите внимание на рисунки из /2/: 4.18, на котором наглядно

В пункте 4.5. /1/ речь идет о *вертикальных кривых* радиусом R_v , сопрягающих смежные элементы продольного профиля в точках локальных переломов профиля (см. рис.4.7, 4.8 /2/), а не о глобальных кривых в вертикальной плоскости радиусом R, которые из-за трудности строительства и эксплуатации заменяют элементами переходной крутизны и разделительной площадкой (см. рис. 4.5 /2/)⁷. Обратите внимание – при каком значении Δi , ‰ – можно не устраивать вертикальные кривые радиусом R_v , см. /2, п.4.3, с.105/. Для того чтобы разобраться с требованием «Вертикальные кривые следует размещать вне переходных кривых, а также вне пролетных строений мостов и путепроводов с безбалластной проезжей частью», внимательно изучите /2, п.4.9, рис.4.27/. Рекомендуется упростить выражение из /1, с.27/ для

видно насколько большие продольные силы возникают при движении растянутого поезда в «яме» (вогнутый перелом профиля) и как вдоль поезда пробегает волна сжимающих ударов (ведь в автосцепках есть зазор), 4.19 и 4.20 – на которых хорошо видно влияние абсолютной величины перелома профиля - Δi , ‰ - на значения ударных сил (на этих рисунках видно также, как увеличиваются ударные продольные силы с увеличением массы поезда, его длины и скорости движения).

⁷ Сопрягающие глобальные кривые в вертикальной плоскости ($R = 5 \div 200$ тыс. м) необходимы потому, что при движении по переломам профиля в поезде происходят следующие процессы:

- из-за наличия зазоров в междувагонных соединениях в поезде возникают продольные силы ударного характера, влияющие на прочность элементов конструкции вагонов;
- в поезде возникают квазистатические продольные силы, определяющие устойчивость колесных пар вагонов против схода с рельсов (выдергивание или выжимание порожних и малозагруженных вагонов из состава);
- в пассажирских поездах возникают продольные ускорения, ухудшающие комфортность поездки (толчки и рывки).

Для предотвращения нежелательных последствий этих процессов устраивают сопряжения элементов продольного профиля – это учитывается в п.4.4 /1/.

Но даже локальные переломы профиля требуют своего смягчения, которое и выполняется за счет устройства вертикальных кривых радиусом $R_v = 3 \div 20$ тыс. м (в зависимости от категории проектируемой линии) – об этих кривых и идет речь в п.4.5 /1/. Эти вертикальные кривые устраивают для:

- предотвращения саморасцепа автосцепок смежных вагонов поезда при прохождении их через перелом продольного профиля пути;

определения *тангенса вертикальной кривой*⁸, м: $T_v = R_v \cdot \Delta i / 2$, подставив свое значение R_v , км – радиуса вертикальной кривой.

Пункт 4.7 /1/ содержит требования к проектированию продольного профиля в выемке (в обычных и вечномёрзлых грунтах) по условию обеспечения продольного водоотвода. См. /2, рис. 4.24/.

В п. 4.8 /1/ изложены требования к проектированию профиля линии в районах, подверженных снежным заносам, см. /2, п.4.8, с.123 и п.6.4, с.207, рис.6.26/.

В п.4.9 /1/ приведены нормы проектирования профиля на участках распространения подвижных песков, см. /2, с.123, 209, 210/.

В пунктах 4.12 и 4.14 СТН /1/ изложены требования проектирования профиля по условиям предохранения ж.-д. линии от размыва и затопления, см. /2, с.119, 120, 263, формула (7.84)/.

1.3. НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛАНА ПУТИ НА ПЕРЕГОНАХ

Из пункта 4.19 и таблицы 5 СТН /1, с.33-35/ Вам следует выписать значения радиусов *круговых кривых*⁹, которые Вы будете применять при проектировании планов вариантов трассы новой ж.-д. линии. При проектировании плана трассы старайтесь применять кривые больших

– обеспечения комфортных условий езды пассажиров (нормальное ускорение не должно превышать $0,4 \text{ м/с}^2$).

⁸ Тангенс вертикальной кривой T_v , м – расстояние от точки перелома профиля до начала или конца вертикальной кривой. См. /2, п.4.3, рис.4.7/.

⁹ В сложных природных условиях при проектировании плана трассы ж.-д. линии применяют круговые кривые – для обхода различных препятствий и лучшего «вписывания» в рельеф местности (уменьшения объемов строительных работ). Круговые кривые имеют постоянный радиус, который измеряется в метрах.

радиусов, и только в трудных условиях и в особотрудных условиях при технико-экономическом обосновании¹⁰ Вы можете вписывать кривые малых радиусов¹¹.

В пункте 4.23 СТН /1/ изложены нормы проектирования *переходных кривых*¹². В таблице 6 /1, с. 39-40/ приведены длины переходных кривых для ж.-д. линий: особогрузонапряженных, III и IV категорий, т.е. для линий со скоростями движения пассажирских поездов $V_{\max} \leq 120 \text{ км/ч}$ (в приложении 1 пособия мы приводим эту таблицу). Однако, если категория Вашей линии: скоростная ($V_{\max} \leq 200$

¹⁰ Под трудными условиями в проектировании железных дорог понимают сложные топографические, инженерно-геологические, планировочные и другие местные условия, когда применение основных норм проектирования вызывает значительное увеличение объема и стоимости строительного-монтажных работ. Под особотрудными условиями понимают условия, которые исключают или технико-экономически не оправдывают применение основных или допускаемых для трудных условий норм. Под технико-экономическим обоснованием понимают расчеты сравнительной экономической эффективности капитальных вложений по минимуму приведенных строительных и эксплуатационных затрат с учетом отдаленности их во времени /1, с. 12, 20/.

¹¹ *Круговые кривые малых радиусов* ($R < 1200 \text{ м}$) имеют ряд недостатков /2, п.4.4, рис.4.9 – 4.11/, поэтому их применение должно быть обосновано в проекте. Напоминаем! – Вы проектируете трассу ж.-д. линии – одну из самых важных подсистем 1-го порядка сложной технической системы «железная дорога». Переустройство плана и профиля трассы (они взаимосвязаны, ведь трасса – это пространственная линия) – чрезвычайно дорого и трудоемко. Принимая решения по плану трассы (выбирая радиусы круговых кривых) – Вы «решаете судьбу» железной дороги на долгие годы (большое число экономических показателей работы дороги зависит от допускаемых скоростей движения поездов, которые, в свою очередь, зависят от величин радиусов круговых кривых).

¹² Переходные кривые на железных дорогах РФ применяют для:

- плавного изменения кривизны пути (по радиальной спирали);
- отвода возвышения наружного рельса в кривой (прямолинейный отвод);
- для постепенного изменения ширины колеи (в кривых $R < 350 \text{ м}$). См. /2, п.4.5, рис. 4.12/.

Длина переходной кривой определяется в зависимости от возвышения наружного рельса и допускаемой скорости подъема колеса по отводу возвышения ($dh/dt \leq 28 \text{ мм/с}$, в трудных условиях $\leq 35 \text{ мм/с}$). При этом уклон отвода возвышения не должен превышать при скоростях движения до 120 км/ч - 1‰ (2‰ – в трудных условиях, 3‰ – на подъездных путях), а при скоростях свыше 120 км/ч – 0,67‰. См. /3, п.1.2.6. с. 50 – 57/.

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

км/ч) или I, II ($V_{\max} \leq 160$ км/ч), то Вам следует воспользоваться таблицей 1.1 настоящего пособия, которая рассчитана нами в соответствии с /1, п.4.23/, /2, п.4.4, 4.5/ и /3, п.1.2.6/¹³.

Длины переходных кривых на проектируемых ж.-д. линиях должны быть кратны 10 м. Длина переходной кривой должна быть не менее 20 м.

Когда переходная кривая устраивается при сопряжении двух круговых кривых разных радиусов, направленных в одну сторону, тогда длину переходной кривой следует определять в зависимости от разности возвышения наружного рельса и разности кривизны пути у сопрягаемых кривых. В этом случае длина переходной кривой должна быть не менее 30 м.

Сделаем небольшое отступление. Длины переходных кривых Вы определяете по таблице 6 СТН /1/ или по таблице 1.1 пособия. Но Вы нигде на карте при проектировании плана трассы не вписываете переходные кривые, Вы лишь *указываете* внутри каждой вписанной круговой кривой *длины переходных кривых*, например, *1 – 100*. Так же и при проектировании продольного профиля - Вы чертите в графе

¹³ Удельный вес различных категорий поездов в общем тоннаже для расчетов средневзвешенной квадратической скорости – принят усредненно. Значения средневзвешенной квадратической скорости приняты следующими (по зонам скоростей): для скоростных линий – 200, 170 и 140 км/ч; для I и II категорий – 100, 80 и 60 км/ч. Если на проектируемой Вами ж.-д. линии среднеквадратические скорости отличаются от использованных нами в расчете, то Вам следует произвести перерасчет длин переходных кривых. Кроме того, напоминаем, что в таблице 3.1. учебного пособия, так же как и в таблице 6 СТН /1/ приведены значения длин переходных кривых, рассчитанные в зависимости от средневзвешенной квадратической скорости, *намечаемой на десятый год эксплуатации* в месте расположения кривой. Поэтому, если Вам потребуется определить величину переходной кривой на существующей железной дороге, то для расчета возвышения наружного рельса необходимо применить разработанную ВНИИЖТом и Департаментом пути и сооружений МПС РФ методику /4/, в которой рассчитывается *приведенная скорость реального поездотока* на основании обработки скоростемерных лент (по 5 лент в месяц в течение 6 месяцев).

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

“Прямые и кривые в плане” только круговые кривые, но, опять же, внутри круговых кривых *обязательно указываете длины переходных кривых*.

Таблица 1.1

Длины переходных кривых на железных дорогах РФ скоростных, I и II категорий

Радиус круговой кривой R, м	Длина переходных кривых L, м на железных дорогах РФ					
	скоростные			I и II категорий		
	Зоны скоростей движения поездов					
	1	2	3	1	2	3
4000	300 – 240	220 – 180	150 – 120	60 – 50	40 – 30	30
3000	300 – 240	290 – 230	200 – 160	80 – 70	60 – 50	30
2500	300 – 240	300 – 240	240 – 190	100 – 80	70 – 60	40 – 30
2000	300 – 240	300 – 240	300 – 240	120 – 100	80 – 70	40 – 30
1800	290 – 230	290 – 230	290 – 230	140 – 120	80 – 70	50 – 40
1500	260 – 210	260 – 210	260 – 210	160 – 130	100 – 80	60 – 50
1200	240 – 200	240 – 200	240 – 200	190 – 160	120 – 100	70 – 60
1000	230 – 190	230 – 190	230 – 190	230 – 190	150 – 120	70 – 60
800	230 – 190	230 – 190	230 – 190	230 – 190	130 – 110	70 – 60
700	-	-	-	230 – 190	130 – 110	70 – 60
600	-	-	-	170 – 140	150 – 120	80 – 70
500	-	-	-	160 – 130	160 – 130	90 – 80
400	-	-	-	150 – 120	150 – 120	120 – 100
350	-	-	-	-	-	130 – 110
300	-	-	-	-	-	150 – 120

Примечания к таблице 1.1:

- В случаях, когда на особогрузонапряженных линиях предусматривается максимальная скорость движения пассажирских поездов свыше 120 км/ч, длины переходных кривых на указанных линиях следует определять, как для линий I категории.

1. При двух значениях длин переходных кривых меньшие значения допускается применять только в трудных условиях.
2. Деление участков на зоны скоростей движения поездов следует производить в зависимости от конфигурации продольного профиля:
 - 1-я зона скоростей – углубления продольного профиля и примыкающие к ним участки, а также другие участки, проходимые грузовыми поездами в обоих направлениях с максимальными или близкими к ним скоростями;
 - 2-я зона скоростей – горизонтальные площадки и уклоны, на которых величина средневзвешенной квадратической скорости близка к средним значениям скоростей движения грузовых поездов;
 - 3-я зона скоростей – возвышения продольного профиля и примыкающие к ним участки затяжных подъемов, проходимые грузовыми поездами в обоих направлениях со скоростями, близкими к расчетной скорости на руководящем подъеме.

В пункте 4.24 СТН /1, с. 41/ приведены длины **прямых вставок**¹⁴ (минимально допустимые) между начальными точками переходных

¹⁴ Прямые вставки устраивают для обеспечения затухания поперечных колебаний экипажа (вагона, платформы, цистерны и т.д.), возникающих при движении по переходным кривым (вследствие отвода возвышения наружного рельса происходит поворот экипажа вокруг его продольной оси). Длина прямой вставки определяется из условий затухания поперечных колебаний экипажа и зависит прямо пропорционально от величины максимальной допускаемой скорости движения поезда по кривой, поэтому на дорогах высоких категорий требуются более длинные прямые вставки. Кроме того, длина прямой вставки зависит от того - как направлены смежные зависимые кривые – в одну сторону или в разные (обратные кривые). Внимательно изучите /2, п.4.6, рис.4.13,4.15/. Обязательно уясните разницу между **реальной прямой вставкой d** (между начальными точками переходных кривых) и **фиктивной прямой вставкой b** (между конечными точками несдвинутых круговых кривых), см. /2, рис.4.15/.

кривых (для **зависимых смежных кривых**¹⁵, расположенных на расстоянии одна от другой меньшем длины **участка стабилизации**¹⁶). Вам следует выписать значения минимально допустимых прямых вставок для своей категории проектируемой линии.

1.4. НОРМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ. НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ И ПЛАНА ПУТЕЙ НА РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТАХ

В пунктах 4.33 и 4.34 СТН /1/ изложены требования к размещению осей раздельных пунктов с путевым развитием¹⁷. Вы должны понимать, что при проектировании новых ж.-д. линий оси раздельных пунктов размещают, исходя из требования обеспечения пропускной способности (расчетной или потребной) на расчетный – десятый год эксплуатации, а не через равное расстояние. Здесь определяющим является равное «расстояние по времени», то, что называется – «идентичностью перегонов по времени хода расчетного поезда», см. /2, п.5.6, с.146 – 147/.

¹⁵ **Смежные кривые** – это кривые, расположенные одна за другой (рядом). **Зависимыми** называются смежные кривые, одна из которых оказывает влияние на условия движения поезда по другой. Зависимыми являются:

- кривые, расположенные одна от другой на расстоянии, меньшем длины участка стабилизации – **зависимые по затуханию поперечных колебаний**;
- кривые, прямая вставка между которыми короче участка пути, необходимого для разгона (торможения) после (перед) смежной кривой – **зависимые по режимам движения поезда**.

¹⁶ Участки пути, на которых происходит затухание поперечных колебаний, вызванных движением экипажа по переходным кривым, называются **участками стабилизации (прямыми вставками)**. Длина прямых вставок изменяется в широких пределах: от 30 м (IV категория) до 300 м (высокоскоростные специализированные магистрали).

¹⁷ Путевое развитие – дополнительные (кроме главного) пути на раздельных пунктах – станционные и специальные, см. /2, п.5.3/.

В пункте 4.37 СТН /1, с.46/ изложены требования к продольному профилю **площадок отдельных пунктов**¹⁸ с путевым развитием. В курсовом проекте Вы столкнетесь с проектированием продольного профиля промежуточной станции А и разъездов (если потребуются по времени хода).

На прямо-отправочных путях промежуточной станции А **возможно производство маневров и отцепка локомотивов или вагонов** от составов (т.е. возможен случай нахождения отдельно стоящего временно незакрепленного экипажа), поэтому продольный профиль путей промежуточной станции А следует проектировать в виде **трехэлементного профиля**¹⁹ вогнутого ямообразного очертания с одинаковыми отметками по концам полезной длины путей. Об этом обязательно следует упомянуть в разделе проекта, посвященном размещению отдельных пунктов, но на схематическом продольном профиле **следует запроектировать площадку 0 ‰**, потому что в курсовом проекте *Вы не проектируете подробный профиль станции*).

На разъездах, при расположении их в легких топографических условиях следует проектировать **трехэлементный профиль** путей. Но в курсовом проекте Вам следует на разъездах проектировать площадку 0‰, потому что Вы не выполняете подробного проектирования схемы, плана и профиля разъезда.

¹⁸ Участок продольного профиля, на котором расположен отдельный пункт с путевым развитием, хотя и может располагаться на уклоне, но условно называется **площадкой отдельного пункта**.

¹⁹ **Трехэлементный профиль** вогнутого очертания проектируется на тех путях отдельных пунктов, где возможно производство маневров. Такой профиль позволяет предотвратить самопроизвольный (под воздействием неблагоприятных условий: сильный ветер под углом менее 30° к оси пути, толчок при производстве маневров и др.) уход незакрепленных вагонов со станционных путей. См. /2, с.160, рис.5.23/, /5, с.199, рис. 4.31, табл. 4.5/, а также п.1.2 приложения 2 части 2 пособия.

В трудных топографических условиях в пределах всех путей проектируемых **разъездов** (главных и прямо-отправочных)²⁰ **Вы можете назначить** в курсовом проекте **недопустимость маневровых операций** (обязательно упомянув об этом в пояснительной записке). Тогда продольный профиль таких разъездов может быть запроектирован уклонами (см. ниже).

Таким образом, при проектировании продольного профиля станции А и разъездов, Вам **следует стремиться обеспечить их расположение на площадке**, т.е. **на уклоне 0 ‰**²¹ (в отдельных случаях – на уклонах не круче 1,5 ‰, в трудных условиях – не круче 2,5 ‰, в особотрудных условиях, при технико-экономическом обосновании, разъезды и промежуточную станцию А, **если она запроектирована по полупродольной или продольной схеме**, допускается располагать на уклоне **не круче 10 ‰**).

Всегда при расположении отдельного пункта на уклонах круче 2,5 ‰ следует выполнять **две проверки**²²: 1) по условию удержания

²⁰ Разъезд на однопутной линии устраивается для скрещения поездов и обгона поездов.

²¹ Если Вы на данном этапе запроектируете на отдельных пунктах **площадки 0 ‰**, то это будет наилучшим решением. Если бы затем Вы проектировали схему отдельного пункта и его подробный профиль, то Вы смогли бы выполнить проектирование **трехэлементного профиля** путей, подбирая **k** – коэффициент “вогнутости” и **i** – крутизну против уклонов по концам пути, ‰, стараясь обеспечить минимум земляных работ на отдельном пункте, см. /2, с.160 – 161/. Но в курсовом проекте подробный профиль отдельных пунктов Вы не проектируете.

²² Расчеты, выполненные в работе /6/ при электрической и тепловозной тяге для различных типов локомотивов, определили допустимые значения уклонов: $i_{\text{троег}} ‰$ – **уклон, допустимый на отдельном пункте по условию трогания с места** грузового поезда установленной массы (при трогании поезда после стоянки возникает дополнительное сопротивление движению, в частности, – из-за заустевания смазки в подшипниках) и $i_{\text{торм}} ‰$ – **уклон, допустимый на отдельном пункте по условию удержания поезда установленной массы вспомогательными тормозами локомотива** (когда отпускаются тормоза состава вагонов – перед троганием, во время зарядки тормозной системы поезда – весь поезд удерживается на уклоне только вспомогательными тормозами локомотива,

поездов установленной и перспективной (в курсовом проекте не определяется) массы вспомогательными тормозами локомотива; 2) по условию трогания с места грузового поезда *установленной массы*²³.

Здесь следует сделать *важное замечание!*

Вы проектируете план и продольный профиль железной дороги. Это очень ответственный этап, потому что от принятых Вами решений зависят не только строительные и эксплуатационные показатели трассы, но и безопасность движения поездов по проектируемой линии. Если Вы правильно применяете нормы проектирования /1/, то казалось бы – не стоит об этом и беспокоиться. Но это не так! Дело в том, что в процессе эксплуатации железнодорожной линии *могут возникнуть экстремальные ситуации*, в результате которых дорога терпит большие убытки и даже возможны человеческие жертвы. Долг проектировщика – максимально *снизить вероятность возникновения подобных ситуаций*. Поэтому всегда сравнивайте несколько вариантов

подробнее смотри приложение 2 пособия, пункт 1.1). На рис.5.22 /2/, с.160/ представлен график, по которому Вы можете определить уклон, на котором можно разместить отдельный пункт с остановкой. По этому графику Вам необходимо выбрать – **наименьший из трех уклонов: $i_{\text{трог}}$, ‰, $i_{\text{торм}}$, ‰ и $i_{\text{точ}}$, ‰ ($i_{\text{точ}} = 10$ ‰ – обеспечивает точную остановку поезда, следующего на спуск, в пределах полезной длины приемо-отправочных путей).** Если отдельный пункт расположен на кривой, то из значения $i_{\text{тр}}$, ‰, необходимо вычесть $i_{\text{эк}}$, ‰, - уклон, эквивалентный дополнительному сопротивлению от кривой. Подробнее о размещении отдельных пунктов на уклонах – см. часть 4 пособия, там же приведены формулы, которыми можно воспользоваться вместо графика, приведенного на рис.5.22 /2/. Особо следует сказать о стрелочных горловинах – старый СНиП /7, п.2.38, с.15/ рекомендовал «стрелочные горловины... располагать на уклонах не круче руководящего или наибольшего уклона кратной тяги, *уменьшенных на 2 ‰*, а в особо трудных условиях при соответствующем обосновании в проекте – и на руководящем уклоне или уклоне кратной тяги» (ограничение по уклону возможно вызвано тем, что в пределах стрелок машинистам запрещается подсыпать песок, следовательно, тяга локомотива при его движении в сторону подъема – несколько снижается).

²³ Под *установленной массой* в курсовом проекте понимают максимальную массу брутто состава грузового поезда, определенную в первом разделе проекта (ее же называют *весовой нормой поезда*)

проектных решений, выбирая не только самый экономичный, но и самый потенциально безопасный вариант. Не применяйте *допускаемые нормы* (переломов профиля, радиусов круговых кривых, длин переходных кривых и прямых вставок, расположение отдельных пунктов на уклонах и др.), если есть возможность использовать *рекомендуемые нормы*, которые обеспечат *большой запас надежности*. Внимательно прочитайте приложение 2 настоящего пособия (часть 2) с тем, чтобы навсегда запомнить – *инженер проектирует не просто трассу, он проектирует судьбу дороги*.

В пункте 4.38 и таблице 8 СТН /1/ приведены длины станционных площадок $L_{\text{пл}}$, м. Вам следует выписать свои значения (если проектируемая Вами линия однопутная, то выпишите длину промежуточной станции А и разъездов (может быть разъезды потом и не понадобятся, это зависит от времени хода, см. часть 4 пособия; если проектируемая линия двухпутная, то выпишите длины промежуточной станции А и обгонных пунктов). Какую выбрать *схему расположения приемо-отправочных путей*? Для того чтобы разобраться в этом вопросе, внимательно изучите /2, п.5.8, рис. 5.16 – 5.19/. Общая рекомендация такова – желательно (по условиям последующей эксплуатации и возможного переустройства железнодорожной линии) применять продольную схему расположения путей, в стесненных условиях – полупродольную схему. Однако в трудных и особо трудных условиях (топографических, инженерно-геологических, ситуационных и других)²⁴ можно применять поперечную схему. Для линий IV категории

²⁴ В курсовом проекте сложности могут возникнуть, в основном, по топографическим условиям и здесь для обоснования принятых решений Вам пригодится определенная ранее в разделе 2 проекта категория сложности рельефа (при III и IV категориях сложности Вы обоснованно можете применить полупродольную или даже поперечную схему отдельных пунктов).

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

всегда принимают поперечную схему путей, т.к. она требует меньшей длины площадки раздельного пункта и меньшую протяженность защиты от снежных и песчаных заносов, а следовательно, уменьшает первоначальные капиталовложения в постройку линии такой низкой категории (с небольшими объемами перевозок).

Обязательно прочитайте примечания 1 и 2 к таблице 8 СТН /1/.

В примечании 1 говорится о необходимости увеличения *длины площадки раздельного пункта*, принятой по табл.8, $L_{пл}$, м, на величину тангенсов вертикальных кривых T_v , м (тангенсы могут быть различными – с противоположных сторон площадки; они могут быть равными - если переломы профиля на концах площадки одинаковы; их может вообще не быть – если величина переломов профиля Δi , ‰ менее определенной величины, см. /1, п.4.5/) - для того чтобы избежать расположения стрелочных переводов (горловин раздельных пунктов) на вертикальных кривых, см. /2, с. 157, рис. 5.20/. Этому вопросу уделено внимание ниже, где разбирается пункт 4.50 СТН и в части 3 учебного пособия.

В примечании 2 речь идет о том, что, если полезная длина приемо-отправочных путей какого-либо из вариантов проектируемой Вами линии больше или меньше 1050 м, то следует произвести корректировку $L_{пл}$, м, выписанной из таблицы 8 СТН /1/, т.к. в ней все значения приведены при $l_{но} = 1050$ м.

В пункте 4.40 СТН /1/ (во втором абзаце) изложены требования к продольному профилю площадки раздельного пункта и участка выхода в сторону затяжного подъема с ограничивающим уклоном (руководящим уклоном или уклоном кратной тяги) при использовании *электровозов постоянного тока* (в курсовом проекте ВЛ10, ВЛ11, ВЛ82). Смысл требования заключается в том, что разгон грузового

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

поезда установленной массы до скорости v_p , км/ч (расчетной скорости локомотива) для электровозов постоянного тока на ограничивающем уклоне не допускается из-за быстрого перегрева пусковых резисторов. Поэтому, если Вы проектируете железнодорожную линию с *электрической тягой на постоянном токе*, следует проверить длину разгонного участка по формуле из работы /2, с. 158, формула (5.5), см. комментарий к ней/:

$$L_{разг} = 4,17 \cdot v_p^2 / (1,1 \cdot i_{огр} - i_{ср}), \quad (1.1)$$

где $L_{разг}$ - длина разгонного участка, т.е. минимально необходимого расстояния от оси раздельного пункта до точки начала ограничивающего уклона на подъеме, м ;

v_p - расчетная скорость локомотива, км/ч, для применяемых в курсовом проекте электровозов следует принять:

для ВЛ10 и ВЛ11 - $v_p = 46,7$ км/ч ,

для ВЛ82 - $v_p = 51,0$ км/ч ;

$i_{огр}$ - ограничивающий уклон, (i_p – руководящий, или $i_{кр}$ – кратной тяги), ‰ ;

$i_{ср}$ - средний приведенный уклон на участке разгона (от оси раздельного пункта до точки начала ограничивающего уклона на подъеме), ‰ .

Если рассчитанная по формуле (3.1) минимальная длина участка разгона превышает запроектированное Вами расстояние, то необходимо: либо увеличить длину участка разгона на проектируемом профиле, либо уменьшить крутизну уклона, на котором происходит разгон, т.е. уклона

i_{cp} , ‰ (данное решение более предпочтительно, при условии, что уположение i_{cp} Вы предпримете за счет уменьшения уклона собственно раздельного пункта, если он был расположен на уклоне).

В пункте 4.50 СТН /1/ изложено требование – *располагать стрелочные переводы вне пределов вертикальной кривой*²⁵.

Так как стрелочные переводы являются очень ответственным элементом пути, то к проектированию плана и продольного профиля трассы в пределах стрелочных переводов предъявляются очень жесткие требования (и нормативы содержания стрелочных переводов установлены более строгие, чем на примыкающих путях)²⁶.

²⁵ Поверхность катания всех рельсов, остряков и крестовины на стрелочных переводах располагают в одном уровне. В зоне перекаtywания колес с усовика на сердечник усовики имеют повышение, в острие сердечника – понижение относительно этого уровня. Отклонения по уровню на стрелочных переводах установлены ± 4 мм с отводом не круче 1 мм на 1 м (1‰) на главных путях, а при скоростях более 120 км/ч – отвод не более 1 мм на 1,5 м (0,67‰); на станционных и подъездных путях – уклоны отвода от 1‰ до 3‰. /8, с.20-21/. Поэтому крайне нежелательно располагать стрелочные переводы в пределах вертикальных кривых (у них биссектрисы свыше 10 мм), т. к. выполнить плавное изменение кривизны всех частей стрелочного перевода (остряков с рамными рельсами и переводным механизмом, рельсов *переводной кривой*, усовиков, крестовины с контррельсами и т.д.) – за счет подбивки на балласт - в пределах запроектированной «на бумаге» вертикальной кривой (длиной 20 – 80 м), скорее всего, не удастся, и следовательно, вместо плавной вертикальной кривой в натуре будет – перелом профиля, что чревато саморасцепом автосцепок смежных вагонов (для предотвращения саморасцепа как раз и должна быть устроена плавная вертикальная кривая, см. /2, с.104, рис.4.8/) – понятно, к чему это может привести на стрелочном переводе (да еще расположенном в горловине станции – см. требование, изложенное в примечании 1 к таблице 8 пункта 4.38 СТН /1/).

²⁶ Стрелочные переводы подвергаются большим динамическим воздействиям колес подвижного состава, т.к. колеса по ним проходят ряд неровностей: в местах перекаtywания с рамного рельса на остряк (или обратно), с усовика на сердечник крестовины (или обратно). При движении колесных пар на боковой путь, в направлении от рамных рельсов к крестовине («против шерсти»), колесная пара ударяет гребнем в боковую рабочую грань криволинейного остряка, при движении обратно («по шерсти») возможен удар гребня колеса под некоторым углом в рамный рельс. Каждый проход колеса с рамного рельса на остряк (и обратно) сопровождается вертикальными перемещениями колеса, т.е. колесо как бы преодолевает вертикальную неровность. При перекаtywании колеса с усовиков на сердечник крестовины (или в обратном направлении) из-за качения его по

Естественно, *чтобы не допустить трудностей в эксплуатации проектируемой линии, надо хорошенько потрудиться при ее проектировании* (это замечание отражает тот факт, что в трудных топографических условиях в курсовом проекте бывает очень непросто разместить раздельные пункты с путевым развитием: станции, разъезды, обгонные пункты – удовлетворив все требования СТН).

В пункте 4.51 СТН /1/ изложены требования по размещению раздельных пунктов в плане. Конечно, наилучший вариант – прямая.²⁷

В пункте 4.53 СТН /1/ поясняется – как должны быть направлены кривые (в одну сторону или в разные) в случае расположения раздельного пункта на двух и более кривых (что допускается, конечно, только в трудных условиях), см. также /2, с. 158, рис. 5.21/.

В пункте 4.54 изложено требование – на главных путях *размещать стрелочные переводы только на прямых участках*

различным фактическим кругам катания, а также в результате износа колеса и крестовины, колесо совершает вертикальные перемещения. Быстрые перемещения колеса приводят к возникновению вертикальных и горизонтальных сил инерции колесной пары и удару колес по сердечнику или усовику /9, с.57-58/. Кроме того, на переводной кривой (чаще всего) отсутствует возвышение наружного рельса (следовательно, при движении экипажа по переводной кривой радиуса 300 м (для одиночного обыкновенного стрелочного перевода марки 1/11, Р65 с подуклонкой) или 600 м (для симметричного стрелочного перевода марки 1/11, Р65) возникает положительное непогашенное центробежное ускорение, m/c^2).

²⁷ При расположении станционных путей на кривых возникает целый ряд эксплуатационных недостатков, см. /2, с. 158/. Кроме того, хотя на главных и приемо-отправочных путях станций, расположенных в кривых, и устраивают возвышение наружного рельса (устанавливая его в зависимости от скоростей движения поездов и требований, изложенных в указаниях по применению габаритов приближения строений), но величина его ограничивается - не более 75 мм (а следовательно, ограничивается и максимальная скорость движения поездов, что крайне нежелательно); к тому же, при ответвлении бокового пути наружу кривой (что встречается довольно часто) устройство возвышения наружного рельса главного пути допускается только с разрешения начальника дороги (скорость движения на боковой путь определяется расчетом), см. /10, с.37/.

*пути*²⁸. Даже, если главные пути раздельного пункта расположены на кривой, стрелочные переводы все равно проектируют на прямых участках пути, а переходные кривые и прямые вставки между кривыми в таком случае проектируют по нормам, предусмотренным для перегонов.

1.5. НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ НОВЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Железная дорога как *сложная техническая система* (СТС) состоит из девяти подсистем первого порядка²⁹ /2, п.1.3/.

²⁸ Допустимые скорости движения по стрелочным переводам зависят от типа стрелочного перевода, марки крестовины и направления движения (например, для обыкновенного стрелочного перевода типа Р65 марки 1/11 допустимая скорость по прямому направлению – 120 км/ч, по боковому – 40 км/ч). При установлении допустимых скоростей учитывают также фактическое состояние перевода, общий пропущенный тоннаж, состояние переводных брусьев и балластного слоя, наличие седловин и выкрашиваний на поверхности катания крестовин. Возвышение упорной нити переводной кривой на стрелочных переводах не делают, определяя допустимую скорость по переводной кривой по формуле $V_{\max} = 3 \cdot \sqrt{R_c}$, где R_c – радиус переводной кривой стрелочного перевода, м /8, с.23/. Только в случаях укладки переводов на кривых с односторонней кривизной обоих путей (применяется в трудных условиях на переустраиваемых станциях, радиус кривой не менее 600 м – по условиям укладки перевода) допускается возвышение наружного рельса переводной кривой, но не более 75 мм /9, с.82/. В *закрестовинных кривых* возвышение наружного рельса и его отводы устраивают при скоростях движения поездов более 25 км/ч /10, с.37/. Радиусы закрестовинных кривых должны быть не менее радиуса переводной кривой стрелочного перевода.

²⁹ Первой *подсистемой 1-го порядка* является *трасса* – продольная ось железнодорожного пути на уровне бровок основной площадки земляного полотна, определяющая пространственное положение всей СТС «Железная дорога» и взаимное расположение отдельных ее подсистем. Проектирование трассы – очень ответственный этап в проектировании всей системы. Этому вопросу посвящены предыдущие пункты раздела, а также часть 3 пособия.

В разделах 5, 6, 8, 9, 11 СТН /1/ изложены основные нормы проектирования несущих конструкций новых железных дорог (земляного полотна, верхнего строения пути, мостов и труб, тоннелей, пересечений с другими путями сообщения). В разделе 10 СТН /1/ изложены нормы проектирования станций и узлов.

В данном пункте пособия мы приводим комментарии и пояснения к некоторым пунктам названных разделов СТН, чтобы их конспектирование и изучение было понятным и полезным для Вас.

*Земляное полотно*³⁰ – одна из важнейших подсистем 3-го порядка, относящаяся к труднопереустраиваемым (постоянным) и капиталоемким³¹ подсистемам.

Второй подсистемой 1-го порядка являются *несущие конструкции*, которые, в свою очередь, состоят из двух *подсистем 2-го порядка*: нижнее строение пути и верхнее строение пути.

Нижнее строение пути – состоит из двух *подсистем 3-го порядка*: земляного полотна и искусственных сооружений.

Верхнее строение пути состоит из трех подсистем 3-го порядка: рельсов, рельсовых креплений и подрельсового основания (в частности, шпал и балласта).

³⁰ Земляное полотно – это инженерное сооружение, выполненное из грунта и основанное на грунте. Оно бывает в виде насыпей, выемок и нулевых мест. На косогорах встречаются также полунасыпи, полувыемки и полунасыпи-полувыемки, у которых основная площадка образована частично подсыпкой, частично врезкой в грунт земной поверхности. *Поперечным профилем* земляного полотна называется сечение, перпендикулярное его продольной оси. Земляное полотно должно быть прочным, устойчивым и долговечным, требующим минимума расходов на его устройство, содержание и ремонт и обеспечивающим возможность широкой механизации работ. Поверхность земляного полотна и полосы отвода должна быть спланирована так, чтобы вода нигде не застаивалась, а имела бы свободный и быстрый отток от земляного полотна в стороны или в специальные водоотводные устройства. Если это условие где-нибудь нарушится, то земляное полотно в этом месте неизбежно подвергнется деформации, которая может создать угрозу безопасности движения поездов. Различают поперечные профили земляного полотна: типовые – нормальные (обычные) и специальные (региональные), индивидуальные и групповые, см. /3, с.342-349, рис.2.1.2 – 2.1.8/.

³¹ Например, в слагаемых средней сметной стоимости 1 км однопутной электрифицированной железной дороги земляное полотно составляет около 18 % /2, табл.9.25, с.331/; в основных фондах путевого хозяйства стоимость земляного полотна составляет 29 % /3, с.342/.

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

В пункте 5.8 СТН /1/ в таблице 9 приведены значения **ширины основной площадки земляного полотна** новых железных дорог (на прямых участках пути в пределах перегонов) в зависимости от вида грунтов, из которых сооружается земляное полотно. Так как в пункте 5.14 СТН /1/ записано требование – для земляного полотна из глинистых (недренирующих) грунтов всех видов (кроме супесей, содержащих песчаных частиц размером от 2 до 0,05 мм в количестве более 50 % по массе, т.е. **крупных супесей** /11, с.58, табл.26/) следует предусматривать усиление конструкции в зоне основной площадки путем устройства защитного слоя из дренирующего грунта в комбинации с геотекстилем – то для определения ширины основной площадки Вы можете воспользоваться приведенной ниже таблицей 1.2.

Для того, чтобы Вам были понятны термины, применяемые в таблице 1.2, мы ниже приводим краткие пояснения.

Скальные грунты подразделяются на слабовыветривающиеся, выветривающиеся и легковыветривающиеся. К нескальным относятся крупнообломочные, песчаные, **глинистые** (супеси, суглинки и глины – в зависимости от числа пластичности) и биогенные (сапропели, торфы и др.) /3, с. 342 - 343/.

К **дренирующим** по условиям работы земляного полотна следует относить грунты, имеющие при максимальной плотности по стандартному уплотнению коэффициент фильтрации не менее 0,5 м/сут и содержание в гранулометрическом составе не более 10 % частиц размером менее 0,1 мм. Допускается с согласия заказчика при соответствующем технико-экономическом обосновании применять в качестве дренирующего грунта пески мелкие и пылеватые с коэффициентом фильтрации не менее 0,5 м/сут /1, с.63/.

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

Если в **крупнообломочных грунтах** имеется значительное количество мелкого заполнителя – песчаного (по массе более 40 %) или глинистого (свыше 30 % по массе), то наименование крупнообломочного грунта дополняется наименованием его заполнителя, см. /3, с.343/, а также прил.1 части 1 пособия пункт 11 задания на проектирование.

Основная площадка – верхняя поверхность земляного полотна, на которой размещается верхнее строение пути. Основная площадка характеризуется шириной и конструкцией. Основную площадку земляного полотна из глинистых грунтов, мелких и пылеватых песков на двухпутных линиях устраивают в виде двуската, гребень которого возвышается над уровнем бровок на 0,2 м (с учетом объема – трехгранная призма). На однопутных линиях для удобства укладки рабочего пути для подвоза балласта и отсыпки его на уже сооруженное земляное полотно верхней части земляного полотна придается трапециевидальная форма (в поперечном сечении – трапеция, а с учетом объема – четырехгранная призма). Часть земляного полотна, ограниченная горизонтальной поверхностью и плоскостями, проходящими через бровки основной площадки, называется **сливной призмой**. Ширина по верху сливной призмы на однопутных линиях – 2,30 м (при просадке шпал в грунт под рабочими поездами замкнутых, недренирующих вдавленностей в грунте - не образуется, т.к. длина деревянных шпал равна 2,75 м, а железобетонных - 2,70 м, т.е. концы шпал висят, отсюда название – «сливная призма» - для «слива», отвода воды), а высота сливной призмы на однопутных линиях – 0,15 м. См. /3, с.345-347, рис.2.1.2 – 2.1.7/, /15, п.4.4, рис. 4.3 – 4.5/, а также рис. 1.1 и 1.2 пособия.

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

Замечание от авторов пособия. Мы несколько видоизменили таблицу 9 СТН /1/ и представили ее в виде таблицы 1.2 (см. ниже) для того, чтобы облегчить Вам работу по определению ширины и конструкции земляного полотна в зависимости от типа грунтов, заданных в п.11 задания на проектирование (приложение 1 части 1 пособия).

Таблица 1.2

Ширина основной площадки земляного полотна на перегонах на прямых участках пути, м, при использовании грунтов

Категория железно-дорожной линии	Число путей	Недренирующие грунты:		Дренирующие грунты:	
		глинистые; крупнообломочные с глинистым заполнителем; скальные легковетривающиеся; пески недренирующие, мелкие и пылеватые		скальные слабоветривающиеся; крупнообломочные с песчаным заполнителем и пески дренирующие (кроме мелких и пылеватых)	
		глинистые грунты (кроме крупных супесей с содержанием песчаных частиц размером от 2 до 0,05 мм в количестве более 50 % по массе)		супеси крупные с содержанием песчаных частиц размером от 2 до 0,05 мм в количестве более 50 % по массе	
		с устройством защитного слоя	без устройства защитного слоя	без устройства защитного слоя	без устройства защитного слоя
		без сливной призмы	с устройством сливной призмы	с устройством сливной призмы	без сливной призмы
		с устройством двухслойной балластной призмы	с устройством двухслойной балластной призмы	с устройством двухслойной балластной призмы	с устройством однослойной балластной призмы
		в уровне проектной бровки	в уровне профильной бровки	в уровне проектной бровки	в уровне профильной бровки
1	2	3	4	5	6
Скор., особогр., I	2	11,3	11,7	11,7	10,7
I и II	1	7,2	7,6	7,6	6,6

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

III	1	6,9	7,3	7,3	6,4
IV	1	6,7	7,1	7,1	6,2

Пояснения к табл.1.2 (от авторов пособия):

- если в задании на курсовое проектирование заданы недренирующие грунты (кроме тяжелых супесей), Вам следует пользоваться: **графой 3** (если возможно морозное пучение грунтов – см. описание района проектирования) или **графой 4** (если не ожидается морозного пучения грунтов);
- если заданы грунты для сооружения земляного полотна – крупные супеси – то Вам необходимо пользоваться **графой 5**;
- если заданы дренирующие грунты – используйте **графу 6**.

Примечания к таблице 1.2:

1. **Защитный слой** рекомендуется проектировать в тех районах, где возможно вредное пучение грунтов³². Защитный слой, усиливающий верхнюю (наиболее тяжело нагружаемую) зону земляного полотна и защищающий основную площадку земляного полотна от вредного морозного пучения грунтов земляного полотна, устраивают из дренирующего грунта (песка, пескогравия, крупноглыбового скального материала с щебеночным или песчаным заполнителем – толщиной слоя до 120 см) с использованием геотекстиля (нетканого синтетического теплоизолирующего прочного материала: дорнита,

³² **Пучением грунтов** называется общее или местное поднятие земной поверхности в результате промерзания грунта и увеличения в объеме замерзающей в нем воды как первоначально задержавшейся, так и поступившей в процессе промерзания из более теплых слоев. Пучинистыми грунтами являются суглинки, глины, супеси (не все), мелкозернистые глинистые пески, (вообще говоря, пучатся все водонасыщенные грунты). Наиболее интенсивно пучатся пылеватые грунты. Пучины (пучинные неравномерности) и равномерное пучение (но приводящее при весеннем оттаивании грунта к резкому снижению его прочности, выплескам и разжижению грунта под поездами) объединяют общим термином – вредное пучение, см. /3, с.454-456, рис.2.4.18/. Потери от исправления пути на пучинах достигают значительной величины (из них: 60% - от снижения скорости, 20% - зарплата путейцев, 20% - пучинные материалы и замена шпал). Поэтому лечение пучинистых мест земляного полотна в процессе эксплуатации или применение защитного слоя при проектировании железнодорожной линии – экономически выгодно и технически целесообразно, см./10, п.3.7/.

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

терфила и др.) или без геотекстиля, подробнее см. /12, с.124 – 128, рис. 5.3 – 5.5, табл.5.6, 5.7/, /15, рис.4.5, с.181/.

2. **Проектная бровка** (при устройстве основной площадки земляного полотна - горизонтальной) превышает уровень **профильной бровки** (при наличии сливной призмы) на высоту, равную высоте сливной призмы плюс разность толщин балластного слоя на данном участке и на соседних участках земляного полотна из недренлирующих грунтов (где устраивается двухслойная **балластная призма**).

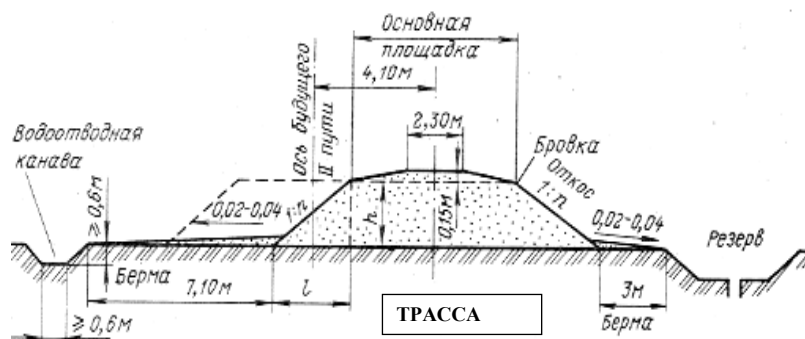


Рис. 1.1. Поперечный профиль насыпи однопутной линии, сооруженной из недренлирующих грунтов (защитный слой не показан)

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

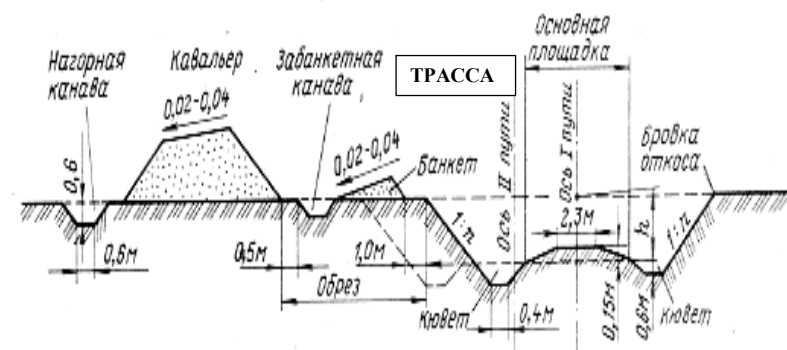


Рис. 1.2. Поперечный профиль выемки однопутной линии, сооруженной в недренлирующих грунтах (защитный слой не показан)

Внимательно прочитайте примечания к таблице 9 СТН /1/.

В примечании 2 изложено требование проектировать выемки глубиной более 6 м в скальных грунтах, а также располагаемые на крутых косогорах и на прижимах рек (крутые, обрывающиеся прямо в воду берега реки) независимо от высоты откосов на линиях **II категории и выше – сразу под два пути**, см./2, рис.6.15/. Тем самым учитывается сложность, трудоемкость сооружения выемки второго пути (в перечисленных выше условиях), а на линиях высоких категорий это неизбежно приведет к значительному удорожанию работ (из-за расходов, связанных с перерывами в движении поездов). Поэтому, даже если Вы проектируете однопутную линию высокой категории в сложных условиях – не забывайте это требование при расчете объемов земляных работ.

В примечаниях 3 и 4 к таблице 9 СТН /1/ требуют – учитывать возможные осадки земляного полотна (на слабых, сжимаемых основаниях, на вечномерзлых грунтах или подземных льдах и т.д.) и

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

заранее предусматривать (по расчету) уширение земляного полотна (так как выправка пути в профиле будет выполнена за счет подъёмки на балласт и при этом необходимо обеспечить минимальную *обочину земляного полотна* 0,5 м).

На кривых участках пути устраивается возвышение наружного рельса (за счет увеличения толщины балласта под упорной нитью) и в кривых радиусом менее 600 м уширяется *плечо балластной призмы* с наружной стороны, поэтому необходимо увеличить с наружной стороны и ширину земляного полотна (чтобы обеспечить минимальную обочину земляного полотна). Это требование изложено в пункте 5.10 СТН /1/.

В пункте 9.3 СТН /1/ предписывается уменьшать величину ограничивающего уклона $i_{огр}$ в тоннеле (если он более 300 м длиной) и на подходах к нему со стороны подъема на протяжении $l_{но}$, умножая $i_{огр}$ на коэффициенты смягчения, величина которых обосновывается расчетом и зависит от длины тоннеля³³. В курсовом проекте Вы можете воспользоваться коэффициентами смягчения, которые были приведены в старом СНИПе /7, табл.16, с. 32/ – смотрите таблицу 1.3.

Таблица 1.3

Длина тоннеля, км	Коэффициент уменьшения ограничивающего уклона в тоннеле
От 0,3 до 1	0,90
Свыше 1 до 3	0,85
Свыше 3	0,80 – 0,75 (по расчету в зависимости от длины тоннеля)

³³ В тоннелях большой длины (более 300 м) из-за недостаточной вентиляции на рельсах скапливается конденсат (влага) – в результате чего уменьшается коэффициент сцепления колес локомотива с рельсами и, следовательно, снижается сила тяги локомотива (как только он входит в тоннель), кроме того, в тоннеле несколько возрастает сопротивление воздушной среды. Поэтому необходимо

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

Обращение авторов пособия к студентам:

Мы хотим, чтобы Вы при изучении норм проектирования по СТН /1/ или по приложению 1 пособия всегда задавали себе вопросы: «Почему в нормы проектирования внесено это требование?», «Что произойдет, если нарушить это требование?», «Как повлияет принятое мной решение на последующую эксплуатацию построенного по моему проекту участка железнодорожной линии?». *Мы хотим, чтобы Вы задумывались над своим проектом.*

Поэтому далее в этом разделе мы не приводим комментарий к нормам проектирования, изложенным в СТН /1/, но зато в контрольных вопросах к данному разделу пособия спрашиваем Вас почти обо всех нормах.

1.6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАЗДЕЛУ

Во второй части пособия Вы познакомились с нормами проектирования новых железных дорог, приведенными в строительно-технических нормах МПС РФ СТН Ц-01-95 /1/. И не просто познакомились, но и выписали к себе в пояснительную записку все основные нормы, относящиеся к категории Вашей линии и длине приемо-отправочных путей, виду тяги и виду грунтов земляного полотна и т.д. – все, что касается проектируемой Вами новой железнодорожной линии.

Основной объем работы в курсовом проекте – это трассирование вариантов, т.е. проектирование плана и продольного профиля трассы новой железнодорожной линии «Станция А – направление Б». Поэтому

несколько уменьшить уклон в тоннеле и на подходах к нему, чтобы гарантировать бесперебойное движение поездов. См. /2, с.123/.

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

основное внимание при изучении норм проектирования было уделено именно нормам проектирования продольного профиля и плана трассы - раздел 4 СТН /1/.

Во введении к первой части учебного пособия мы написали: «В учебном пособии авторы постарались дать удобное для восприятия изложение правильной последовательности Вашей работы над курсовым проектом, ни в коей мере не пытаясь задавать полный алгоритм расчетов и действий, от которого нельзя было бы отступить». Но вся **сложность проектирования новых железных дорог** (как сложных технических систем) или даже только плана и профиля трассы линии как раз и **состоит в том, что невозможно дать полный строгий алгоритм последовательности необходимых действий**. Различие в топографических условиях, природных условиях района проектирования, многообразии возможных решений³⁴ (каждое из которых приемлемо в целом, но имеет свои особенности – в строительстве, в эксплуатации) – делает задачу строго неформализуемой.

Следовательно, в проектировании, как ни в каком другом деле, чрезвычайно ценно индивидуальное мастерство инженера, его опыт, накопленный за многие годы работы. Сделать идеальную трассу (по строительным, эксплуатационным, энергетическим, экономическим, экологическим и т.д. показателям) – очень сложно. Не менее сложно рассказать о том, как сделать хорошую трассу.

И здесь огромную роль играют **нормы проектирования**, потому что они предписывают – как следует поступать. **В нормах отражен**

³⁴ По многообразию возможных решений и сложности прогнозирования их последствий, по сильнейшему творческому поиску при простейших (казалось бы) исходных условиях **проектирование железных дорог сходно шахматам** – величайшей стратегической игре, придуманной человеком.

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

опыт поколений изыскателей, проектировщиков, строителей, путейцев и работников по эксплуатации железных дорог.

Таким образом, соблюдая нормы проектирования, Вы получаете приемлемую (по требованиям безопасности, плавности и бесперебойности движения поездов) трассу новой железнодорожной линии (экономически оптимальную трассу сложно получить без достаточного опыта проектирования) и, следовательно, получаете положительную оценку за выполненный курсовой проект.

Но если Вы нарушили нормы проектирования, то оправдать это нельзя ничем, соответственно и оценка будет неудовлетворительной (надеемся, что этого не произойдет). Выражение : «На ошибках – учатся» в данном случае не подходит.

1.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО РАЗДЕЛУ

1. Когда смягчается величина ограничивающих уклонов? См. /1, п.4.2, п.9.3/.
2. Как определяется алгебраическая разность сопрягаемых уклонов? См. /2, п.4.3/, /36, с.177 – 179/.
3. Для чего применяются разделительная площадка и элементы переходной крутизны? См. /2, п.4.3/.
4. Как определяются нормируемые величины Δi_n , % и l_n , м? См. /1, п.4.4/.
5. Где можно применять допускаемые нормы Δi_n и l_n ? См. /1, п.4.4/, /2, п.4.7/, /5, с. 208 – 209/.

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

6. Как изменяются ударные продольные силы в поезде с увеличением его массы, длины, скорости движения? См. /2, п.4.7, рис.4.18 – 4.20/.
7. Для чего применяют сопрягающие глобальные кривые в вертикальной плоскости? В каких пределах изменяются их радиусы? См. /2, п. 4.3, 4.7/.
8. Для чего применяют локальные вертикальные кривые (на локальных переломах профиля)? Каковы значения их радиусов (в зависимости от категории проектируемой линии)? См. /1, п.4.5/, /2, с. 104 – 105/.
9. Почему вертикальные кривые, устраиваемые на локальных переломах профиля, следует размещать за пределами переходных кривых? См. /1, п.4.5/, /2, п.4.9/.
- 10.Что такое тангенс вертикальной кривой? Как он определяется? См. /1, п.4.5/, /2, с. 104 – 105, формула (4.10)/.
- 11.Как следует проектировать продольный профиль в выемках? См. /1, п.4.7/, /2, с. 119 – 120, рис.4.24/.
- 12.Как следует проектировать продольный профиль в районах, подверженных снежным или песчаным заносам? См. /1, п. 4.8, 4.9/.
- 13.На какую высоту должна возвышаться бровка земляного полотна на подходах к малым мостам и трубам? См. /1, п.4.12/.
- 14.Для чего применяются круговые кривые в плане? Каких радиусов следует проектировать круговые кривые в плане? /1, п.4.19/, /2, п.4.4/.
- 15.Для чего устраивают переходные кривые? См. /2, п.4.5/.
- 16.Как определяют длины переходных кривых при проектировании новых железных дорог? См. /1, п. 4.23/.

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

- 17.Что такое «зоны скоростей движения поездов»? См. /1, п.4.23/.
- 18.От чего зависит длина переходной кривой?
- 19.Перечислите недостатки круговых кривых малого радиуса? См. /2, п.4.4/.
- 20.Какие кривые называют зависимыми? См. /2, п.4.6/.
- 21.Что такое «участок стабилизации»? См. /2, п.4.6/.
- 22.Между какими точками измеряется длина прямой вставки? См. /1, п.4.24/, /2, п.4.6, рис.4.15/.
- 23.Как определяется минимальная длина прямой вставки при проектировании новых железных дорог? См. /1, п.4.24/.
- 24.Что такое «идентичность перегонов по времени хода»?
- 25.Какие раздельные пункты с путевым развитием Вы знаете? См. /2, п.5.2/.
- 26.Какие раздельные пункты без путевого развития Вы знаете? См. /2, п.5.2/.
- 27.Что такое «площадка раздельного пункта»? См. /2, с. 156 – 157/.
- 28.Для чего проектируется трехэлементный продольный профиль на раздельных пунктах? См. /2, с. 160 – 161, рис. 5.23/.
- 29.Что такое «разъезд»? Что такое «обгонный пункт»?
- 30.На каких уклонах следует проектировать раздельный пункт с путевым развитием? См. /1, п. 4.37, 4.39/, /2, с. 159 – 161/.
- 31.Как определяется минимальная длина площадки раздельного пункта с путевым развитием? От чего она зависит? См. /1, п.4.38, табл. 8/, /2, с. 156 – 157, рис. 5.20/.
- 32.На каких уклонах следует располагать стрелочные переводы на главных и приемо-отправочных путях раздельных пунктов с путевым развитием?

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

33. Как следует располагать отдельные пункты с путевым развитием в плане?
34. Перечислите недостатки расположения отдельных пунктов с путевым развитием на кривых?
35. Если отдельный пункт с путевым развитием расположен на двух кривых, то как они должны быть направлены – «в одну сторону» или «в разные стороны»?
36. Как следует располагать стрелочные переводы на главных путях отдельных пунктов в плане?
37. Как определить ширину основной площадки земляного полотна на проектируемой линии? От чего зависит ширина основной площадки земляного полотна и почему?
38. Что такое «обочина земляного полотна»?
39. От чего зависит крутизна откосов земляного полотна проектируемых железных дорог?
40. Когда и для чего применяется защитный слой под балластной призмой?
41. Что такое «проектная бровка» и «профильная бровка»?
42. Почему земляное полотно на кривых участках пути уширяется в наружную сторону?
43. Что такое «сливная призма»?
44. Какой минимальной величины должен быть запроектирован продольный уклон нагорных и водоотводных канав?
45. Как определяется мощность верхнего строения пути при проектировании новых железных дорог?
46. Что произойдет, если принять на проектируемой ж.-д. линии верхнее строение пути (рельсы, шпалы, балласт) меньшей мощности, чем рекомендуется в СТН?

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

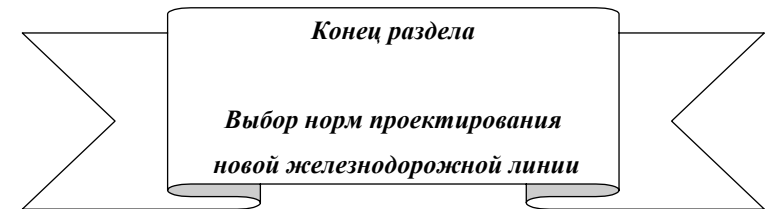
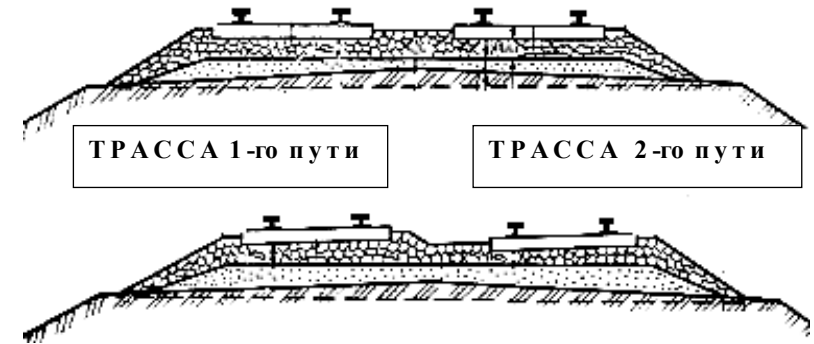
47. Когда применяется однослойная, а когда двухслойная балластная призма?
48. На каких уклонах в профиле и на кривых какого радиуса в плане разрешается проектировать мосты с устройством пути на балласте?
49. Как следует располагать мосты с безбалластной проезжей частью в плане и профиле?
50. На какой режим работы следует проектировать водопропускные трубы? На каких водотоках не допускается применение водопропускных труб?
51. Какие водопропускные сооружения следует проектировать на таких постоянных или периодических водотоках, где возможно образование наледей?
52. Каким должно быть минимальное отверстие и высота в свету водопропускных труб в зависимости от их длины? Почему нормируются эти величины?
53. В чем заключаются эксплуатационные преимущества труб перед мостами?
54. Назовите вероятности превышения расходов расчетных и наибольших паводков, на которые следует вести расчеты мостов и труб на проектируемых железных дорогах?
55. На какую величину должно возвышаться дно водоотводного лотка тоннеля над наивысшим уровнем высоких вод?
56. Какие уклоны продольного профиля следует применять при проектировании тоннельного пересечения высотного препятствия?
57. Что такое «односкатный» и «двухскатный» профили тоннеля? Каковы сферы их применения?

1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

58. Когда и для чего устраиваются тоннели?
59. Почему в тоннелях длиной более 300 м следует смягчать ограничивающие уклоны и как это делается?
60. Как устанавливается число приемо-отправочных путей на проектируемых раздельных пунктах? От чего оно зависит?
61. Что произойдет, если запроектировать на раздельном пункте меньшее количество приемо-отправочных путей, чем рекомендуется в СТН?
62. Чему равняется величина междупутья на прямых в пределах раздельных пунктов?
63. Как следует проектировать пересечения новых железных дорог с автомобильными дорогами I – III категории?
64. Чем переезд отличается от путепровода, эстакады, виадука?
65. Чем регулируемый переезд отличается от нерегулируемого?
66. Каким образом можно на проектируемой ж.-д. линии уменьшить количество переездов?
67. В чем на Ваш взгляд заключается несоответствие между фотографией и рисунком, приведенными ниже?



1. ВЫБОР НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ



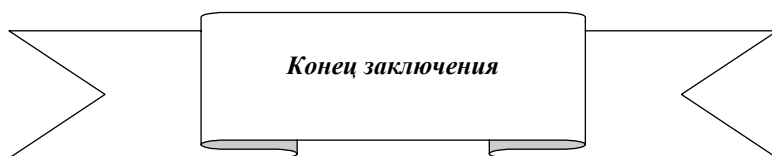
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во второй части учебного пособия Вы узнали, как выполнить третий раздел курсового проекта: **3. Выбор норм проектирования новой железнодорожной линии**³⁵.

Раздел курсового проекта 3. Выбор норм проектирования новой железнодорожной линии.

Выполняя этот раздел, Вы должны были научиться работать с нормативно-техническими документами, в частности, со строительно-техническими нормами МПС РФ СТН Ц-01-95 /1/. Нам хотелось, чтобы выписывая из СТН /1/ то или иное значение нормы проектирования, Вы всегда задавали себе вопрос – «Почему введена эта норма?», «Какие основные условия строительства и эксплуатации линии определяет эта норма?».

Осознанная работа с СТН /1/ даст Вам *уверенность в принимаемых решениях при проектировании новой железнодорожной линии.*

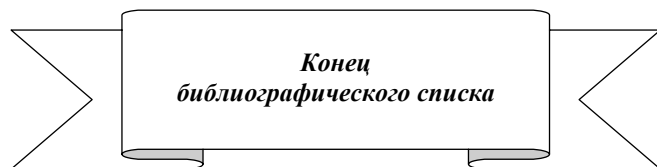


³⁵ Учебное пособие по курсовому проекту «Проект участка новой железнодорожной линии состоит из шести частей. В каждой части нумерация разделов начинается с 1. Поэтому, например, во второй части учебного пособия рассмотрено выполнение третьего раздела курсового проекта (проект состоит из 10 разделов, см. введение к части 1 пособия), но нумерация раздела в данной части пособия – 1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Строительно-технические нормы МПС РФ. Железные дороги колеи 1520 мм. СТН Ц-01-95. - М.: МПС РФ, 1995. – 276 с.
2. Изыскания и проектирование железных дорог: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / И.В.Турбин, А.В.Гавриленков, И.И.Кантор и др.; Под ред. И.В.Турбина. – М.: Транспорт, 1989. – 479 с.
3. Шахунянец Г.М. Железнодорожный путь: Учебник для вузов ж.-д. трансп. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987. – 479 с.
4. Методика определения возвышения наружного рельса в кривых участках пути // Путь и путевое хозяйство. - 1997. - № 6. – С. 16 – 19.
5. Изыскания и проектирование железных дорог: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / А.В.Горинов, И.И.Кантор, А.П.Кондратченко, И.В.Турбин. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1979. – Т. I. – 319 с.
6. Кантор И.И. Продольный профиль пути и тяга поездов. – М.: Транспорт, 1984. – 207 с.
7. Строительные нормы и правила. СниП II – 39 – 76. Часть II. Нормы проектирования. Глава 39. Железные дороги колеи 1520 мм. – М.: Стройиздат, 1977. – 72 с.
8. Путь и безопасность движения поездов / В.И.Болотин, В.А.Лаптев, В.Я.Шульга; Под ред. В.Я.Шульги. – 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1994. – 199 с.

9. Вериго М.Ф., Коган А.Я. Взаимодействие пути и подвижного состава. / Под ред. М.Ф.Вериго. – М.: Транспорт, 1986. – 559 с.
10. Путь хозяйство: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / И.Б.Лехно, С.М.Бельфер, Э.В.Воробьев и др.; Под ред. И.Б.Лехно. – М.: Транспорт, 1990. – 472 с.
11. Справочник по инженерной геологии / Под общ. ред. М.В.Чуринова. – М.: Недра, 1968. – 540 с.
12. Гавриленков А.В., Переселенков Г.С. Изыскания и проектирование железных дорог: Пособие по курсовому и дипломному проектированию. – М.: Транспорт, 1990. – 167 с.
13. Строительные нормы и правила Российской Федерации. – СНиП 10-01-94. – Система нормативных документов в строительстве. Основные положения / Минстрой России. – М.: Минстрой России, ГП ЦПП, 1994. – 21 с.
14. Строительные нормы и правила Российской Федерации. – СНиП 32-01-95. – Железные дороги колеи 1520 мм / Минстрой России. – М.: Минстрой России, ГП ЦПП, 1995. – 20 с.
15. Основы устройства и расчетов железнодорожного пути / Т.Г.Яковлева, В.Я.Шульга, С.В.Амелин и др; Под ред. С.В.Амелина и Т.Г.Яковлевой. – М.: Транспорт, 1990. – 367 с.



ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

КОНСПЕКТ ИЗБРАННЫХ РАЗДЕЛОВ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ НОРМ МПС РФ /1/, ТРЕБУЕМЫХ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Раздел 3. Общие положения

3.1. Настоящими нормами проектирования предусматривается движение поездов со скоростями: пассажирских – до 200 км/ч, грузовых – до 120 км/ч, грузовых ускоренных и рефрижераторных – до 140 км/ч (включительно).

Проектирование магистралей, на которых предусматривается движение пассажирских поездов со скоростями более 200 км/ч, грузовых поездов со скоростями свыше 120 км/ч, а грузовых ускоренных и рефрижераторных – свыше 140 км/ч, должно выполняться по заданию Министерства путей сообщения Российской Федерации по специальным нормам.

3.2. Новые железнодорожные линии и подъездные пути, дополнительные главные пути и усиливаемые (реконструируемые) существующие линии в зависимости от их назначения в общей сети железных дорог, характера и размеров перевозок подразделяются в части норм проектирования на категории, принимаемые в соответствии с табл. 1.

Расчетная годовая приведенная грузонапряженность должна устанавливаться на основе технико-экономических обоснований (ТЭО).

Магистральные железнодорожные линии II и высших категорий следует проектировать с учетом возможности организации движения соединенных грузовых поездов.

В случаях, когда грузонапряженность новой проектируемой линии или скорость движения поездов имеют перспективу роста за пределами десятого года эксплуатации, при соответствующем обосновании³⁶ допускается проектировать легкопереустриваемые сооружения и устройства (верхнее строение пути, связь и др.) по нормам категории, установленной в соответствии с табл.1, а труднопереустриваемые (земляное полотно, искусственные сооружения, элементы плана и профиля и др.) – по нормам более высокой категории.

Таблица 1

Категория железнодорожных линий	Назначение железных дорог	Расчетная годовая приведенная грузонапряженность нетто в грузовом направлении на десятый год эксплуатации, млн.ткм/км в год (включительно)
Скоростные	Железнодорожные магистральные линии для движения пассажирских поездов со скоростями свыше 160 до 200 км/ч	-
Особогрузонапряженные	Железнодорожные магистральные линии для большого объема грузовых перевозок	Свыше 50
I	Железнодорожные магистральные линии	Свыше 30 до 50
II	То же	Свыше 15 до 30
III	То же	Свыше 8 до 15

³⁶ Под «обоснованиями» здесь и далее понимаются расчеты сравнительной экономической эффективности капитальных вложений по минимуму приведенных строительных и эксплуатационных затрат с учетом отдаленности их во времени.

IV	Железнодорожные линии	До 8
-	Внутристанционные соединительные ³⁷ и подъездные пути	Независимо от грузонапряженности

Примечания к таблице 1:

1. Приведенная грузонапряженность определяется с учетом количества и массы пассажирских поездов.
2. Максимальные скорости движения пассажирских поездов предусматриваются: на скоростных линиях – до 200 км/ч, на особогрузонапряженных линиях – до 120 км/ч (при соответствующем обосновании допускаются скорости свыше 120 км/ч (до 160 км/ч), на линиях I и II категорий – до 160 км/ч, III категории – до 120 км/ч и IV категории – до 80 км/ч.
3. Подъездные и внутристанционные соединительные пути при максимальной скорости движения поездов свыше 80 км/ч следует проектировать по нормам железнодорожных линий III категории.

3.6. Проекты новых и реконструируемых железнодорожных линий должны разрабатываться комплексно с учетом потребной пропускной и перерабатывающей способности перегонов, станций и узлов на линиях скоростных, особогрузонапряженных, I, II и III категорий – на расчетный срок – 10 лет, а IV категории – 5 лет.

Потребная пропускная способность перегонов должна обеспечивать заданные размеры грузового и пассажирского движения месяца максимальных перевозок с учетом для новых линий и подъездных путей времени на технологические перерывы для

³⁷ К внутристанционным соединительным относятся пути, ведущие к контейнерным пунктам, базам, сортировочным платформам, пунктам очистки, промывки, дезинфекции вагонов, ремонта подвижного состава и производства других технологических операций.

содержания и планового ремонта сооружений и устройств и на ликвидацию отказов технических средств, а также допустимого коэффициента использования пропускной способности для компенсации внутрисуточных колебаний размеров движения и эксплуатационных отказов в работе новых и реконструируемых линий и подъездных путей, равного:

0,85 – для однопутных линий и подъездных путей;

0,87 – для участков с двухпутными вставками;

0,91 – для двухпутных линий и дополнительных главных путей.

3.7. Основные параметры проектируемой железной дороги (руководящий уклон, полезная длина приемо-отправочных путей, число главных путей, вид тяги, схемы размещения отдельных пунктов, участков тягового обслуживания, электроснабжение электрифицируемых линий и размещение тяговых подстанций), а также ее основное направление следует устанавливать по результатам технико-экономических расчетов на перспективу с учетом экономии первоначальных затрат и обеспечения дальнейшего этапного усиления линии по мере увеличения размеров перевозок.

Раздел 4. Продольный профиль и план пути. Размещение

раздельных пунктов

Продольный профиль пути на перегонах

4.1. Руководящий уклон новой железной дороги должен выбираться на основании технико-экономических расчетов в зависимости от топографических условий местности, размера, характера и темпа роста перевозок на перспективу во взаимосвязи с расчетной массой поездов, мощностью локомотивов и основными параметрами

проектируемой дороги, а также с учетом массы поездов, полезных длин станционных путей и уклонов примыкающих железнодорожных линий.

На новых железнодорожных линиях руководящий уклон в грузовом направлении не должен превышать: 9 ‰ – на особогрузонапряженных линиях, 12 ‰ – на линиях I категории, 15 ‰ – на линиях II категории, 20 ‰ – на линиях III категории, 30 ‰ – на линиях IV категории. В трудных и особо трудных условиях на подъездных путях IV категории допускается применять руководящий уклон до 40 ‰.

На новых скоростных магистральных линиях руководящий уклон не должен превышать 20 ‰.

Наибольшая крутизна спусков и их протяженность должна обеспечивать безопасность движения, исходя из условий работы тормозных средств поезда.

Примечания к пункту 4.1:

1. На скоростных линиях со смешанным движением при грузонапряженности нетто в грузовом направлении на десятый год эксплуатации свыше 15 млн. ткм / км руководящий уклон должен быть не более 15 ‰, а при грузонапряженности более 30 млн. ткм / км – не превышать 12 ‰. На международных магистральных линиях руководящий уклон следует принимать не более 12,5 ‰ независимо от грузонапряженности.
2. В трудных условиях при соответствующем обосновании допускается применять более крутые руководящие уклоны.
3. На новых скоростных линиях, специализированных для пассажирского движения, допускается при технико-

экономическом обосновании применять местные превышения руководящего уклона.

4.2. Уклоны круче руководящего, преодолеваемые с использованием дополнительных локомотивов (**уклоны усиленной тяги**), допускается применять в местах сосредоточенных высотных препятствий с обоснованием таких решений в проекте.

Наибольший допускаемый уклон усиленной тяги следует устанавливать в соответствии с таблицей 2.

Крутизну **ограничивающих уклонов**³⁸ на затяжных подъемах в кривых участках пути следует уменьшать на величину, эквивалентную дополнительному сопротивлению от кривой.

Целесообразность дополнительного смягчения затяжных ограничивающих уклонов из-за снижения коэффициента сцепления в кривых участках пути с радиусом 500 м и менее при электрической тяге и менее 800 м при тепловозной тяге следует обосновывать в проекте.

В проектах железных дорог с тепловозной тягой следует обосновывать целесообразность смягчения ограничивающего уклона или использование дополнительного локомотива на участках с отметками свыше 800 м над уровнем моря.

Примечания к пункту 4.2 :

1. *На криволинейных участках пути с уклонами, близкими к ограничивающим, должна быть проверена необходимость уменьшения крутизны этих уклонов.*
2. *Уклоны продольного профиля принимаются с округлением до 0,1 ‰.*

³⁸ Под ограничивающим уклоном здесь и далее понимается руководящий уклон и наибольший уклон усиленной тяги.

Таблица 2

Руководящий уклон, ‰	Наибольшие уклоны, ‰, при усиленной тяге	
	двойной	тройной
5	11,0	16,5
6	13,0	19,0
7	14,5	22,0

Продолжение табл. 2

Руководящий уклон, ‰	Наибольшие уклоны, ‰, при усиленной тяге	
	двойной	тройной
8	16,5	24,5
9	18,5	27,0
10	20,0	29,5
11	22,0	32,0
12	24,0	34,5
13	25,5	37,0
14	27,5	39,5
15	29,0	40,0

Примечания к таблице 2:

1. *При руководящем уклоне, не кратном 1 ‰, а также при некратной тяге значения наибольших уклонов усиленной тяги следует определять расчетом.*
2. *Наибольший уклон, как правило, не должен превышать: 18 ‰ – на линиях особогрузонапряженных и I категории; 20 ‰ – на линиях II категории; 30 ‰ – на линиях III категории и 40 ‰ – на железных дорогах IV категории.*

4.4. Продольный профиль пути следует проектировать элементами возможно большей длины при наименьшей алгебраической разности уклонов смежных элементов.

Длина элементов профиля, как правило, не должна быть менее половины полезной длины приемо-отправочных путей, принятой на перспективу, а на внутростанционных соединительных и подъездных путях IV категории – половины длины поезда или состава, передаваемого маневровым порядком, но не менее 100 м.

Алгебраическая разность уклонов смежных элементов не должна превышать значений Δi_n , ‰, указанных в числителе таблицы 3. При большей разности уклонов смежные элементы следует сопрягать посредством разделительных площадок и (или) элементов переходной крутизны, длина которых при указанных значениях Δi_n , ‰ должна быть не менее значений l_n , м, приведенных в знаменателе таблицы 3. При алгебраической разности уклонов менее Δi_n , ‰ длину разделительных площадок и элементов переходной крутизны допускается пропорционально уменьшать, но не менее, чем до 25 м. Уменьшенную длину элементов следует определять по формуле

$$l = l_n (\Delta i_1 + \Delta i_2) / 2 \cdot \Delta i_n,$$

где Δi_1 , Δi_2 – алгебраические разности уклонов, ‰, по концам элемента профиля, когда Δi_1 , $\Delta i_2 < \Delta i_n$.

Допускаемые нормы не следует применять:

- 1) в углублениях профиля (ямах), ограниченных хотя бы одним тормозным спуском;
- 2) на уступах, расположенных на тормозных спусках;

3) на возвышениях профиля (горбах), расположенных на расстоянии менее удвоенной полезной длины приемо-отправочных путей (расчетной длины поезда) от подошвы тормозного спуска.

Таблица 3

Категория железнодо- рожной линии, подъездного пути	Наибольшая алгебраическая разность уклонов смежных элементов профиля Δi_n , ‰, (числитель) и наименьшая длина разделительных площадок и элементов переходной крутизны l_n , м, (знаменатель) при полезной длине приемо-отправочных путей, м			
	850	1050	$2 \cdot 850 = 1700$	$2 \cdot 1050 = 2100$
Рекомендуемые нормы				
Скоростная	6 / 250	4 / 300	-	-

Продолжение табл. 3

Категория железнодо- рожной линии, подъездного пути	Наибольшая алгебраическая разность уклонов смежных элементов профиля Δi_n , ‰, (числитель) и наименьшая длина разделительных площадок и элементов переходной крутизны l_n , м, (знаменатель) при полезной длине приемо-отправочных путей, м			
	850	1050	$2 \cdot 850 = 1700$	$2 \cdot 1050 = 2100$
Рекомендуемые нормы				
Особогрузо- напряженная	-	3 / 250	3 / 250	3 / 400
I	6 / 200	4 / 250	3 / 250	3 / 300
II	8 / 200	5 / 250	4 / 250	3 / 300
III	13 / 200	7 / 200	7 / 250	4 / 250
IV	13 / 200	8 / 200	8 / 250	-
Допускаемые нормы				
Скоростная	10 / 250	9 / 300	-	-
Особогрузо- напряженная	-	10 / 200	5 / 250	4 / 300
I	13 / 200	10 / 200	5 / 250	4 / 300
II	13 / 200	10 / 200	6 / 250	4 / 250
III	13 / 200	10 / 200	8 / 250	6 / 250
IV	20 / 200	10 / 200	10 / 200	-

Примечания к таблице 3:

1. Временные участки трассы проектируются по нормам железных дорог IV категории при полезной длине приемо-отправочных путей 850 м.
2. При проектировании подъездных путей и временных участков в трудных условиях допускается увеличивать алгебраическую разность уклонов Δi_n до 30 % при длине элементов профиля не менее 150 м.

4.5. Смежные элементы продольного профиля следует сопрягать в вертикальной плоскости кривыми радиусом R_v , км: 20 – на скоростных линиях I и II категорий, 10 – на особогрузонапряженных линиях и линиях III категории; 5 – на железных дорогах IV категории.

При алгебраической разности уклонов смежных элементов менее 2,0 ‰ при $R_v = 20$ км; 2,3 ‰ при $R_v = 15$ км; 2,8 ‰ при $R_v = 10$ км; 4,0 ‰ при $R_v = 5$ км и 5,2 ‰ при $R_v = 3$ км вертикальные кривые допускается не предусматривать.

Вертикальные кривые следует размещать вне переходных кривых, а также вне пролетных строений мостов и путепроводов с безбалластной проезжей частью. При этом наименьшее расстояние T_v , м, от переломов продольного профиля до начала или конца переходных кривых и концов пролетных строений следует определять по формуле

$$T_v = R_v \cdot \Delta i / 2,$$

где Δi – алгебраическая разность уклонов на переломе профиля, ‰.

При проектировании внутристанционных соединительных и подъездных путей IV категории в трудных условиях допускается располагать переломы продольного профиля вне зависимости от размещения переходных кривых.

Примечание к пункту 4.5:

В случаях, когда на особогрузонапряженных линиях в соответствии с примечанием 2 к таблице 1 предусматривается максимальная скорость движения пассажирских поездов свыше 120 км/ч, значения радиусов вертикальных кривых на указанных линиях следует принимать по нормам, предусмотренным для линий I и II категорий.

4.7. Продольный профиль в выемках длиной более 400 м и в выемках независимо от их длины, устраиваемых в вечномерзлых грунтах, следует проектировать уклонами одного направления, либо выпуклого очертания. При этом крутизну уклонов следует принимать не менее, соответственно, 2 и 4 ‰.

4.8. Продольный профиль железнодорожных линий в метелевых районах следует проектировать преимущественно в виде насыпей; высоту насыпи над уровнем расчетной толщины снежного покрова следует принимать не менее 0,7 м - на однопутных и 1,0 м - на двухпутных линиях.

Допускается уменьшать, в зависимости от орографии местности и направления преобладающих метелей, высоту насыпи над уровнем расчетной толщины снежного покрова до значений, м, приведенных в таблице 4.

Примечание к пункту 4.8:

В качестве расчетной принимается толщина снежного покрова, имеющая вероятность превышения: 2% - для линий: скоростных, особогрузонапряженных, I и II категорий; 3% - для линий III категории и 5% - для линий и подъездных путей IV категории.

На участках, располагаемых на насыпях, не удовлетворяющих указанным требованиям, а также на нулевых местах и выемках,

проектом следует предусматривать средства защиты от снежных заносов.

Таблица 4

Орография местности и направление преобладающего снеготранспорта	Высота насыпи над уровнем расчетной толщины снежного покрова, м, при числе главных путей	
	1	2
Равнина, наветренные склоны косоогоров, водоразделы при незначительном отклонении (до 30°) направления преобладающих метелей от нормали к оси пути	0,50	0,75
Подветренные склоны косоогоров при значительном отклонении (45÷60°) направления преобладающих метелей от нормали к оси пути	0,60	0,90

4.9. Продольный профиль пути на участках распространения подвижных песков следует проектировать преимущественно в виде насыпей высотой не менее 0,9 м, по возможности избегая выемок, предусматривая соответствующие меры закрепления песков.

4.12. Бровка земляного полотна на подходах к водопропускным сооружениям через водотоки в пределах их разлива, при расположении железнодорожных линий вдоль водотоков, озер, водохранилищ, а также бровка оградительных и водораздельных дамб должна возвышаться над наивысшим уровнем воды при пропуске наибольшего паводка с учетом подпора, наката волны на откос, ветрового нагона, приливных и ледовых явлений не менее чем на 0,5 м, а бровка незатопляемых регуляционных сооружений и берм – не менее чем на 0,25 м.

Наивысший расчетный уровень воды следует определять, исходя из вероятности превышения:

- на скоростных, особогрузонапряженных линиях и линиях I – III категорий общей сети – 1 : 300 (0,33 %);
- на линиях IV категории общей сети – 1 : 100 (1 %);
- на подъездных путях IV категории – 1 : 50 (2 %).

На подъездных путях, где по технологическим причинам не допускается перерыв движения, в обоснованных случаях вероятность превышения наивысшего расчетного уровня воды следует принимать равной 1 : 100 (1 %).

4.14. Возвышение бровки земляного полотна на подходах к малым мостам и трубам над уровнями воды при паводках по п.4.12 (с учетом подпора и аккумуляции) следует принимать не менее 0,5 м, а для труб при полупонорном режиме работы – не менее 1,0 м.

План пути на перегонах

4.19. Кривые участки пути новых железных дорог следует проектировать возможно больших радиусов. Радиусы кривых следует назначать в соответствии с таблицей 5 и принимать равными, м : 4000, 3000, 2500, 2000, 1800, 1500, 1200, 1000, 800, 700, 600, 500, 400, 350, 300, 250, 200.

Таблица 5

Категории железнодорожной линии, подъездного пути	Радиусы кривых в плане, м			
	Рекомендуемые	Допускаемые		
		в трудных условиях	в особотрудных условиях при технико-экономическом обосновании	по согласованию с МПС
Скоростные	4000 – 3000	2500	1200	800
Особогрузонапряженные	4000 – 2000	1500	1000	600
I	4000 – 2500	2000	1000	400
II	4000 – 2000	1500	800	400
III	4000 – 1200	800	600	350

IV – железно-дорожные линии	2000 – 1000	600	350	200
IV – подъездные пути	2000 – 600	500	200	200
IV – соединительные пути	2000 – 350	250	200	200

Примечания к таблице 5:

1. В случаях, когда на особогрузонапряженных линиях, в соответствии с примечанием к таблице 1, предусматривается максимальная скорость движения пассажирских поездов свыше 120 км/ч, радиусы кривых, рекомендуемые и допускаемые в трудных условиях, на указанных линиях следует принимать по нормам, предусмотренным для линий I категории.
2. При проектировании участков железнодорожных линий на пересечении высотных препятствий, где по условиям продольного профиля пути реализуются скорости движения пассажирских поездов менее 120 км/ч и грузовых поездов менее 60 км/ч по согласованию с МПС России допускается применять кривые с радиусами: 300 м – на линиях I и II категорий, 250 м – на линиях III категории.
3. При проектировании уширений междупутий допускается применять кривые радиусом более 4000 м.
4. При проектировании развязок в железнодорожных узлах допускается применять кривые радиусом 250 м.

4.23. Прямые и кривые участки пути, а также смежные круговые кривые разных радиусов следует сопрягать посредством переходных кривых.

На новых скоростных железных дорогах, а также линиях I и II категорий длины переходных кривых l , м следует принимать по расчету, в зависимости от величины средневзвешенной квадратической скорости, км/ч, намечаемой на десятый год эксплуатации в месте расположения кривой, и максимальной скорости движения в данной кривой. Отвод возвышения наружного рельса производится плавно в пределах переходной кривой на всем ее протяжении по прямолинейному закону.

Примечание к пункту 4.23 – от авторов пособия:

Расчет длин переходных кривых на проектируемых новых скоростных железных дорогах, а также линиях I и II категорий выполнен авторами пособия в разделе 1 пособия (часть 2), результаты сведены в таблицу 1.1. пособия.

На особогрузонапряженных линиях, а также линиях III и IV категорий длину переходных кривых следует устанавливать по таблице 6. В технико-экономически обоснованных случаях при проектировании участков, располагаемых в трудных условиях, где не может быть реализована скорость движения поездов, допускаемая принятым радиусом кривой, а также при проектировании дополнительных главных путей и усиления (реконструкции) существующих железных дорог, длину переходных кривых следует устанавливать расчетом в зависимости от проектируемого для данной кривой возвышения наружного рельса и уклона отвода этого возвышения, который должен быть не более 1 ‰, а в трудных условиях на особогрузонапряженных линиях, а также на линиях III и IV категорий – не более 2 ‰, на подъездных путях – 3 ‰.

Полученные по расчету длины переходных кривых, следует как правило, округлять до значений, кратных 10 м. Длина переходной кривой должна быть не менее 20 м.

Длину промежуточных переходных кривых, сопрягающих круговые кривые разных радиусов, направленные в одну сторону, следует определять в зависимости от разностей возвышения наружного рельса и кривизны. При этом длина переходной кривой должна быть не менее 30 м.

Примечание к пункту 4.23:

На подъездных путях, обслуживаемых маневровым порядком, а также в трудных условиях и при поездном движении со скоростями не более 25 км/ч, переходные кривые допускается не предусматривать.

Таблица 6

Радиус кривой, м	Длина переходных кривых на ж.-д. линиях и подъездных путях, м								
	особогрузонапряженных			III категории			IV категории		
	Зоны скоростей движения								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4000	40	30	20	30	20	20	-	-	-
3000	60-40	40-30	20	40-30	30-20	20	-	-	-
2500	80-60	50-30	20	60-40	40-30	20	-	-	-
2000	100-80	60-40	30	60-50	50-30	20	40-30	30	20
1800	100-80	60-40	40-30	80-60	50-40	30-20	50-30	30	20
1500	120-100	80-60	50-40	80-60	60-50	40-30	60-40	40-30	30
1200	140-120	100-80	60-50	100-80	80-60	40-30	60-50	50-30	30
1000	140-120	120-100	70-50	120-100	80-60	50-40	80-60	50-40	30
800	160-140	140-100	80-50	140-100	100-80	50-40	90-60	60-50	40-30

700	160-140	140-120	80-60	160-120	110-90	60-50	120-80	60-50	40-30
600	160-130	140-120	100-60	160-120	120-100	60-50	120-80	80-60	50-40
500	160-120	140-120	120-70	160-120	130-100	80-60	120-100	90-70	60-40
400	160-120	140-120	140-80	140-100	140-100	80-60	120-100	110-80	60-50
350	140-100	140-100	140-80	140-100	130-100	100-60	120-100	120-80	80-50
300	140-100	140-100	120-80	140-100	120-100	120-80	120-80	120-80	80-60
250	120-90	120-80	120-80	120-80	120-80	120-80	120-80	120-80	80-60
200	-	-	-	-	-	-	100-80	100-80	80-60
180	-	-	-	-	-	-	100-80	100-80	80-60

Примечания к таблице 6:

- 1. В случаях, когда на особогрузонапряженных линиях предусматривается максимальная скорость движения пассажирских поездов свыше 120 км/ч, длины переходных кривых на указанных линиях следует определять как для линии I категории.*
- 2. При двух значениях длин переходных кривых меньшие значения допускается применять в трудных условиях.*
- 3. Деление участков на зоны скоростей движения поездов следует производить в зависимости от конфигурации продольного профиля:
1-я зона скоростей – углубления продольного профиля и примыкающие к ним участки, а также другие участки проходимые грузовыми поездами в обоих направлениях с максимальными или близкими к ним скоростями;*

2-я зона скоростей – горизонтальные площадки и уклоны, на которых величина средневзвешенной квадратической скорости близка к средним значениям скоростей движения грузовых поездов;

3-я зона скоростей – возвышения продольного профиля и примыкающие к ним участки затяжных подъемов, проходимые грузовыми поездами в обоих направлениях со скоростями, близкими к расчетной скорости на руководящем подъеме.

4.24. Прямые вставки между начальными точками переходных кривых, а при их отсутствии – круговых кривых, следует принимать возможно большей длины, но не менее указанной в таблице 7.

При проектировании новых железнодорожных линий III, IV категорий, сооружаемых в особо трудных условиях, дополнительных главных путей и реконструкции существующих ж.-д. линий допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании предусматривать сопряжения обратных кривых с переходными кривыми без прямых вставок.

Таблица 7

Категория ж.-д. линии	Длина прямой вставки, м			
	В нормальных условиях Между кривыми, направленными		В трудных условиях Между кривыми, направленными	
	в разные стороны	в одну сторону	в разные стороны	в одну сторону
Скоростные	150	150	100	100
Особогрузо-напряженные	75	100	50	50
I и II	150	150	50	75
III	75	100	50	50
IV	50	50	30	30

Примечания к таблице 7:

1. В случаях, когда на особогрузонапряженных линиях предусматривается максимальная скорость движения пассажирских поездов свыше 120 км/ч, прямые вставки на указанных линиях следует принимать по нормам, предусмотренным для линий I категории.

На подъездных путях, обслуживаемых маневровым порядком, а в трудных условиях при поездном движении со скоростями не более 25 км/ч, а также на временных участках трассы, сооружаемых на период строительства, прямые вставки между переходными кривыми допускается не устраивать. При отсутствии переходных кривых прямые вставки допускается не устраивать, если не предусматривается возвышение наружного рельса.

Размещение отдельных пунктов

4.33. На однопутных линиях I и II категорий, на которых необходимость сооружения вторых путей возникает в течение первых 15 лет эксплуатации, отдельные пункты следует размещать с учетом рациональной этапности переустройства линии в двухпутную. При иной этапности усиления линий отдельные пункты следует размещать, исходя из идентичности перегонов между осями отдельных пунктов. В любом случае должна быть обеспечена пропускная способность по перегонам не менее установленного числа пар поездов расчетной массы при параллельном графике и скрещении поездов с остановкой на отдельных пунктах при типе локомотива, указанном в задании на проектирование.

4.34. Отдельные пункты на линиях III и IV категорий следует размещать, исходя из условий обеспечения потребности грузовых и пассажирских перевозок десятого года эксплуатации.

Продольный профиль и план путей на отдельных пунктах

4.37. Станции, разъезды и обгонные пункты следует располагать на горизонтальной площадке. В отдельных случаях, при соответствующем обосновании, допускается располагать отдельные пункты на уклонах не круче 1,5 ‰, в трудных условиях – не круче 2,5 ‰. Во всех случаях для предотвращения самопроизвольного ухода подвижного состава за пределы полезной длины путей, продольный профиль пути новых станций, разъездов, обгонных пунктов, где предусматривается отцепка локомотивов или вагонов от составов и производство маневровых операций, должен проектироваться вогнутого (ямообразного) очертания с одинаковыми отметками высот по концам полезной длины путей.

В особо трудных топографических условиях разъезды и обгонные пункты всех типов, где не предусматривается отцепка локомотивов и вагонов от составов и разъединение соединенных поездов, а по согласованию с МПС РФ также промежуточные станции полупродольного и продольного типов в части станционной площадки, где не предусматриваются указанные маневровые операции, допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании располагать на уклонах не круче 10 ‰.

При расположении отдельных пунктов на уклонах круче 2,5 ‰, должны обеспечиваться условия удержания поездов установленной и перспективной массы вспомогательными тормозами локомотивов, а также трогания с места этих поездов.

4.38. Длина станционных площадок на новых линиях должна устанавливаться в зависимости от полезной длины приемо-отправочных путей на перспективу, а также типа расположения приемо-отправочных

путей (продольное, полупродольное, поперечное) и быть не менее указанной в таблице 8. Длину площадок на подъездных путях следует устанавливать расчетом.

Таблица 8

Категория линии	Расположение приемо-отправочных путей	Минимальная длина станционных площадок (для новых линий), м, при полезной длине приемо-отправочных путей 1050 м
На разъездах		
Скоростные, особогрузонапряженные, I, II, III	Продольное	2450
Продолжение табл. 8		
Категория линии	Расположение приемо-отправочных путей	Минимальная длина станционных площадок (для новых линий), м, при полезной длине приемо-отправочных путей 1050 м
На разъездах		
То же	Полупродольное	1800
То же	Поперечное	1450
IV	Поперечное	1300
На промежуточных станциях		
Скоростные, особогрузонапряженные, I, II, III	Продольное	2900
То же	Полупродольное	2200
То же	Поперечное	1650

IV	Поперечное	1450
На обгонных пунктах		
Скоростные, особогрузонапряженные, I, II, III	Продольное	2600
То же	Полупродольное	1900
То же	Поперечное	1500

Примечания к таблице 8:

- Длины станционных площадок указаны без учета тангенсов вертикальных кривых, величина которых должна добавляться к указанным в таблице в зависимости от алгебраической разности сопрягаемых уклонов.*
- Если полезная длина путей более (или менее) 1050 м, то длину станционной площадки необходимо соответственно увеличить (или уменьшить) при поперечном и полупродольном типах раздельных пунктов, на разность полезных длин, а при продольном типе – на удвоенную разность их длин.*
- На железнодорожных линиях или участках, на которых имеется перспектива постройки третьего (четвертого) главного пути, длины площадок должны быть увеличены на промежуточных станциях на 500 – 700 м.*

4.39. При расположении раздельного пункта на переломном продольном профиле условия сопряжения элементов профиля должны соответствовать установленным нормам для главного пути на перегонах.

4.40. Площадки разъездов и обгонных пунктов, размещаемых в легких топографических условиях, следует по возможности располагать на возвышениях профиля (горбах), а участки, предшествующие входным

сигналам – на протяжении, равном полезной длине приемо-отправочных путей – на уклонах, обеспечивающих трогание поезда с места.

На раздельных пунктах новых линий, проектируемых с электрической тягой на постоянном токе, где предусматривается остановка полногрузных поездов, в том числе соединенных, продольный профиль станционной площадки и участка выхода в сторону затяжного подъема с ограничивающим уклоном должен обеспечивать разгон поездов до расчетной скорости на этом подъеме.

4.50. Стрелочные переводы на главных и приемо-отправочных путях следует располагать вне пределов вертикальной кривой, в трудных условиях на линиях со скоростями движения поездов до 120 км/ч допускается размещать стрелочные переводы в пределах вертикальной кривой, радиус которой должен быть не менее 10 км.

4.51. Станции, разъезды и обгонные пункты, а также отдельные парк и вытяжные пути следует располагать на прямых участках пути.

В трудных условиях допускается размещать их на кривых с радиусом не менее: 2000 м – на скоростных линиях; 1500 м – на магистральных линиях I и II категорий; 1200 м – на линиях особогрузонапряженных, III и IV категорий. В особотрудных топографических условиях, при соответствующем обосновании, допускается уменьшать радиус кривой до: 600 м – на линиях особогрузонапряженных, III и IV категорий; в горных условиях – до 500 м.

Примечание к пункту 4.51:

В случаях, когда на особогрузонапряженных линиях предусматривается максимальная скорость движения пассажирских поездов свыше 120 км/ч, радиусы кривых на раздельных пунктах

указанных линий следует принимать по нормам, предусмотренным для линий I категории.

4.53. Станции, разъезды и обгонные пункты с поперечным расположением приемо-отправочных путей, при необходимости их размещения на кривых, должны размещаться на кривых, обращенных в одну сторону.

Размещать разъезды и обгонные пункты на обратных кривых допускается в исключительных случаях на железнодорожных линиях III и IV категории при соответствующем обосновании в проекте.

Станции, разъезды и обгонные пункты с продольным и полупродольным расположением приемо-отправочных путей в трудных условиях допускается размещать на обратных кривых. При этом пути каждого из направлений движения в пределах их полезной длины следует располагать на кривых, обращенных в одну сторону.

4.54. Стрелочные переводы на главных путях следует располагать на прямых участках пути.

Раздел 5. Земляное полотно

Конструкция земляного полотна

5.8. Ширину земляного полотна поверху (основной площадки) новых железных дорог на прямых участках пути в пределах перегонов следует принимать по нормам, приведенным в таблице 9.

При наличии защитного слоя под балластной призмой ширина земляного полотна назначается на 0,4 м меньше указанной для

глинистых грунтов (в графе 3 таблицы 9); измеряется она в уровне проектной бровки, превышающей профильную бровку на 0,15 м.

Таблица 9

Категория железнодорожной линии	Число главных путей	Ширина земляного полотна на прямых участках пути, м, при использовании грунтов	
		глинистых; крупнообломочных с глинистым заполнителем; скальных легковетривающихся и выветривающихся; песков недренирующих, мелких и пылеватых	скальных слабовыветривающихся; крупнообломочных с песчаным заполнителем и песков дренирующих (кроме мелких и пылеватых)
1	2	3	4
Скоростные, особогрузонапряженные и I	2	11,7	10,7
I и II	1	7,6	6,6
III	1	7,3	6,4
IV	1	7,1	6,2

Примечания к таблице 9:

1. Ширина земляного полотна (таблица 9) измеряется: при грунтах, указанных в графе 3 – в уровне профильной бровки, при грунтах, указанных в графе 4 – в уровне проектной бровки. Проектная бровка превышает уровень профильной бровки на высоту сливной призмы плюс разность толщин балластного слоя на участках земляного полотна из недренирующих грунтов.
2. Выемки глубиной более 6 м, располагаемые в скальных грунтах, а также располагаемые на крутых косогорах и на

прижимах рек, независимо от высоты откосов на линиях II категории и выше следует проектировать под два пути.

3. *Ширину земляного полотна насыпей, возводимых на слабых основаниях, и насыпях, возводимых с запасом на осадку, следует устанавливать с расчетом обеспечения требуемых размеров после полной осадки согласно табл. 9.*
4. *На участках с вечномерзлыми грунтами необходимо предусматривать уширение земляного полотна с учетом его осадки за счет возможного оттаивания вечномерзлых грунтов основания или подземного льда; величины осадок и уширения следует устанавливать расчетами.*
5. *К дренирующим по условиям работы земляного полотна следует относить грунты, имеющие при максимальной плотности по стандартному уплотнению коэффициент фильтрации не менее 0,5 м/сут и содержание в гранулометрическом составе не более 10 % частиц размером менее 0,1 мм. Допускается с согласия заказчика при соответствующем технико-экономическом обосновании применять в качестве дренирующего грунта пески мелкие и пылеватые с коэффициентом фильтрации не менее 0,5 м/сут.*

5.9. Ширину земляного полотна на раздельных пунктах следует устанавливать в соответствии с проектируемым путевым развитием. При этом расстояние от оси крайних станционных путей до бровки земляного полотна допускается уменьшать так, чтобы ширина обочины была не менее 0,5 м.

5.10. Ширину земляного полотна на линиях всех категорий на участках, расположенных в кривых, следует увеличивать с наружной стороны кривой на величину, указанную в таблице 10.

Таблица 10

Радиусы кривых, м	Уширение земляного полотна, м
3000 и более	0,20
2500 – 1800	0,30
1500 – 700	0,40
600 и менее	0,50

5.11. Земляное полотно на подходах к большим мостам должно быть уширено на 0,5 м в каждую сторону на протяжении 10 м от задней грани устоев, а на последующих 25 м постепенно сведено до нормальной ширины.

5.12. Поперечное очертание верха однопутного земляного полотна, проектируемого из недренирующих грунтов без защитного слоя, следует назначать в виде трапеции шириной поверху 2,3 м, высотой 0,15 м и с основанием, равным ширине земляного полотна, а поперечное очертание верха земляного полотна, сооружаемого сразу под два пути, - в виде треугольника высотой 0,2 м с основанием, равным ширине земляного полотна.

Верх однопутного и двухпутного земляного полотна из раздробленных скальных, дренирующих крупнообломочных и дренирующих песчаных грунтов следует проектировать горизонтальными. Также горизонтальным должен быть запроектирован и верх защитного слоя из указанных грунтов.

5.13. Поперечное очертание земляного полотна станционных площадок в зависимости от числа путей и вида грунта следует проектировать односкатным или двухскатным. При значительной ширине площадки допускается применение пилообразного поперечного профиля с сооружением в междупутьях с пониженными отметками закрытых продольных водоотводов (лотков и дренажей) с уклоном не

менее 0,002, а при необходимости – с устройством поперечных выпусков для отвода воды за пределы земляного полотна. Поверхностям скатов следует придавать уклон в сторону водоотводов, определяемый в зависимости от видов грунтов земляного полотна, от климатических условий и числа путей, располагаемых в пределах ската.

Верх земляного полотна станционных площадок из скальных, крупнообломочных и песчаных дренирующих грунтов следует проектировать горизонтальным.

5.14. Для земляного полотна из глинистых грунтов всех видов, кроме супесей, содержащих песчаных частиц размером от 2 до 0,05 мм в количестве более 50 % по массе, следует предусматривать усиление конструкции в зоне основной площадки: устройство под балластной призмой защитного слоя из дренирующего грунта в комбинации с геотекстилем или без геотекстиля. Укладка геотекстиля без защитного слоя из дренирующего грунта не допускается.

5.18. Отвод поверхностных вод, поступающих к земляному полотну, следует предусматривать водоотводными канавами или резервами от насыпей, нагорными и забанкетными канавами, кюветами, кювет-траншеями или лотками от выемок.

5.21. Продольный уклон нагорных и водоотводных канав должен быть не менее 0,003, на болотах и речных поймах – не менее 0,002, а в исключительных случаях 0,001. Наибольший уклон дна канавы следует определять в зависимости от расходов воды, степени размываемости грунтов и типа укрепления.

Глубина водоотводных и нагорных канав и ширина их по дну должна быть не менее 0,6 м, на болотах – не менее 0,8 м.

5.22. Кюветы, лотки и дренажи в выемках, а также водоотводы в выемках и на насыпях между вторым и третьим путями на многопутных

железных дорогах следует проектировать, как правило, с продольным уклоном, принятым для земляного полотна. В выемках, располагаемых на горизонтальных площадках и на участках с уклоном менее 0,002, уклон этих водоотводов должен быть не менее 0,002. Кюветам предтоннельных выемок следует придавать уклон не менее 0,002 в сторону от тоннеля. Крутизну откосов кюветов следует назначать с полевой стороны равной крутизне откосов выемки, а со стороны пути – 1:1,5. Глубину кюветов следует принимать не менее 0,6 м, а ширину по дну 0,4 м. Для коротких и неглубоких выемок в районах с сухим климатом, при соответствующем обосновании, допускается уменьшать глубину кюветов до 0,4 м.

В выемках, при расположении путей на уклонах менее 0,002 и на площадках, глубину кюветов в водораздельных точках допускается уменьшать до 0,2 м при сохранении ширины кюветов по дну и ширины выемки на уровне бровки земляного полотна.

Раздел 6. Верхнее строение пути

Верхнее строение пути на перегонах

6.1. Мощность верхнего строения главных путей при проектировании новых железнодорожных линий и дополнительных главных путей надлежит устанавливать по нормам таблицы 13.

Таблица 13

Показатели	Мощность верхнего строения пути на железнодорожных линиях					
	категорий					
	скоростные	особогрузные	I	II	III	IV
Тип рельсов	P75-P65	P75	P75-P65	P65	старогод	старогод

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. КОНСПЕКТ ИЗБРАННЫХ РАЗДЕЛОВ СТН Ц – 01 - 95

					ные Р75- Р65; новые Р65	ные Р75- Р65; новые Р50
Род шпал	деревянн ые I типа или железобе тонные	деревянн ые I типа или железобе тонные	деревянн ые I типа или железобе тонные	деревянн ые I типа или железобе тонные	деревянн ые I типа или железобе тонные	деревянн ые или железобе тонные
Число шпал на 1 км пути, штук : На прямых и кривых радиусом 1200 м и более На кривых радиусом менее 1200 м	2000	2000	2000	1840	1840	1840
	2000	2000	2000	2000	1840	1840

Продолжение табл. 13

Показатели	Мощность верхнего строения пути на железнодорожных линиях категорий					
	скоростн ые	особогру з.	I	II	III	IV
Толщина балласт. слоя под шпалой, см: Щебеночный или асбестовый (числитель) на балластной подушке из песка, удовлетворяющего требованиям к балластным						

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. КОНСПЕКТ ИЗБРАННЫХ РАЗДЕЛОВ СТН Ц – 01 - 95

материалам (знаменатель) на пути с деревянными шпалами	30/20	35/20	30/20	30/20	25/20	25/20
То же с ж/б шпалами	35/20	40/20	35/20	35/20	30/20	30/20
Асбестовый балласт без песчаной подушки на пути с деревянными шпалами	-	50	50	50	45	35
То же с железобетонными шпалами	-	55	55	55	50	35
Гравийно-песчаный балласт без песчаной подушки	-	-	-	-	-	30

Примечания к таблице 13:

1. Железобетонные шпалы следует применять в бесстыковом пути; допускается по согласованию с МПС применение железобетонных шпал в звеньевом пути на линиях IV категории, внутриузловых, внутростанционных, соединительных и подъездных путях.
2. Двухслойную балластную призму при использовании щебеночного или асбестового балласта следует проектировать на земляном полотне из глинистых грунтов, песков мелких и пылеватых, в том числе при устройстве защитного слоя в верхней части земляного полотна; на земляном полотне из слабовыветривающихся скальных,

крупнообломочных грунтов и песков (за исключением мелких и пылеватых) щебень и асбестовый балласт следует укладывать в один слой без песчаной балластной подушки, толщина балластного слоя в этом случае должна быть не менее 30 см, в том числе при использовании других допустимых видов балласта, а на пути с железобетонными шпалами – не менее 35 см.

3. В случаях, когда подушка устраивается из гравия, толщину слоя щебня или асбеста следует уменьшать на 5 см без уменьшения общей толщины балластного слоя.

4. При преобладании в основании земляного полотна просадочных и сжимаемых грунтов следует укладывать звеньевой путь на гравийно-песчаном и гравийном балласте. Постановку пути на щебеночный балласт и укладку бесстыкового пути надлежит предусматривать после полной стабилизации земляного полотна.

5. На линиях со скоростью движения более 140 км/ч необходимо использовать только щебеночный балласт.

6. На пескозаносящих участках следует укладывать термически упрочненные рельсы не легче Р65 на деревянных шпалах.

6.2. Рельсы, укладываемые в звеньевом пути, должны быть длиной 25 м. Бесстыковой путь следует проектировать по нормам МПС.

6.4. Промежуточные рельсовые скрепления необходимо предусматривать:

для пути с деревянными шпалами – костыльное или раздельное подкладочное, на скоростных и особогрузонапряженных линиях следует применять преимущественно раздельное подкладочное;

для пути с железобетонными шпалами – раздельное подкладочное или бесподкладочное.

6.6. Ширину балластной призмы поверху на прямых однопутных участках следует принимать при всех видах балласта не менее, м :

- на скоростных, особогрузонапряженных, I и II категории -3,85
- на линиях III категории -3,65
- на линиях IV категории -3,45.

На кривых участках пути толщину балластной призмы следует принимать с учетом возвышения наружного рельса при сохранении под внутренним рельсом балластного слоя толщиной, установленной для прямых участков в соответствии с таблицей 13.

На кривых участках пути радиусом менее 600 м балластную призму необходимо уширять с наружной стороны на 0,1 м. На двухпутных участках ширину балластной призмы поверху следует увеличивать на ширину междупутья.

6.7. Главные пути при укладке костыльного скрепления необходимо закреплять от угона противоугонами.

Верхнее строение пути на станциях

6.10. Главные пути в пределах станций, разъездов и обгонных пунктов следует укладывать рельсами типа, принятого для главного пути прилегающих перегонов, а на приемо-отправочных путях допускается укладка рельсами на один тип легче, но не ниже Р50, или старогодными рельсами того же типа, что и на перегоне.

6.11. Род и число шпал главных путей в пределах станций, разъездов и обгонных пунктов должны соответствовать нормам, установленным для перегонов (табл.13), на приемо-отправочных путях – по нормам железнодорожной линии не ниже IV категории.

На приемо-отправочных и других станционных путях допускается укладывать старогодные шпалы и крепления.

6.12. Вид балласта и его толщину на главных путях станций, разъездов и обгонных пунктов следует принимать по нормам, установленным для перегонов. На приемо-отправочных и других станционных путях надлежит устраивать однослойную призму из гравийного или гравийно-песчаного балласта; допускается применение щебеночного балласта фракции 5-25 мм или асбестового балласта на песчаной подушке.

Толщину балластного слоя под шпалой на станционных (кроме главных) путях следует принимать не менее 30 см на земляном полотне из глинистых грунтов, песков мелких и пылеватых. При использовании щебеночного или асбестового балласта на песчаной подушке толщина верхнего слоя должна быть не менее 20 см и песчаной подушки – 15 см.

6.13. На приемо-отправочных путях при применении стрелочных переводов, позволяющих безостановочный пропуск поездов со скоростями движения более 50 км/ч, верхнее строение пути должно быть такого же типа, что и на главных путях.

6.17. Стрелочные переводы должны иметь марки крестовин не круче указанных в таблице 14 и соответствовать типу укладываемых рельсов. Стрелочные переводы, укладываемые на главных путях станций, разъездов и обгонных пунктов, должны обеспечивать пропуск поездов по прямому направлению со скоростью не меньшей, чем реализуемая на прилегающих перегонах.

На главных путях станций, где предусмотрен пропуск пассажирских поездов со скоростями 140 – 200 км/ч, должны укладываться стрелочные переводы типа Р65 марки 1/11 с гибкими острьяками и крестовиной с непрерывной поверхностью катания.

Укладку стрелочных переводов марки 1/18 и 1/22, перекрестных стрелочных переводов, глухих пересечений и одиночных симметричных переводов допускается предусматривать в трудных условиях в порядке исключения по согласованию с МПС России.

Таблица 14

Назначение стрелочных переводов	Марки крестовины не круче
Для безостановочного пропуска поездов, при разветвлении главного пути и в путепроводных развязках	1/18; 1/22 и в обоснованных случаях -1/11
Для приема и отправления пассажирских поездов по боковому пути	1/11; перекрестные переводы и одиночные, являющиеся продолжением перекрестных – 1/9
Для приема и отправления грузовых поездов по боковому пути	1/9; симметричные – 1/6
На соединениях прочих станционных путей	1/9; симметричные – 1/6

6.18. Стрелочные переводы и стрелочные улицы, включая закрестовинные кривые, на главных и приемо-отправочных путях следует укладывать на щебеночный или асбестовый балласт с обеспечением водоотвода. При этом толщину балластного слоя под переводными брусьями и шпалами на стрелочных переводах на главных путях следует принимать по нормам таблицы 13 для соответствующих категорий, но не ниже III категории, а на остальных путях - по нормам для III категории.

Стрелочные переводы следует укладывать на деревянных антисептированных или железобетонных брусьях.

6.20. Вновь сооружаемые и перекладываемые пути и стрелочные переводы надлежит закреплять от угона по типовым схемам.

Верхнее строение пути на мостах и в тоннелях

6.22. На мостах, в тоннелях и галереях должны укладываться рельсы типа Р65 и тяжелее, термоупрочненные, преимущественно, сваренные в плети; применение старогодных рельсов на больших и средних мостах, а также в тоннелях не допускается.

6.23. Для пути на мостах следует применять железобетонные или деревянные шпалы на щебеночном или асбестовом балласте, безбалластные железобетонные плиты.

Путь на подходах к мостам следует укладывать на щебеночном или асбестовом (если такой балласт уложен на мосту) балласте на протяжении в каждую сторону 50 м – у малых мостов, 200 м – у средних мостов, 500 м – у больших мостов.

6.24. В тоннелях следует укладывать преимущественно безбалластный путь. Балластную конструкцию пути можно применять по согласованию с МПС России.

6.26. В местах сопряжения безбалластных конструкций пути на мостах и в тоннелях с конструкцией пути на земляном полотне при необходимости должны укладываться участки специального переходного пути переменной жесткости по индивидуальным проектам, согласованным с МПС России.

Раздел 8. Мосты и трубы

8.5. Мосты с устройством пути на балласте, а также трубы под насыпями разрешается располагать на участках дороги с любым планом и профилем, принятым для линии.

Мосты с безбалластной проезжей частью (в том числе с ездой по железобетонным плитам) следует располагать на прямых участках пути и на уклонах не круче 4 ‰. Расположение таких мостов на уклонах круче 4 ‰, но не более 10 ‰, допускается только при технико-экономическом обосновании. При этом необходимо учитывать дополнительные усилия, возникающие в конструкциях сооружений.

8.6. Отметку бровки насыпи над трубами следует определять с учетом толщины засыпки (от верха звена или плиты перекрытия до подошвы рельса), принимаемой, как правило, не менее:

для бетонных или железобетонных труб – 1,0 м;

для металлических (в том числе гофрированных) труб – 1,2 м.

Примечание к пункту 8.6: Толщину засыпки над трубами и пешеходными тоннелями, расположенными в пределах станций, допускается принимать менее 1,0 м.

8.7. Водопрпускные трубы следует, как правило, проектировать на безнапорный режим работы. Полунапорный режим работы труб допускается только при расчете на пропуск наибольшего расхода водотока, устройстве под звеньями и оголовками фундаментов и выполнения специальных конструктивно-технологических требований.

Для труб, расположенных в районах со средней температурой наружного воздуха наиболее холодной пятидневки ниже минус 40° С, не допускается предусматривать полунапорный режим работы, за исключением случаев расположения труб на скальном основании.

Применение труб не допускается при наличии на водотоках ледохода и карчехода, а также, как правило, в местах возможного возникновения селей и образования наледи.

В виде исключения, в местах возможного образования наледей может быть допущено применение прямоугольных бетонных труб (шириной не менее 3,0 м и высотой не менее 2,0 м) в комплексе с постоянными противоналедными сооружениями.

Для пропуска селевых потоков следует предусматривать однопролетные мосты отверстиями не менее 4,0 м или селеспуски с минимальным стеснением потока.

8.8. Отверстия и высоту в свету труб следует назначать, как правило, не менее :

1,0 м – при длине трубы до 20 м;

1,25 м – при длине трубы 20 м и более.

В районах со средней температурой наружного воздуха наиболее холодной пятидневки ниже минус 40° С отверстие труб следует назначать не менее 1,5 м независимо от длины трубы.

Возвышение высшей точки внутренней поверхности трубы в любом поперечном сечении над поверхностью воды в трубе при максимальном расходе расчетного паводка и безнапорном режиме работы должны быть в свету: в круглых и сводчатых трубах высотой до 3,0 м – не менее ¼ высоты трубы, свыше 3,0 м – не менее 0,75 м; в прямоугольных трубах высотой до 3,0 м – не менее 1/6 высоты трубы, свыше 3,0 м – не менее 0,50 м.

8.9. В целях сокращения числа переездов и переходов в одном уровне допускается увеличивать отверстия мостов и труб для использования их в качестве пешеходных переходов, скотопрогонов, а в

случае технико-экономической целесообразности – для пропуска автомобильного транспорта и сельскохозяйственных машин.

Габариты сооружений, используемых в указанных целях, следует принимать не менее:

для прохода пешеходов: ширину 2,25 м – на пешеходных мостах и 3,0 м – в пешеходных тоннелях, высоту – 2,3 м;

для полевых дорог: ширину – 8,0 м, высоту – 4,5 м;

для прогона скота: ширину – 8,0 м, высоту – 3,0 м.

8.12. Возвышение низа конструкций путепроводов и пешеходных мостов над железнодорожными путями должно назначаться с увеличением габаритов приближения, предусмотренных ГОСТ 9238-83, на величину 20-30 см – для обеспечения возможности подъема железнодорожного пути.

При проектировании путепроводов через автомобильные дороги и городские улицы должны соблюдаться габариты приближения конструкций и строений, предусмотренные СнИП 2.05.03-84. При этом следует учитывать возможность повышения уровня автопроезда после ремонта проезжей части дороги на толщину нового (дополнительного) слоя дорожного покрытия.

8.14. Расчеты мостов и труб на воздействие водного потока следует производить по гидрографам и водомерным графикам для расчетных и наибольших паводков. Вероятность превышения расходов паводков и соответствующих им уровней воды на пике паводков следует принимать:

для линий III категории и выше – 1:100 (1%) – при расчетных паводках и 1:300 (0,33%) – при наибольших паводках;

для линий IV категории – 1:50 (2%) – при расчетных паводках и 1:100 (1%) – при наибольших паводках.

Для искусственных сооружений на подъездных путях IV категории, на которых по технологическим причинам не допускается перерывов в движении поездов, вероятность превышения расчетных расходов и соответствующих им уровней воды следует принимать равной 1:100 (1%).

Раздел 9. Тоннели

9.2. Выбор места тоннельного пересечения, числа путей в тоннеле, его высотного положения и расположения в продольном профиле и плане следует производить при сравнении вариантов проектных решений соответствующего участка железнодорожной линии. При этом, как правило, следует избегать заложения тоннелей в зонах тектонических разломов, оползневых участков и местах повышенного водосбора (в логах, под седловинами водоразделов и т.д.).

При расположении портала тоннеля в пределах заливаемой поймы дно водоотводного лотка тоннеля у портала следует располагать не менее, чем на 1 м (с учетом подпора и высоты наката волны) выше наивысшего уровня высоких вод, определяемого по наибольшему расходу с вероятностью превышения 1:300 (0,33%).

9.3. Руководящий уклон или уклон усиленной тяги, принятый для открытых участков трассы, допускается сохранять в тоннеле при его длине менее 300 м. При длине тоннеля 300 м и более величина уклона в тоннеле и на подходах к нему со стороны подъема на протяжении, равном принятой на проектируемой линии полезной длине приемо-отправочных путей, не должна превышать величины руководящего уклона (или уклона усиленной тяги), умноженной на коэффициенты смягчения, величина которых обосновывается расчетом.

Продольный профиль пути в тоннеле следует проектировать односкатным или двускатным с уклонами не менее 3 ‰ и в исключительных случаях не менее 2 ‰; горизонтальные участки длиной до 400 м допускается предусматривать в двускатных тоннелях лишь как отдельные площадки между двумя уклонами, направленными в разные стороны.

9.4. Расположение тоннелей в плане должно удовлетворять требованиям, предъявляемым к открытым участкам железнодорожной линии. Предпочтение следует отдавать расположению тоннеля на прямых участках пути.

9.6. Тоннели должны быть защищены от проникновения в них подземных и поверхностных вод.

Защиту тоннелей от поверхностных вод следует осуществлять в надтоннельной зоне путем устройства нагорных канав, дренажа, планировки поверхности и др.

Проектирование тоннелей без водоотводных устройств не допускается. Продольный уклон дна водоотводных устройств должен быть не менее 3 ‰. При необеспечении этого условия следует предусматривать водоотливные устройства.

Конструкция дренажных сооружений и устройств не должна допускать замерзания в них воды и образования наледей в тоннеле.

При односкатном продольном профиле тоннеля необходимо обеспечить отвод воды в сторону от тоннеля из предпортальной выемки, расположенной в верховой стороне.

Раздел 10. Станции и узлы

10.2. Разъезды, обгонные пункты, промежуточные и, по возможности, участковые станции следует проектировать однотипными для всей линии или в пределах отдельных участков обслуживания локомотивов бригадами.

10.3. Разъезды и промежуточные станции новых однопутных линий II и III категорий, а также промежуточные станции и обгонные пункты на скоростных и особогрузонапряженных линиях, а также линиях I категории следует проектировать продольного типа.

Разъезды и промежуточные станции, размещаемые в трудных топографических, геологических и других природных местных условиях (в районах со снежными и песчаными заносами и т.п.), и на которых не предусматривается остановка соединенных поездов для скрещения или технического обслуживания вагонов, допускается проектировать поперечного типа.

Обгонные пункты и промежуточные станции проектируемых двухпутных линий могут быть поперечного, полупродольного и продольного типов в зависимости от топографических, геологических и других местных условий, с учетом их развития на перспективу.

10.15. Полезную длину приемо-отправочных путей для грузового движения следует устанавливать в соответствии с требованиями, приведенными в п.3.7, с учетом унификации полезной длины путей на связанных направлениях и минимальное значение принимать равным 850 и 1050 м, а для части станционных путей при технико-экономическом обосновании – 1700 и 2100 м.

10.20. Число приемо-отправочных путей (без главного) на разъездах, обгонных пунктах и промежуточных станциях следует

устанавливать в зависимости от характера и размеров движения поездов в соответствии с принятой схемой раздельного пункта и должно быть не менее указанного в таблице 15.

Таблица 15

Раздельные пункты	Число приемо-отправочных путей (без главного)			
	для однопутной линии при пропускной способности в парах поездов параллельного графика			для двухпутных линий
	до 12	13 ÷ 24	более 24	
Разъезды	1	1 – 2	2	-
Обгонные пункты	-	-	-	1 – 2
Промежуточные станции	2	2	2 – 3	2 – 3

10.32. Расстояние между осями смежных путей на станциях, разъездах и обгонных пунктах в пределах прямых участков следует принимать по таблице 21. При расположении путей в кривых эти расстояния необходимо увеличивать согласно «Инструкции по применению габаритов приближения строений – ГОСТ 9238-83».

Таблица 21

Наименование путей	Расстояние между осями смежных путей на станциях, разъездах и обгонных пунктах, мм	
	нормальные	наименьшие
1. Главные пути при движении поездов со скоростями: до 140 км/ч 141 – 200 км/ч	5300 равное расстоянию между осями путей на прилегающих перегонах	4800 равное расстоянию между осями путей на прилегающих перегонах
2. Главный и смежные с ним пути при движении поездов со скоростями до 140 км/ч 141 – 200 км/ч	5300 7650	5300 7400
3. Приемо-отправочные пути и сортировочно-отправочные пути	5300	4800

Примечания к таблице 21:

- Нормальные расстояния между осями смежных путей, приведенные в таблице, следует принимать при проектировании станций, разъездов и обгонных пунктов на новых линиях и при переустройстве существующих отдельных пунктов. Наименьшие расстояния допускается применять при*

соответствующем обосновании: для новых отдельных пунктов, располагаемых на существующих линиях в особо трудных условиях; для переустраиваемых существующих отдельных пунктов в трудных условиях; при проектировании отдельных пунктов на новых линиях, в виде исключения по согласованию с МПС РФ.

- Предельные столбики должны устанавливаться в том месте, где расстояние между осями сходящихся путей составляет 4100 мм.*

Раздел 11. Примыкания и пересечения

11.4. Пересечения новых железнодорожных линий и подъездных путей с другими железнодорожными линиями и подъездными путями, трамвайными, троллейбусными линиями, магистральными улицами общегородского значения и скоростными городскими автомобильными дорогами I – III категорий следует проектировать в разных уровнях.

Пересечение железных дорог с остальными автомобильными дорогами надлежит предусматривать в разных уровнях в случаях:

если автомобильная дорога пересекает три и более главных путей;
если в месте пересечения может быть реализована скорость движения пассажирских поездов более 120 км/ч или интенсивность движения составляет более 100 поездов в сутки;

если на автомобильных дорогах предусматривается троллейбусное движение или устройство трамвайных путей;

если железная дорога проложена в выемке, а также в случае, когда на переезде не могут быть обеспечены нормы видимости согласно

требованиям СНиП 2.05.02-85, и в других случаях, когда требуется охрана переезда.

При проектировании пересечений в разных уровнях железных и автомобильных дорог следует рассматривать возможность и целесообразность использования для этих целей водопропускных искусственных сооружений при соответствующих изменениях их конструкций, регламентированных в п. 8.9, и безусловном обеспечении необходимых подмостовых габаритов.

11.5. Пересечения железных дорог с автомобильными в одном уровне (переезды) следует предусматривать вне пределов отдельных пунктов.

Переезды должны располагаться, как правило, на прямых участках железных и автомобильных дорог. Пересечения железных дорог с автомобильными дорогами должны осуществляться преимущественно под прямым углом. При невозможности выполнить это условие угол между пересекающимися дорогами в одном уровне не должен быть менее 60°.

Подходы автомобильных дорог к переезду должны устраиваться такими, чтобы на протяжении не менее 10 м от крайнего рельса дорога имела горизонтальную площадку, а в кривых – уклон, обусловленный возвышением одного рельса над другим; перед площадкой на протяжении не менее 50 м продольный уклон не должен превышать 30 ‰.

Все обустройства переездов должны соответствовать требованиям Правил технической эксплуатации железных дорог РФ, Правил дорожного движения РФ, Инструкции по эксплуатации железнодорожных переездов. Неохраняемые переезды должны быть

оборудованы дистанционной системой контроля за исправной работой переездной сигнализации с ближайшей станции.

На электрифицированных железных дорогах с обеих сторон переезда должны быть установлены габаритные ворота высотой проезда не более 4,5 м.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

**ВЛИЯНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ НА УСЛОВИЯ
ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ³⁹**

**1. Размещение отдельных пунктов с путевым развитием на
уклонах**

**1.1. Трогание с места после стоянки грузового поезда установленной
массы**

Грузовые поезда оборудованы пневматическими прямодействующими автоматическими фрикционными тормозами. Тормозная система обеспечивается сжатым воздухом с помощью компрессора, который нагнетает его в главные резервуары. Прибором управления является кран машиниста, к которому подведены воздухопроводы напорной (питательной) и тормозной магистрали. Для управления вспомогательными тормозами локомотива применяется кран вспомогательного тормоза, его подключают к питательной магистрали, магистрали тормозных цилиндров и к трубе воздухораспределителя.

Выполнение команд, задаваемых краном машиниста (отпуск, перекрыша, торможение), обеспечивают приборы – воздухораспределители. Основными функциями этих приборов *при отпуске тормозов* являются: 1) зарядка сжатым воздухом через обратный клапан запасных резервуаров (обеспечивающих автоматическое срабатывание тормозов при разрыве поезда), 2) выпуск воздуха из тормозных цилиндров, а *при торможении* – наполнение тормозных цилиндров сжатым воздухом из запасных резервуаров (через

³⁹ Библиографический список приведен в конце приложения 2

рычажную передачу – двустороннее прижатие колодок к бандажам колес).

После полного служебного торможения и стоянки грузового поезда на отдельном пункте, который расположен на уклоне, необходимо осуществить трогание поезда с места. Поезд растянут и трогание его осуществляется при токах $600 \div 700$ А. Скорость увеличивается очень медленно, поэтому для того, чтобы не допустить при металлокерамических накладках токоприемника местного нагрева контактного провода, приводящего к его пережогу, приходится обязательно поднимать второй токоприемник.

Согласовав с дежурным по станции (поездным диспетчером), машинист начинает движением назад сжимать поезд и одновременно применяет ступени торможения краном машиниста. Нажав кнопку «Электрическая подача песка», он подает песок под первую колесную пару.

Затем машинист переводит ручку крана машиниста в положение I (отпуск) и повышает давление в тормозной магистрали до $6,0 \div 6,2$ кгс/см². Происходит зарядка тормозной магистрали, заполнение запасных резервуаров и отпуск тормозов состава вагонов (тормозные цилиндры через воздухораспределители сообщаются с атмосферой, воздух из них уходит, пружины цилиндров возвращают поршни со штоками в отпускное положение и тормозные колодки отводятся от колес).

В этот момент зарядки тормозной системы ($40 \div 50$ с) весь грузовой состав установленной массы удерживается на уклоне только *вспомогательными* (пневматическими прямодействующими неавтоматическими фрикционными) *тормозами локомотива*.

Машинист устанавливает реверсивную рукоятку в положение «Вперед» и начинает набор позиций контроллера, постепенно растягивая поезд и приводя его в движение. Начиная с момента перевода рукоятки контроллера на 1-ю позицию, песок подают непрерывно. Это обеспечивает плавное взятие поезда с места, так как тормоза хвостовой части поезда будут отпускать медленнее, и тем самым достигается как бы поочередное приведение в движение каждого вагона. При этом и вероятность пережога контактного провода будет минимальной, так как локомотив движется, а не стоит на месте.

Вывод : трогание с места грузового поезда после стоянки на раздельном пункте – сложная задача. В процессе ее выполнения возможны следующие нежелательные ситуации (в случае неопытности машиниста, в суровых природных условиях, при стечении неблагоприятных обстоятельств):

пережог контактного провода; обрыв поезда (уход части вагонов под уклон); большой расход песка; перерасход электроэнергии (топлива); продолжительное боксование на раздельном пункте (износ колес локомотива и рельсов, засорение пути песком, продольные удары по головке рельса, как следствие – угон пути и возникновение вертикальных высокочастотных колебаний рельсов и основания пути, что ведет к неисправностям пути в профиле, а также возникновение низкочастотных колебаний экипажной части локомотива, вызывающих дополнительные напряжения в элементах верхнего строения пути и, как следствие – просадки пути), нарушение графика движения поездов. Поэтому, *располагать раздельные пункты на уклонах – не рекомендуется.*

1.2. Уход незакрепленных вагонов с приемо-отправочных путей раздельных пунктов, расположенных на уклонах

При постановке вагонов или составов на путях с различными уклонами их закрепление требует установки разного числа тормозных башмаков. Отступление от этих требований приводит к нарушению безопасности движения поездов и маневровой работы.

Примеры ухода вагонов и их последствия:

4 октября 1988 г. на станции Свердловск-Сортировочный произошел уход с пути парка приема состава поезда № 3091 из 56 вагонов, из которых два первых по ходу вагона с разрядным грузом столкнулись с проходившим по предгорочной горловине транзитным поездом. Одной из причин, которая не позволила предотвратить столкновение поездов, явился большой уклон третьего пути парка приема, на котором стоял состав в ожидании надвига на горку. Согласно продольному профилю третьего пути парка приема уклон, на котором размещался состав, составил 2,78 ‰. Среднее значение уклона по всей длине этого пути 2,47 ‰ при допустимом значении 2,5 ‰ в особо трудных местных условиях. Состав поезда № 3091 массой 3877 т был закреплен на третьем пути специальным устройством УЗС-83, которое согласно техническому паспорту обеспечивает надежное удержание состава массой до 5000 т на уклоне 5 ‰. Таким образом, удержание вагонов от самопроизвольного ухода было обеспечено с большим запасом. В конце третьего пути на расстоянии 40 м от хвоста состава поезда № 3091 стоял горочный локомотив, готовый к надвику состава на горку. Согласно местной инструкции раскрепление состава, на который дана техническая готовность, выполняет сигналист по указанию ДСП парка приема после прицепки горочного локомотива непосредственно перед надвигом состава на горку. *Дежурная парка ошибочно дала*

команду сигнальнику на раскрепление состава поезда № 3091 без предварительной прицепки горочного локомотива. Раскрепленный состав начал движение из-за уклона станционного пути. Увидев, что состав пришел в движение, ДСП дала команду машинисту горочного локомотива догнать и удержать состав. Машинист локомотива выполнил это указание. Он догнал уходящий состав, сцепился с ним и применил вспомогательные тормоза локомотива. Но тормозного пути не хватило, и произошло соударение скатывающегося состава с движущимся транзитным поездом. В результате столкновения произошло опрокидывание и разрушение первых двух вагонов с разрядным грузом, что вызвало мощный взрыв. Расчеты показали, что машинисту горочного локомотива для того, чтобы удержать состав без выхода на маршрут следования транзитного поезда не хватило 18 секунд. Столкновение можно было бы предотвратить, если бы уклон третьего пути не превышал 2 ‰.

4 июля 1990 г. на третьем пути (**со средним уклоном 3 ‰**) станции Умет Юго-Восточной железной дороги находился состав из 43 вагонов-хопперов, 18 из них – порожние. Состав со стороны уклона был закреплен шестью тормозными башмаками, что соответствовало норме техническо-распорядительного акта (ТРА) станции при укладывании башмаков только под груженные вагоны (с нагрузкой на ось не менее 15 т брутто), однако второй и третий со стороны уклона тормозные башмаки были уложены под порожние вагоны. **Составитель проверил только число башмаков, но не правильность их расстановки, и, кроме того, составитель не проверил положение башмаков на головке рельса и накат колес на башмаки.** Первый со стороны уклона башмак, находящийся под груженым вагоном, был уложен на рельс с перекосом и без наката колеса на башмак. После отцепки 26 вагонов со стороны,

противоположной спуску, оставшиеся 17 вагонов (7 груженных и 10 порожних) общей массой 843 т оказались закрепленными только двумя тормозными башмаками, уложенными под порожние вагоны, и размещались на участке станционного пути с уклоном **4,5 ‰**. Поэтому после расцепки группа из 17 вагонов сразу пришла в движение. Первый башмак, уложенный под груженный вагон с нарушением правил, не повлиял на удержание отцепы от самопроизвольного движения под уклон и в самом начале движения со скоростью примерно 0,5 км/ч оказался сброшенным колесной парой с головки рельса (исправный тормозной башмак при правильной его установке всей плоскостью на головку рельса рассчитан на остановку вагонов, движущихся со скоростями до 16,2 км/ч). Ушедшие со станции Умет 17 вагонов на перегоне Умет – Тоновка столкнулись с хвостовой частью грузового поезда № 2155. В результате – авария.

6 июля 1990 г. на станции Алатырь Горьковской железной дороги произошла авария. С подъездного пути Алатырского объединения Сельхозтехники (**уклон 3 ‰**) произошел самопроизвольный уход шести груженных вагонов, которые проследовали расстояние 4,5 км до четной горловины станции Алатырь и со скоростью 60 км/ч столкнулись с маневровым тепловозом ЧМЭ3-1930, осаживающим состав из 19 вагонов. В результате столкновения поврежден путь, вагоны, тепловоз и допущен перерыв движения на участке Алатырь – Красный Узел продолжительностью 8 ч 24 мин. Указанная группа из шести вагонов была закреплена на подъездном пути одним тормозным башмаком, что соответствует ТРА станции Алатырь. Однако причиной самопроизвольного ухода вагонов явилась **неисправность тормозного башмака, не допустившая плотного прилегания его подошвы к головке рельса по всей плоскости** (суммарная площадь контакта трения

подошвы неисправного башмака с головкой рельса, определенная в результате расследования, составила 3540 мм², что в 9 раз меньше опорной площади подошвы исправного башмака, – по этой причине удерживающая сила башмака оказалась недостаточной).

Вывод: с отдельных пунктов, расположенных на уклонах, – особенно станций, где производятся маневровые операции, возможен самопроизвольный уход незакрепленных вагонов (в случае нарушения инструкций, ПТЭ, ТРА станций и т.д.), что приводит к очень тяжелым последствиям.

Поэтому *раздельные пункты с путевым развитием не следует размещать на уклонах* (в трудных условиях необходимо применять как можно более пологие уклоны), а приемоотправочным путям станций, на которых планируется производство маневровых работ, рекомендуется придавать вогнутый «противоугольный» *трехэлементный продольный профиль*.

2. Длина переходных кривых (отвод возвышения наружного рельса)

Наименьшая длина переходной кривой ограничивается двумя условиями: предотвращением схода колес с рельсов внутренней нити (недопущением вползания гребня внутреннего колеса передней колесной пары на внутренний рельс) и ограничением вертикальной составляющей скорости подъема колеса на рельс (недопущением ударного взаимодействия колеса и рельса наружной нити в пределах отвода возвышения).

16 августа 1988 г. на перегоне Березайка – Поплавенец Октябрьской железной дороги на 307 – 308 км потерпел крушение скоростной пассажирский поезд № 159 «Аврора» сообщением

Ленинград – Москва. При крушении все 15 вагонов поезда сошли с рельсов, возник пожар. В результате 31 человек погиб, 100 получили телесные повреждения. За 2 часа перед проходом пассажирского поезда № 159 старший дорожный мастер выполнял выправку пути на 307 км с применением машины ВПР-1200. В месте начала работы ВПР на девятом пикете 307 км в результате неправильной технологии работ образовалась просадка пути глубиной 10-15 мм и длиной 5 м, причем отвод этого отступления в положении рельсовой колеи в продольном профиле составлял *до 3 ‰* (при допустимом уклоне отвода - 1 ‰ при скорости движения поездов более 120 км/ч, рекомендуемом уклоне отвода - 0,67 ‰). Эту просадку старший дорожный мастер оценил «на глазок». На самом деле она была настолько большой, что привела к *саморасцепу первого вагона и локомотива поезда № 159*, следовавшего по этому километру пути со скоростью 155 км/ч. Перепад высот автосцепок в момент саморасцепа оказался настолько большим, что автосцепкой электровоза ЧС6 у первого вагона была повреждена поддерживающая балка, на которую опирается переходная площадка. В результате саморасцепа и, следовательно, обрыва тормозной магистрали, произошло экстренное торможение состава поезда. При этом возникла дополнительная продольная сила, передаваемая на путь от колес подвижного состава, которая в сочетании с температурными силами привела к «выбросу» ослабленного пути в конце первого пикета 308 км и сходу вагонов с последующим крушением.

Вывод: уклон отвода возвышения (длина переходной кривой) имеет очень важное значение при обеспечении безопасности движения поездов. Хотя в рассмотренном выше крушении речь идет об отводе на

перекосе пути⁴⁰, однако те же самые требования к уклону отвода предъявляются и при содержании переходных кривых.

Поэтому *при проектировании переходных кривых следует принимать большую их длину*, так как, даже если возвышение наружного рельса поставят меньше, чем было принято в расчете длины переходной кривой, то уклон отвода будет еще более пологим и не потребуются реконструкции плана линии или ограничения скоростей движения поездов.

3. Обеспечение видимости на переезде

9 июня 1989 г. на железнодорожном регулируемом переезде I категории 1028 км Северо-Кавказской железной дороги из-за повреждения бруса автоматического шлагбаума дежурный по переезду пропускал автотранспортные средства, используя горизонтально-поворотный шлагбаум. На переезде из-за наличия защитных лесных насаждений полностью закрывалась видимость с автодороги приближающегося к переезду поезда. Требуемая дальность видимости приближающегося поезда, равная **400 м**, обеспечивалась только в случае, когда автотранспортное средство находилось от крайнего рельса на расстоянии **1,55 м** (вместо 50 м по Инструкции по эксплуатации переездов). На расстоянии от крайнего рельса 6,5 м видимость составляла всего 87 м. Это явилось одной из основных причин, приведших к наезду пассажирского поезда № 395 на автобус ЛИАЗ 62-82 РДЛ. Удар головной частью электровоза ЧС4Т пришелся в правую боковую сторону автобуса на уровне задней стойки передней двери. В результате столкновения погибли 32 человека и 14 человек получили

⁴⁰ Перекос – резкое изменение положения рельсовых нитей по уровню в разные стороны при расстоянии между вершинами пик 20 м и менее.

ранения. Когда водитель автобуса объезжал неисправный закрытый автошлагбаум, *дежурный по переезду видел это, но не подал сигнал остановки*. В это время поезд № 395 находился от переезда на расстоянии 352 м и машинист поезда не видел автобус. Автобус стал виден, когда выехал на железнодорожные пути. В это время поезд находился на расстоянии 134 м. Машинист применил экстренное торможение при скорости 86 км/ч, но столкновения предупредить не смог, так как длина тормозного пути составила 450 м.

Вывод: обеспечение видимости на переезде – одно из самых важных условий безопасности движения поездов (даже для регулируемых переездов). Поэтому, при проектировании пересечений железнодорожной линии с автодорогами в одном уровне следует *строго обеспечивать условия видимости на участке приближения к переезду*, как со стороны пути, так и со стороны автодороги. На проектируемых линиях располагать переезды в выемках в профиле и на кривой в плане *не допускается*.

Библиографический список к приложению 2

1. Вождение поездов: Пособие машинисту / Под ред. Р.Г.Черепашенца. – М.: Транспорт, - 1993. – 304 с.
2. Подвижной состав и основы тяги поездов: Учебник для техникумов ж.-д. трансп. / Под ред. С.И.Осипова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, - 1983. – 334 с.
3. Пархомов В.Т. Устройство и эксплуатация тормозов: Учебник для технических школ – М.: Транспорт, - 1994. – 208 с.

4. Сологуб Н.К., Шамаков А.Н. Безопасность движения поездов и маневров на железных дорогах (по материалам судебно-технических экспертиз): Учебное пособие для вузов. – М.: Транспорт, - 1995. – 93 с.
5. Козубенко В.Г. Безопасное управление поездом: вопросы и ответы. – М.: Транспорт, - 1992. – 254 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИМИТАЦИОННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ
ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПРОЕКТИРУЕМЫХ
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ⁴¹**

Сложная, многовариантная задача проектирования железных дорог, как правило, сводится к неукоснительному соблюдению действующих строительных норм (СНиП, СТН и т.д.) в целях обеспечения безопасности, плавности и бесперебойности движения поездов по проектируемой линии.

Но можно ли сегодня с уверенностью говорить о том, что в действующие нормативы уже заложены все необходимые посылки?

Бесконечный процесс познания не позволяет нам быть столь самоуверенными. Проектируя новую железную дорогу, мы создаем новую систему, которая должна работать и в процессе этой работы неизбежно столкнется со своими проблемами. Насколько сложны и разрешимы будут они – зависит, в конечном счете, и от проектировщика, от тех решений, которые он принял на проектной стадии.

Запроектированный путь должен быть прежде всего надежным. Говоря только об этой проблеме, уже нельзя довольствоваться старыми рамками технических условий и нормативов, так как слишком много выявлено новых факторов, оказывающих влияние на работу всего комплекса сооружений и устройств пути. В

⁴¹ Библиографический список приведен в конце приложения 3.

наше поле зрения попадают не только классические факторы – план, профиль, грузонапряженность, но и новые факторы: неотектоника, влияние магнитных бурь и климата (например, солнечной активности) на условия эксплуатации железной дороги (см. работы /1/, /2/, /3/). Все это требует анализа и нахождения закономерностей влияния всех факторов на работу динамической системы. Сегодня стоит вопрос о создании *модели эксплуатируемого железнодорожного пути, привязанной к конкретным региональным условиям с учетом совместной работы различных конструкций пути и подвижного состава.*

Современный уровень развития транспортной науки требует теоретического осмысления действительности (фактов) и интеграции знаний (правил вывода) из различных областей инженерной деятельности. Необходимо идти в своих исследованиях от абстракции к опыту. На основании абстракции мы создадим модель действительной железнодорожной линии и уже с ней будем проводить эксперименты, *моделируя реальные процессы, проигрывая множество вариантов ее поведения.*

Модель эксплуатируемого железнодорожного пути, ее реакция на каждое незначительное изменение того или иного фактора и анализ ее «чувствительности» (величины и направления реакции на изменение фактора) - вот *ключ к уточнению и пополнению нормативов проектирования новых железных дорог.* Да и есть ли другой путь, позволяющий заглянуть в будущее проектируемой железной дороги, существующей до определенного периода времени только на бумаге?

Если рассматривать вопрос совершенствования нормативов проектирования с точки зрения повышения надежности работы железной дороги, то следует свести его к созданию модели работы

железнодорожного пути в реальных условиях - модели, регистрирующей отказы работы и их причины, модели, живущей в пространстве и во времени.

И, несомненно, большое будущее просматривается здесь за *имитационным моделированием*⁴². Построение имитационной модели и экспериментирование с ней очень сложное и деликатное дело. В ходе создания этой модели инженер сталкивается с объективным диалектическим противоречием между адекватностью модели и ее простотой, что подобно противоречию между двумя крылатыми выражениями: «Все гениальное – просто» и «В любой науке подлинной науки столько, сколько в ней математики».

Стремление к адекватности заставляет инженера учитывать как можно больше переменных, которые описываются на математическом языке, что, в свою очередь, ведет к усложнению модели и требует более развитого математического аппарата, более совершенных вычислительных средств. С другой стороны – стремление к адекватности (точности) модели противоречит естественному желанию инженера – иметь достаточно простую (прозрачную) модель. Как снять это противоречие – вот главный вопрос (см. работы /5/, /6/).

Конечно, заманчиво построить модель, учитывающую все, даже малосущественные детали реального процесса. Но эта задача - невыполнима. Тем не менее, сегодня все острее ощущается необходимость поиска методов, которые дали бы возможность продуктивно изучать более адекватные модели и заниматься имитацией реальных процессов. Решающее место в имитационном моделировании

⁴² Имитационное моделирование представляет собой процедуру проведения имитационных экспериментов с системой соотношений, описывающих закономерности функционирования моделируемого объекта, которую по каким-либо причинам невозможно или нецелесообразно решать аналитически, /4, с.346/.

отводится современным ЭВМ, обладающим высоким быстродействием и значительной памятью, развитыми внешними устройствами, мощным программным обеспечением. ЭВМ дают возможность организовать диалог машины и человека. Этот процесс обладает замечательной способностью - повторять путь инженерной мысли, по дороге отбраковывая неудовлетворительные варианты. *Имитация позволяет изучать процессы функционирования железных дорог во всей их сложности и динамике.*

В книге, посвященной методологии проведения имитационных экспериментов с моделями, автор - Т. Нейлор выделял 6 этапов имитации (см. работу /7/):

- 1) формулировка проблемы;
- 2) формулировка математической модели;
- 3) составление программ для ЭВМ;
- 4) оценка пригодности модели;
- 5) планирование эксперимента;
- 6) анализ результатов.

Безусловно, каждый из этих этапов имеет свою значимость и сложность. Но особый интерес представляет все-таки первый этап. Именно *формулировка проблемы*, а не традиционные классические методы естественных наук, направленные на тщательное изучение моделируемого явления, именно путь интеграции научного знания.

Надежность железнодорожной линии будет зависеть от ряда факторов, определяющих ее деятельность. Это прежде всего потребная и возможная пропускная и провозная способности, как вероятности свершения сложного события.

Как известно, мощность железной дороги (провозная способность, объем грузовых перевозок в грузовом направлении, млн.т/год)

определяется по формуле (условные обозначения см. раздел 1 части 1 пособия)

$$\Gamma_{гр}^{об} = 365 \cdot Q_{ср} \cdot k_{н/бр} \cdot n_{гр} / \gamma \cdot 10^6, \quad (\text{П 3.1})$$

где $n_{гр}$ - пропускная способность по грузовому движению,
пар поездов/сутки – для однопутной линии или поездов/сутки
- для двухпутной линии (в грузовом направлении);

Случайный характер ряда величин, от которых зависит значение $Q_{ср}$ приводит к несоответствию $Q_{ср}$ (расчетного - прогнозируемого значения средней массы грузового поезда брутто, т/поезд – того значения, по которому определена мощность проектируемой ж.-д. линии) и фактического $Q_{ср}^{факт}$ (реализованного значения средней массы грузового поезда, т/поезд).

Влияние случайных факторов находит отражение на графике (рис.ПЗ.1). .

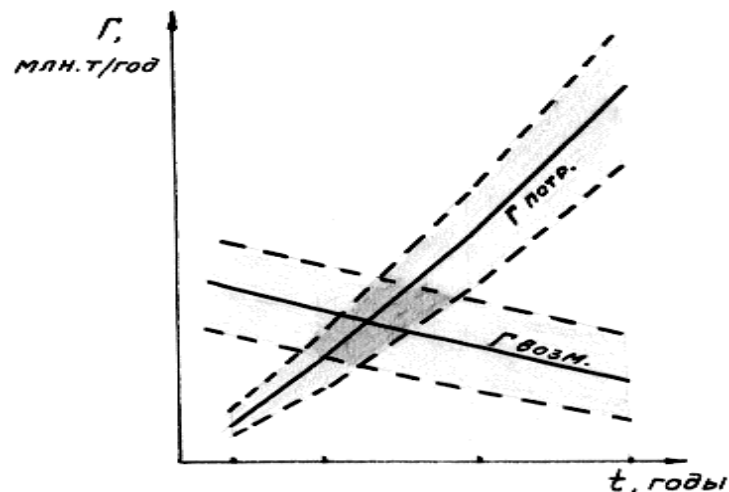


Рис. П. 3.1. Интервальные графики возможной и потребной провозных способностей проектируемой ж.-д. линии

Здесь уровни провозной способности показаны не линиями, а возможными полями (интервалами). Поэтому и мощность дороги представляется как вероятность свершения сложного события. И в общей картине работы железной дороги инженер должен найти ту ячейку, которая фиксирует какой-либо отказ системы в течение незначительного промежутка времени.

Этот график (см. рис. П.3.1) дает обобщенную картину работы дороги, не позволяющую увидеть возможные ежедневные отказы и степень их влияния на общее состояние модели, но именно **таким единым целым мы всегда должны видеть наш моделируемый объект.**

В целом модель должна представлять комплексную программу для ЭВМ. Какую же функцию будет отыскивать ЭВМ, во взаимосвязи с какими исходными данными?

Ставится задача нахождения такой функции **f**, которая определит взаимосвязь между входными и выходными факторами

$$\Phi = f \sum_{i=1}^n X_i \quad (\text{П } 3.2)$$

где Φ - выходная координата модели,

X_i - входная координата модели.

В качестве исходных данных следует принять параметры плана и продольного профиля, все допуски в нормах их проектирования, геологию района прохождения трассы, данные о наличии подвижек и разломов земной коры, данные о режимах движения подвижного состава и другие, которые могут быть еще выявлены. То есть, на входе в систему надо иметь все характеристики запроектированной нами сложной технической системы.

Выходная функция должна фиксировать отказы в работе нашей системы и, как оценочный критерий, может выражаться в рублях или трудозатратах. На этой стадии разработки прежде всего необходимо установить корреляционные связи между отказами, частотой их повторяемости и рядом входных функций. Полученное уравнение корреляционной связи позволит сразу отбросить несущественные факторы и сосредоточить свое внимание на наиболее важных, которые и будут включены в математическую модель /8/.

В конечном счете, эксперимент, который мы можем проводить с моделью, организовав диалог ЭВМ и человека - **эксперимент на теоретическом уровне позволит подыскать удачное сочетание входящих факторов, которые несут с собой минимальные потери при эксплуатации железной дороги. Это теоретическое знание и является целью имитационного моделирования, так как именно оно**

может быть заложено в нормативы изысканий и проектирования железных дорог.

Библиографический список к приложению 3

1. Быкова Н.М. Неотектонические движения земной коры и деформации дорожных сооружений. – Иркутск: ИрИИТ, 1998. – 136 с.
2. Надежность железнодорожного пути с учетом региональных условий: Заключительный отчет по теме 12-95-1. – Иркутск: ИрИИТ, 1998. – 110 с.
3. Надежность железнодорожного пути с учетом региональных условий: Промежуточный отчет по теме № 12-95-1.- Иркутск: ИрИИТ, 1996.
4. Беленький А.С. Исследование операций в транспортных системах: идеи и схемы методов оптимизации планирования. – М.: Мир, 1992. – 584 с.
5. Куликов Ю.А. Оценка качества решений в управлении строительством. – М.: Стройиздат, 1990. – 144 с.
6. Канин А.П., Карай Н.А. Моделирование производственных процессов строительства и ремонта автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1994. – 150 с.
7. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем: Пер. с англ. – М.: Мир, 1975. – 500 с.
8. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 510 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А	
Алгебраическая разность уклонов смежных элементов профиля.....	11, 55
Б	
Бровка основной площадки земляного полотна	
- проектная.....	33, 72
- профильная.....	32, 33, 72
В	
Верхнее строение пути.....	29
Весовая норма поезда.....	22
Г	
Грузонапряженность.....	48
Грунты	
- глинистые.....	30, 33
- дренирующие.....	30, 72
- крупнообломочные.....	30
- крупные супеси.....	30
- скальные.....	30
Д	
Длина	
- площадки раздельного пункта.....	24
- прямо-отправочных путей (полезная).....	24, 51
- элемента переходной крутизны и разделительной площадки.....	12, 55
- элементов профиля.....	54
З	
Защитный слой.....	33
Земляное полотно ж.-д. линии.....	29
И	
Имитационное моделирование.....	105
К	
Категория	
- железной дороги . 10, 11, 13, 18, 19, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 56, 57, 58, 59, 61, 63, 64, 65, 70, 72, 78, 79, 80, 82, 85, 86, 88	
Кривая	
- вертикальная.....	13, 26
- зависящая.....	19
- закрестовинная.....	28
- круговая.....	14, 15, 16, 17, 19, 23, 40, 64
- переводная.....	26, 27, 28
- переходная.....	13, 15, 16, 17, 18, 19, 23, 39, 40, 57, 61, 62, 63, 64, 65, 99, 100
Н	
Нижнее строение пути.....	28
О	
Обочина земляного полотна.....	35

П	
Песчаная подушка.....	80
Плечо балластной призмы.....	35
Площадка раздельного пункта.....	20
Подсистема	
- 1-го порядка.....	28
- 2-го порядка.....	28
- 3-го порядка.....	28, 29
Призма	
- балластная.....	33
- сливная.....	31
Профиль	
- поперечный профиль земляного полотна.....	29, 74
- продольный профиль трассы ж.-д. линии.....	22, 66, 69, 99
- трехэлементный продольный профиль путей на раздельном пункте.....	20
Прямая вставка.....	18
Пучение грунтов.....	33
Р	
Радиус	
- вертикальной кривой.....	13, 14, 56, 57
- круговой кривой.....	15
С	
Смягчение ограничивающих уклонов	
- дополнительное в кривых малого радиуса (из-за уменьшения коэффициента сцепления).....	53
Схема расположения приемо-отправочных путей.....	23
Т	
Тангенс	
- вертикальной кривой.....	14, 39
Толщина балластного слоя под шпалой.....	80
Трасса ж.-д. линии.....	28
У	
Уклон	
- допустимый по условию трогания с места.....	21
- допустимый по условию удержания поезда вспомогательными тормозами локомотива.....	22
- обеспечивающий точную остановку поезда.....	22
- ограничивающий.....	25, 35, 36, 53
- руководящий.....	51, 52, 53, 54, 86
- усиленной тяги.....	52
Установленная масса грузового поезда.....	22
Участок стабилизации.....	19
Ш	
Ширина	
- балластной призмы поверху.....	79
- водоотводных и нагорных канав.....	75
- кюветов.....	75
- основной площадки земляного полотна.....	29
- сливной призмы (по верху).....	31

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РОССИИ
ИРКУТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В.А.Подвербный, В.В.Четвертнова

**ПРОЕКТ УЧАСТКА
НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ.**

**ЧАСТЬ 3.
ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И
ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ
НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ**

*УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ*

ИРКУТСК 1999

УДК 625.111

Подвербный В.А., Четвертнова В.В. Проект участка новой железнодорожной линии. Часть 3. Выбор направления и трассирование вариантов новой железнодорожной линии: Учебное пособие по курсовому проектированию. – Иркутск: ИрИИТ, 1999. – 118 с.

Учебное пособие предназначено для студентов специальностей: 290900 «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» и 240100 «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте» высших учебных заведений дневной и заочной форм обучения.

В пособии изложены вопросы выбора направления новой ж.-д. линии и камерального трассирования по топографическим картам. Приведены подробные рекомендации по проектированию плана и продольного профиля новых ж.-д. линий. Пособие содержит справочные материалы, необходимые для выполнения курсового проекта на тему «Проект участка новой железнодорожной линии» по дисциплине «Изыскания и проектирование железных дорог» для специальности 290900 и расчетно-графической (контрольной работы №2) «Проект участка новой ж.-д. линии» по дисциплине «Основы геодезии и проектирования железных дорог» для специальности 240100.

В приложении 1 приведен пример многокритериального выбора варианта направления проектируемой ж.-д. линии на основе метода идеальной точки.

Ил. 28 . Табл. 1. Библиогр. 25 назв. Прилож. 1.

Рецензенты: канд. техн. наук, проф. **В.Н.Поздеев,**

зав. кафедрой пути и путевого хозяйства ИрИИТа;

канд. техн. наук, доц. **В.С.Мионов,**

зав. кафедрой изысканий и проектирования МИИТа

© Иркутский институт инженеров железнодорожного транспорта, 1999

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ.....	8
1.1. Введение в раздел.....	8
1.2. Особенности трассирования на участках вольного и напряженного ходов.....	13
1.2.1. Трассирование на вольных ходах.....	13
1.2.2. Трассирование на напряженных ходах.....	14
1.2.3. Примеры поперечно-водораздельного и длинного ходов.....	19
1.2.4. Определение положения вершины первого угла поворота.....	21
1.3. Построение плана и схематического продольного профиля трассы.....	23
1.3.1. Построение плана трассы.....	23
1.3.2. Проектирование схематического продольного профиля.....	28
1.4. Основные требования к проектной линии.....	41
1.4.1. Обеспечение бесперебойности движения поездов.....	41
1.4.2. Обеспечение безопасности и плавности движения поездов.....	49
1.4.2.1. Обеспечение в поездах допускаемых значений продольных сил и ускорений.....	50
1.4.2.2. Предохранение проектируемой линии от размыва и затопления.....	56
1.4.2.3. Проектирование пересечений железных дорог с другими путями.....	57
1.4.2.4. Проектирование пересечений железных дорог с другими путями.....	57
1.4.3. Взаимное расположение элементов плана и продольного профиля.....	58
1.5. Технология камерального трассирования.....	59
1.5.1. Определение проектных и рабочих отметок на продольном профиле.....	59
1.5.2. Укладка магистрального хода.....	61
1.5.3. Технология трассирования на участках напряженного хода.....	63
1.5.4. Технология трассирования на участках вольного хода.....	67
1.6. Заключение по разделу.....	74
1.7. Контрольные вопросы по разделу.....	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	87
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	91
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	94
Приложение 1.....	94
СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ НАПРАВЛЕНИЙ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ ПРИ МНОГИХ КРИТЕРИЯХ.....	94
Введение.....	94
Метод идеальной точки.....	98
Пример сравнения вариантов направления проектируемой ж.-д. линии при многих критериях по методу идеальной точки.....	103
Заключение.....	116
Библиографический список к приложению 1.....	116
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	121

ВВЕДЕНИЕ

Перед Вами третья часть учебного пособия по курсовому проекту «Проект участка новой железнодорожной линии».

Из первой части пособия Вы узнали - как определить основные параметры проектируемой железнодорожной линии. Кроме того, Вы научились выполнять описание района проектирования.

Во второй части пособия мы рассказали Вам – как правильно выбрать нормы проектирования новой железнодорожной линии из Строительно технических норм МПС РФ СТН Ц-01-95 «Железные дороги колеи 1520 мм» /1/.

В настоящей – третьей части учебного пособия - рассмотрен четвертый раздел курсового проекта – **4. Выбор направления и трассирование вариантов новой железнодорожной линии.**

Четвертый раздел проекта, наверное, самый сложный и интересный. Сложный потому, что Вы впервые столкнетесь с проблемой камерального трассирования по топографической карте. Поначалу Вам будет сложно увидеть рельеф, глядя на причудливо изогнутые горизонталы, реки, дороги, поселки. Сделать описание района трассирования во втором разделе проекта – это одно, а вот представить себе запроектированную новую железнодорожную линию – это гораздо труднее. Сложность работы над разделом будет заключаться еще и в том, что трассирование имеет очень большое количество вариантов и каждый из них – имеет право на реализацию (см. также введение к части I пособия и учебник /2/, главы 6 и 9/). Каждый, запроектированный в соответствии с СТН /1/, вариант ж.-д. линии может быть построен. Но нужна всего одна дорога – нужна лучшая трасса. Конечно, можно все

мыслимые варианты запроектировать, разместить на них отдельные пункты и искусственные сооружения, т.е. довести до этапа сравнения и, выполнив технико-экономическое сравнение (например, на основе глобального критерия чистого дисконтированного дохода, млн. руб – ЧДД, см. /3/) – выбрать один – оптимальный вариант трассы.

Но! Вы представляете себе объем (и нерациональность) такого подхода – над одним курсовым проектом будет трудиться весь поток студентов целый семестр, а в реальных условиях – в проектно-изыскательском институте объем и стоимость работ будут огромными. Да ведь таким образом и не поступают. Уже на этапе камерального трассирования выбирают несколько (2 – 5, в сложных случаях – при пересечении горных хребтов – до 20) конкурентоспособных вариантов трассы.

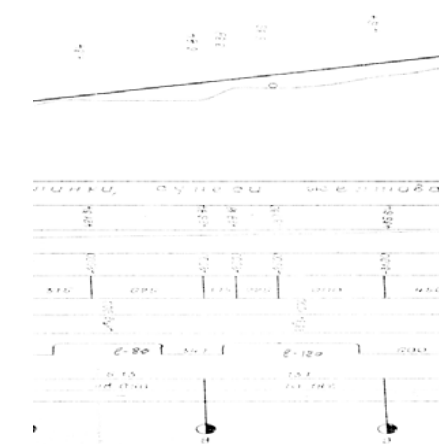
То есть, каждый раз, вписывая на карте кривую или проектируя на миллиметровке элемент продольного профиля, Вам следует видеть преимущества и недостатки того решения, которое Вы принимаете. И если преимуществ явных нет, а недостатки – очевидны, то Вы должны отбрасывать этот вариант. Таким образом, без явного (денежного) сравнения, в процессе трассирования Вам придется принимать важные решения: где пересечь водоток, в каком седле пересечь водораздел, пройти по долине реки или подняться на водораздел, какой радиус кривой вписать, какую прямую вставку запроектировать – и за счет чего обеспечить минимально допустимую по СТН прямую вставку: за счет уменьшения радиуса круговой кривой, или за счет изменения углов поворота смежных кривых и т.д. Вот в чем сложность!

Кроме того, трассирование не заканчивается только проектированием плана и профиля – необходимо еще разместить отдельные пункты и искусственные сооружения (см. часть 4 учебного

пособия), что может потребовать корректировки трассы на отдельных участках.

Но трассирование и самый увлекательный раздел проекта, т.к. Вы создаете новую ж.-д. линию, пока только на бумаге, но Вы можете ее представить.

Посмотрите на рисунок, приведенный внизу: продольный профиль участка Усть-Кут - Верхнекарелино¹. Видите – на профиле запроектированы две кривые, направленные в одну сторону и прямая вставка между ними, а на фото – по этому участку (через каких-нибудь 7 лет – идет поезд²) – вот в чем заключается смысл Вашего труда!³



Конец введения

¹ ТЭО новой железной дороги Усть-Кут - Верхнекарелино было подготовлено ОАО «ВОСТСИБТРАНСПРОЕКТ» в 1988-90 гг. Затем работы по изысканиям и проектированию этого титула были свернуты из-за отсутствия финансирования.

² Фото относится к БАМу: «Первый рабочий поезд на Бурятском участке БАМ» – из журнала «Железнодорожный транспорт», №2 за 1980 г. Но такой же поезд мог идти по трассе от Усть-Кута на север Иркутской области по линии Усть-Кут – Верхняя Чона.

³ Не всегда в жизни проекты новых железных дорог воплощаются в действительность, но проектировать – надо, без проектов не будет и дорог.



1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

1.1. ВВЕДЕНИЕ В РАЗДЕЛ

Началу камеральных трассировочных работ предшествуют работы по ознакомлению с районом трассирования по топографической карте заданного масштаба (см. п.2.3. пособия – часть 1).

Рекомендуется выделить на карте: синим цветом всю гидросистему (озера, реки, ручьи, болота), а коричневым цветом - все водоразделы (см. п.2.3 пособия – часть 1).

Далее, следует выделить все имеющиеся седла (коричневыми крестиками – так обычно выделяют перевалы в горной местности) по линии главных водоразделов - как возможные фиксированные точки, наметить линии логов⁴ (голубым пунктиром) и "увидеть" склоны долин.

На карте необходимо провести геодезическую линию⁵ - кратчайшее расстояние, соединяющее станцию А и направление Б (проведите прямую, соединяющую ось станции А и точку на направлении Б).

⁴ По логу (талъвегу) после дождя или снеготаяния бежит вода - это периодический водоток, Вы их не увидите нарисованными на карте, потому что на карте показаны только постоянные водотоки, подробнее см. /2, п.7.2, рис.7.4/, а также часть 4 пособия.

⁵ Кратчайшее расстояние между двумя точками на земной поверхности называется геодезической линией. См. /2, с.186/. Следует сделать уточнение: вообще-то, надо было бы провести от оси ст. А по направлению главных путей линию, на ней отложить половину длины станции А плюс некоторый запас, в который вошли бы тангенс круговой кривой (но ее радиуса и угла поворота Вы пока не знаете) и длина переходной кривой, деленная пополам, - и вот от этой полученной точки провести уже геодезическую прямую к направлению Б. Но в курсовом проекте Вы можете просто соединить т.А и т. Б (см. п.2.3 пособия – часть 1).

Максимально приближаясь к геодезической линии АБ, Вы должны проследить возможные варианты трассы, учитывая все высотные⁶ и контурные препятствия⁷. Трассирование на этом этапе сводится к выявлению опорных пунктов⁸, через которые следует провести трассу по экономическим условиям, и фиксированных точек⁹, которые диктуются топографическими, геологическими и природными условиями. Опорными пунктами в курсовом проекте являются станция А и точка на направлении Б. Фиксированными точками в курсовом проекте обычно являются: седловины на водоразделах – ближайшие к геодезической прямой, благоприятные места пересечения крупных рек – там, где русло реки прямое, узкое, а пойма неширокая и незаболоченная, точки обхода населенных пунктов, ценных земель и геологически неблагоприятных мест.

Трасса укладывается между фиксированными точками и опорными пунктами, выдерживая основное направление геодезической линии.

Например, на рис.1.1 в результате комбинации опорных пунктов и фиксированных точек можно наметить 5 вариантов направления новой железнодорожной линии.

⁶ Высотные препятствия – водоразделы (хребты и их отроги), долины рек с крутыми склонами (ущелья), прижимы, овраги и т.д.

⁷ Контурные препятствия – территории, которые нельзя пересекать, а надо – обходить (иногда все же пересекают, чтобы сократить длину трассы, но применяют специальные меры) – например: заповедники, заказники, закрытые территории, места разработки полезных ископаемых открытым способом, населенные пункты, геологически неблагоприятные территории (болота, мари, районы с многолетнемерзлыми породами, потенциально оползневые косогоры, закарстованные территории и т.д.).

⁸ Опорные пункты – это главные точки трассы, т.е. населенные и экономические пункты района, через которые должна пройти проектируемая линия. Опорные пункты могут быть специально заданы в задании на проектирование.

⁹ Фиксированные точки – это точки наиболее целесообразного обхода контурных или пересечения высотных препятствий. См. /2, с.187, рис.6.1/.

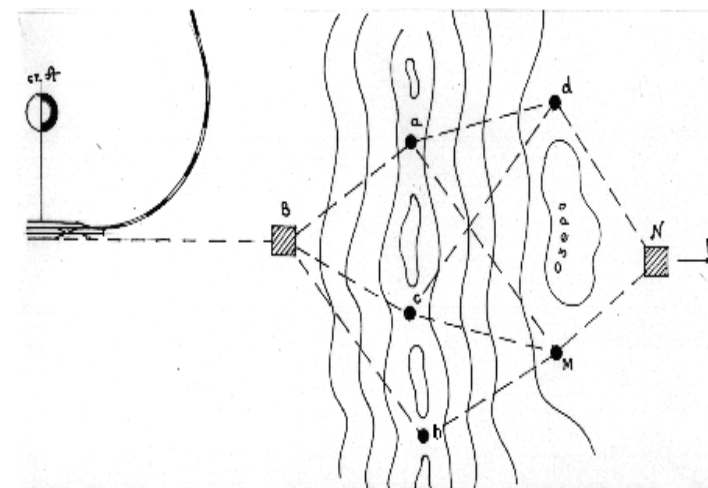


Рис. 1.1. Выявление вариантов направления новой железнодорожной линии:

А – Б – геодезическая прямая; В, N - опорные пункты трассы;

a, b, c, d, м – фиксированные точки трассы; - - - - - возможные варианты трассы

На местности, представленной на рис.1.1, вполне допустимо среди намеченных направлений трассы, наличие участков и вольного (a-В; d-N; m-N) и напряженного ходов¹⁰ (В-с; с-d; В-b; b-м; с-м). В курсовом

¹⁰ **Вольным ходом** называют участки трассы, на которых средние естественные уклоны местности $i_{ест(ср)}$ меньше уклона трассирования $i_{тр}$, **напряженным ходом** – участки трассы, на которых средние естественные уклоны местности равны или круче уклона трассирования, который определяется по формуле (1.2). Здесь необходимо сделать пояснение. Согласно/2, с.188/ и /4, с.564/, в определении вольного и напряженного ходов следует $i_{ест(ср)}$ **сравнивать не с уклоном трассирования $i_{тр} = i_{опр} - i_{эк(ср)}$, а с руководящим уклоном i_p** , являющимся частным случаем ограничивающего уклона (к ограничивающим уклонам относятся: руководящий уклон, уклон усиленной (кратной) тяги, уравновешенный уклон и инерционный уклон, см. /2, п.4.2/). Однако, затем, в расчетах минимальной расчетной длины линии (на напряженном ходу с развитием линии) /2, с.189, формула (6.1)/ в знаменателе стоит именно величина уклона трассирования. Кроме того, сама классификация трассировочных ходов по использованию

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

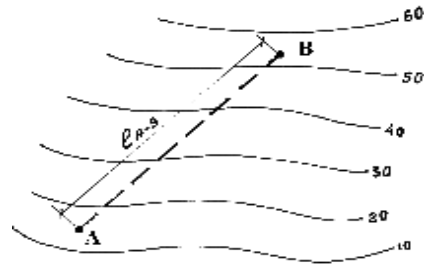
проекте необходимо разделить эти участки, поскольку приемы трассирования на них различны. Для этого необходимо сравнить уклон местности с заданным уклоном трассирования.

Для того чтобы определить средний естественный уклон местности $i_{ем(ср)}$, ‰, применяют следующую формулу

$$i_{ем(ср)} = (H_B - H_A) / I_{A-B} , \quad (1.1)$$

где H_B , H_A – отметки точек А и В (точка В имеет большую отметку), м;

I_{A-B} – расстояние между точками А и В, км.



ограничивающих уклонов предназначена, по-видимому, *прежде всего для предварительной оценки местности при трассировании по топографическим картам* – на значительном протяжении, поэтому и применяется не конкретная величина $i_{жк}$, а средняя на данном (протяженном участке) – $i_{жк(ср)}$, принимаемая априори (до расчетов конкретных значений $i_{жк}$, т.к. плана линии еще нет). Кроме того, предварительная, ориентировочная оценка сложности рельефа местности (не вообще, а сложности для применяемого ограничивающего уклона) ведется по картам с помощью циркуля (на участках напряженного хода даже рекомендуется укладывать циркульный ход), раствор которого рассчитывается именно через уклон трассирования (т.е. через ограничивающий уклон, заранее уменьшенный на среднюю величину сопротивления от кривых, которые потом будут вписаны по трассе, и не позволяя использовать полную крутизну ограничивающего уклона, т.к. всегда создают дополнительное сопротивление движению поездов). Приведенные выше доводы, на наш взгляд, доказывают целесообразность именно такой трактовки вольного и напряженного ходов, которая дана нами выше. Подробнее о классификации трассировочных ходов см. /2, п.6.1, с.188, п.6.3/.

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

Рис. 1.2. Определение среднего естественного уклона местности между точками А и В

Средний естественный уклон местности для примера, изображенного на рисунке 1.2, будет определяться следующим образом. Необходимо измерить на карте расстояние между точками А и В ($I_{A-B} = 4$ км). Затем необходимо определить отметки точек А и В. На рис. 1.2 для этого показаны горизонтали (сечение горизонталей через 10 м). Отметка точки А равна $H_A = 15,0$ м, отметка точки В равна $H_B = 54,0$ м.

Определим средний естественный уклон местности для примера, изображенного на рис. 1.2, используя формулу (1.1)

$$i_{ем(ср)} = (54,0 - 15,0) / 4 = 9,7 \text{ ‰} .$$

Для того, чтобы определить - напряженный ход или вольный, сначала необходимо рассчитать уклон трассирования $i_{тр}$, ‰ для варианта трассы по формуле

$$i_{тр} = i_{огр} - i_{жк(ср)} , \quad (1.2)$$

где $i_{огр}$ – величина ограничивающего уклона (руководящего или кратной тяги), ‰;

$i_{жк(ср)}$ - величина среднего по трассе уклона эквивалентного дополнительному сопротивлению от кривой, принимается равной *в зависимости от категории сложности рельефа:*

для I категории – 0,3 ‰, для II категории – 0,6 ‰ ,
для III категории – 0,8 и для IV категории – 1,0 ‰.

Допустим, в примере, приведенном на рисунке 1.2, участок трассы проходит по рельефу II категории сложности, следовательно, $i_{жк(ср)} = 0,6$ ‰. Руководящий уклон равен (в примере) $i_p = 11$ ‰. Тогда, $i_{тр} = 11,0 -$

- 0,6 = 10,4 ‰.

Для вывода о том – какой ход: напряженный или вольный, применяют следующие неравенства:

- 1) если $i_{ест(ср)} < i_{мп}$ – *вольный ход*;
 - 2) если $i_{ест(ср)} \geq i_{мп}$ – *напряженный ход*¹¹.
- (1.3)

Вспользуемся неравенствами (1.3) и определим, участок какого хода изображен на рис.1.2. Так как 9,7 ‰ < 10,4 ‰, следовательно, вольный ход.

1.2. ОСОБЕННОСТИ ТРАССИРОВАНИЯ НА УЧАСТКАХ ВОЛЬНОГО И НАПРЯЖЕННОГО ХОДОВ

1.2.1. Трассирование на вольных ходах

Трассирование ведется по кратчайшему направлению с обоснованием каждого угла поворота. Для того чтобы обход контурных препятствий (излучин рек, заболоченных мест, населенных пунктов, заповедников, озер и т.д.) не приводил к излишнему удлинению трассы, углы поворота должны быть не более $15 \div 20^\circ$, а препятствие размещается внутри угла поворота. Этого можно достичь, начиная обход препятствия, как можно дальше от него, см. /2, рис.6.2/.

¹¹ При $i_{ест(ср)} = i_{мп}$ трассировочный ход называется – *напряженный ход без дополнительного развития линии* (т.к. излишнего удлинения трассы – ее развития – не требуется), при $i_{ест(ср)} > i_{мп}$ трассировочный ход называется – *напряженный ход с расчетным развитием линии* (т.к. всегда можно заранее рассчитать – на какую величину потребуются удлинить трассу, чтобы преодолеть необходимую высоту), см. /2, с.189/.

1.2.2. Трассирование на напряженных ходах

В сложных топографических условиях на участках напряженного хода самым распространенным приемом камерального трассирования является нахождение на топографической карте в заданном направлении линии предельно допустимого уклона – линии нулевых работ или *циркульного хода*.

Пусть, например, необходимо на карте из т.А (рис.1.3) провести трассу в юго-восточном направлении до точки Л уклоном трассирования $i_{мп} = 12 \text{ ‰}$.

Для этого необходимо рассчитать раствор циркуля d , мм, по формуле

$$d = \Delta h / i_{мп}, \quad (1.4)$$

где Δh – высота сечения горизонталей, м.

В формуле (1.4) необходимо учесть масштаб карты. Для топографических карт, применяемых в курсовом проектировании (1:50000 и $\Delta h = 10$ м или 1:25000 и $\Delta h = 5$ м), формула (1.4) примет вид, напоминаем d , мм

$$d = 200 / i_{мп}. \quad (1.5)$$

Для условий примера, изображенного на рис.1.3 (линейные размеры искажены при издании пособия),

$$d = 200 / 12 = 16,7 \text{ мм.}$$

Затем, из начальной точки А, придерживаясь основного направления трассы, раствором циркуля, равным d , засекают соседнюю горизонталь и получают т.Б. Из полученной точки Б вновь засекают этим же раствором циркуля т.С на следующей горизонтали и т. д.

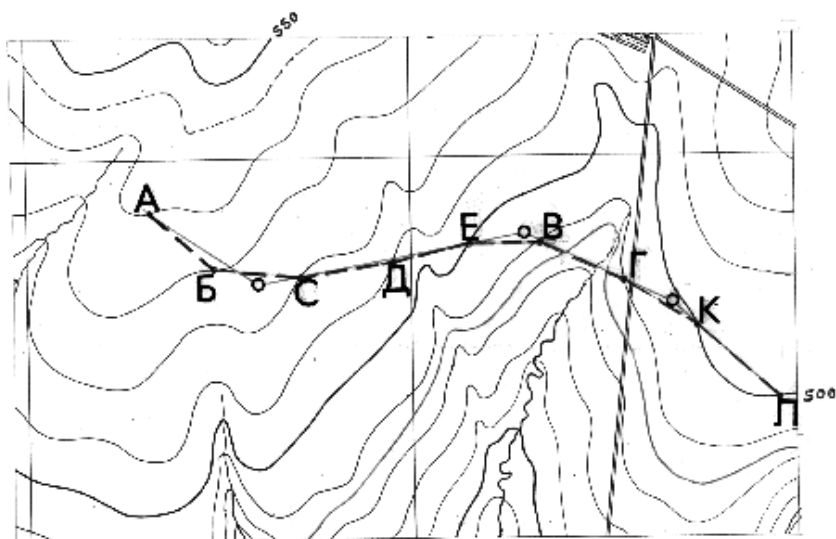


Рис.1.3. Укладка циркульного хода на участке трассы А – Л
(масштаб карты 1:50000, высота сечения горизонталей через 10 м)

При пересечении логов, оврагов (участок В-Г) к тальвегу не спускаются, а переходят сразу на другую сторону, проводя прямую линию (обычно перпендикулярно тальвегу) до одноименной горизонтали (отметки точек В и Г одинаковы – 490 м), см. /2, с.214, рис.6.33/. Так же поступают и при пересечении рек, стремясь, чтобы трасса была примерно перпендикулярна направлению течения реки. В местах, где расстояние между горизонталями больше принятого раствора циркуля, т.е. там, где естественный уклон местности меньше i_{mp} , точки выбирают свободно в необходимом направлении, т.к. это участки вольного хода. На рис. 1.3 такой участок К-Л (отметки точек К и Л одинаковы – 500 м).

Таким образом получают на карте точки А, Б, С, Д, Е, В, Г, К, Л (на рис.1.3 – соединены пунктиром), образующие на участке А-В линию равных уклонов (уклоном $i_{mp} = 12 \%$) или так называемую "линию нулевых работ". Это значит, если трассу провести по этой ломанной линии (на участке А-В), то для соблюдения проектного уклона не надо было бы делать ни насыпей, ни выемок (т.е. земляные работы – нулевые, отсюда название). На рис.1.3 сплошной линией показано спрямление участков линии нулевых работ -циркульного хода, которое выполняется для того, чтобы не вписывать в каждый угол поворота между шагами циркульного хода – круговую кривую. В противном случае, число небольших по углу поворота и протяженности кривых было бы велико, что затруднило бы содержание линии с таким планом.

Очевидно, что трассирование линии нулевых работ (циркульного хода) может быть проведено с двух заданных точек навстречу друг другу. Рекомендуется трассирование на участках напряженного хода вести с повышенных точек (например из седла водораздела) в направлении на спуск (в долину реки).

Укладка линии нулевых работ позволяет наметить минимально необходимое удлинение линии сверх кратчайшего расстояния между точками (развитие трассы) для укладки ее с заданным уклоном трассирования.

На рис.1.4 показаны линии нулевых работ с различными уклонами трассирования, а следовательно, и с различными растворами циркуля (d_1, d_2, d_3). Каждому уклону трассирования i_{mp} (на рисунке: i_1, i_2, i_3) для преодоления одной высоты ($h = H_0 - H_1 = 145 - 120 = 25$ м) требуется своя длина трассы L_1, L_2, L_3 .

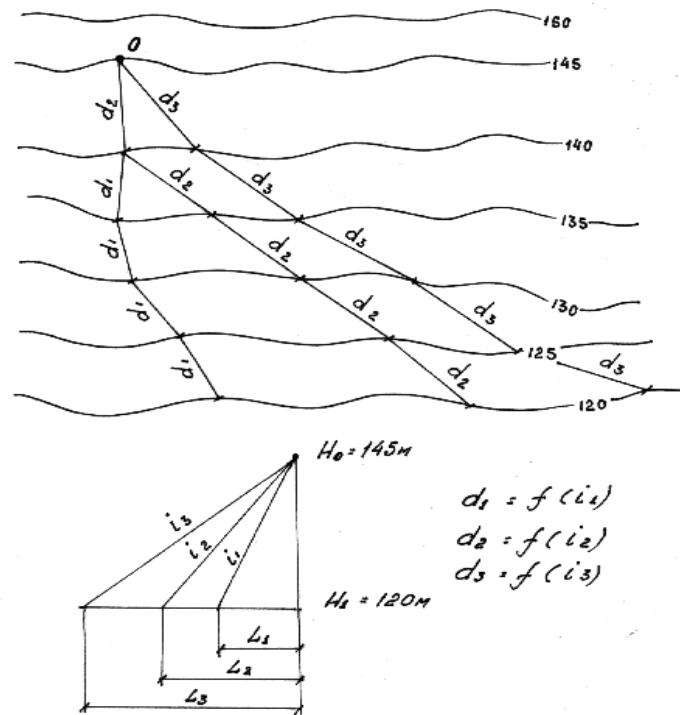


Рис. 1.4. Укладка линии нулевых работ тремя различными уклонами трассирования i_1, i_2, i_3

На рисунке 1.5 показаны варианты правильной и неправильной укладки линии нулевых работ. Ломанная линия циркульного хода должна образовывать в точках а, b, с, d небольшие острые углы поворота, должна идти плавно, без резких изменений своего направления, т.к. в каждое резкое изменение направления необходимо будет вписать круговые кривые¹².

¹² Если углы поворота значительные, то спрямить несколько попутных, не лежащих почти на одной прямой, шагов циркульного хода – не удастся, следовательно, план

Отсюда вывод: шагать циркулем надо с умом, стараясь сохранить плавное однообразие соседних шагов циркульного хода.¹³

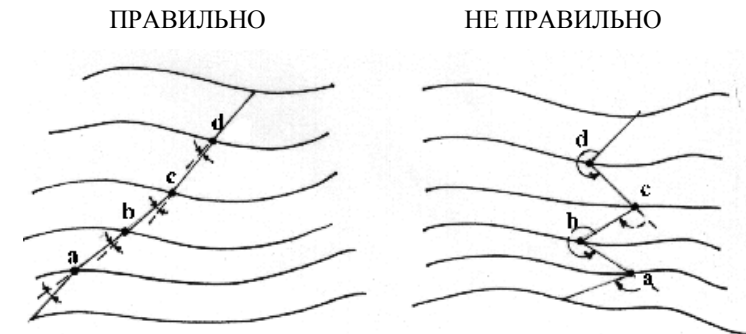


Рис.1.5. Пример укладки циркульного хода на косогоре

Когда участки напряженного и вольного ходов определены, приступают к укладке трассы. В первую очередь трасса укладывается на участках напряженных ходов в направлении на спуск, далее ее увязывают с участками трассы вольного хода. Примеры правильного сочетания участков напряженного и вольного ходов Вы можете посмотреть в работах /2, п. 6.5, рис. 6.28, 6.29/, /5, п.5.6, рис. 5.6/, /6, с.8 – 11, рис. 3, 4/, /7, с.262, рис. 5.37/.

линии будет плохим – с большим числом кривых, часто малого радиуса, направленными попеременно то в одну, то в другую сторону, с короткими прямыми вставками; да и продольный профиль будет не лучше – большие объемы земляных работ – ведь действительное расстояние между горизонталями после вписывания кривых – сократится, и никакой линии нулевых, читай - минимальных, работ – не будет, см. /2, с.213, рис. 6.31/, /6, с.11, рис. 7/.

¹³ Это замечание справедливо для ровных склонов долин при спуске с водораздела (подъема на водораздел), т.е. для такой местности, которая как раз и показана на рис.1.5. Потому что для изрезанных склонов (при косогорном ходе) или при вписывании в поперечный лог (при долинном ходе) приходится часто применять различные приемы развития трассы, когда углы поворота достигают 90 - 360°, см. /2, с.193, рис.6.7 – 6.11/.

При этом важно все время ориентироваться на геодезическую линию, не стараться всегда выходить на первоначально намеченную геодезическую прямую А – Б, но стремиться после вынужденного отклонения (обход препятствия, выход в седло напряженным ходом и т.д.) проводить новую геодезическую линию (на точку Б) и ориентироваться уже на эту прямую.

При увязке участков напряженного и вольного хода получается магистральный ход. Магистральный ход представляет собой схематическую трассу, отвечающую определенному значению руководящего уклона, без укладки кривых, но с подбором вершин углов поворота и предварительным учетом возможного размещения площадок раздельных пунктов, см. /7, с. 262/. Подробнее о магистральном ходе см. в п. 1.5.2 настоящего пособия.

1.2.3. Примеры поперечно-водораздельного и долинного ходов

На рис.1.6 представлен пример двух вариантов трассы поперечно-водораздельного хода. Начальный пункт проектирования - т.А, конечный пункт - направление Б. Трассы обоих вариантов из долины реки Сура поднимаются по левому склону долины на водораздел рек Сура и Белая¹⁴, пересекают водораздел в фиксированных точках а и с,¹⁵ затем спускаются в долину реки Белая и выходят на направление Б.

¹⁴Водораздел расположен поперек геодезической прямой (на рисунке не показана), соединяющей т.А и направление Б, поэтому неизбежно трассировочный ход должен быть поперечно-водораздельным.

¹⁵После пересечения северного отрога главного водораздела в точке **б**, второй вариант трассы (с меньшим значением руководящего уклона, а потому – более длинный) пересекает главный водораздел в седле **с** - отметка 352,8 м. Участок трассы второго варианта **б – с** – это участок водораздельного хода.

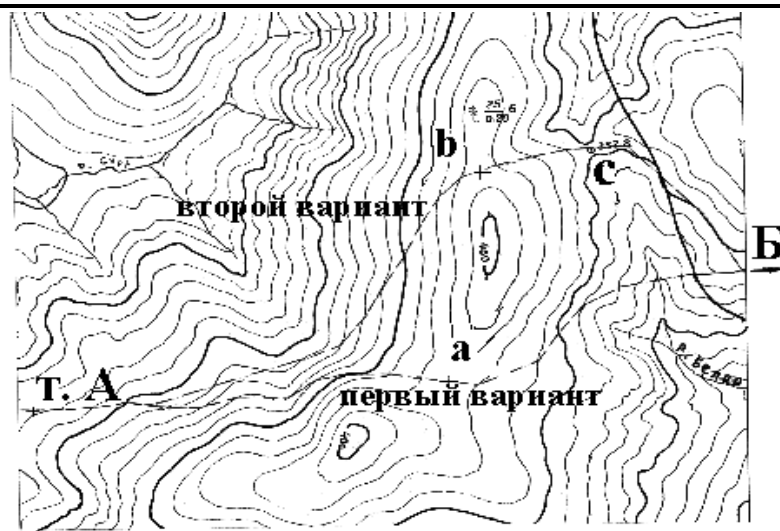


Рис. 1.6. Два варианта трассы поперечно-водораздельного хода

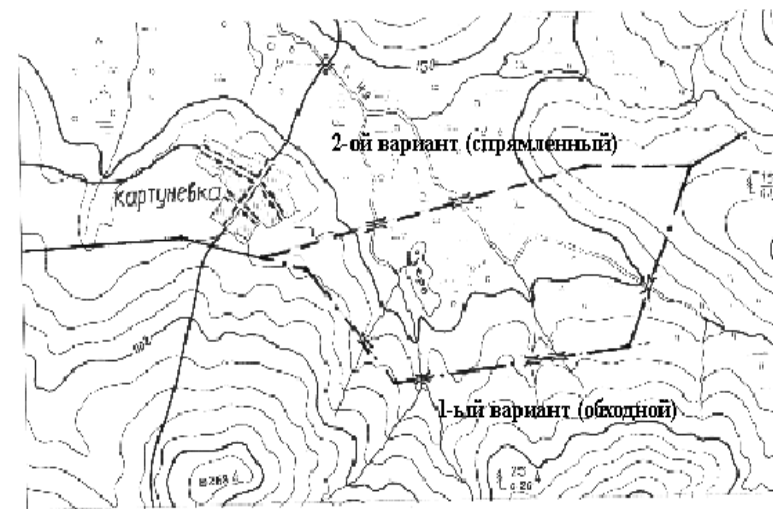


Рис. 1.7. Два варианта трассы долинного хода

На рис.1.7 представлен пример двух вариантов вольного хода в долине реки Ия (с пересечением русла реки Ия и ее притоков).

1-й вариант трассы - обход болотистой поймы реки Ия с сооружением 5 мостов через постоянные водотоки (4 – малых моста через притоки и один большой мост – через главное русло реки Ия).

2-й вариант - спрямленный - значительно укорачивает трассу, но усложняет сооружение земляного полотна на заболоченной пойме реки Ия, кроме того, хотя и сооружаются всего два моста, но это большие мосты (длиной свыше 100 м)¹⁶.

1.2.4. Определение положения вершины первого угла поворота

В курсовом проекте участка новой железнодорожной линии за начальный пункт трассирования принимается ось пассажирского здания промежуточной станции А. Согласно принятой схеме путевого развития промежуточной станции (в примере на рис. 1.8 а – станция с поперечным расположением путей) и длине приемо-отправочных путей определяется требуемое удаление вершины 1-ого угла поворота трассы в плане от оси станции А – L_{min} , м (рис.1.8 а) по формуле

$$L_{min(a)} = L_{пл} / 2 + l / 2 + T, \quad (1.6)$$

¹⁶ Оба примера (рис.1.6 и 1.7) иллюстрируют тот факт, что за любое сокращение длины трассы приходится «платить»: на напряженном ходу, как правило, это увеличение крутизны ограничивающего (руководящего) уклона (а значит – уменьшение весовой нормы грузового поезда), что позволяет пересечь водораздел в седле, наиболее близко расположенном к геодезической прямой, минимально удлинняя трассу, а на участках вольных ходов, в случае пересечения контурного препятствия (например, неблагоприятного в геологическом отношении района) по прямой – удорожание несущих конструкций: земляного полотна, искусственных сооружений и т.д.

где $L_{пл}$ – длина площадки раздельного пункта с путевым развитием, определенная по таблице 8 СТН /1/, м, см. п.1.4 пособия (часть 2);

l – длина переходной кривой первой кривой в плане, м, см. п.1.3 пособия (часть 2);

T – тангенс круговой кривой, м, определяется по формуле (1.7)

$$T = R \cdot \operatorname{tg} (\alpha / 2), \quad (1.7)$$

где R – радиус круговой кривой, м;

α – угол поворота кривой, град.

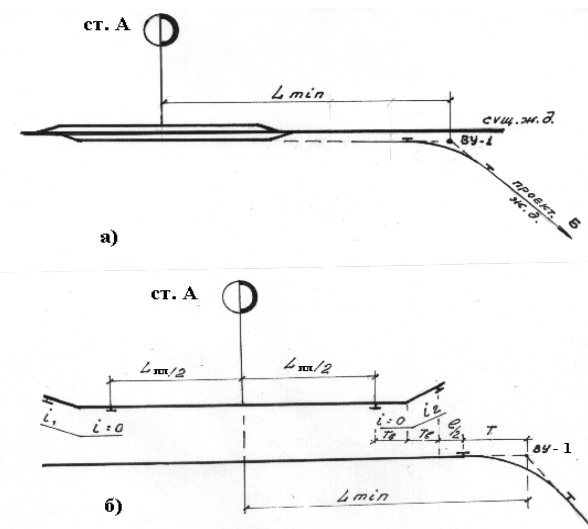


Рис. 1.8. Определение положения вершины первого угла поворота:

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

а) - в случае, когда рядом со станцией нет вертикальной кривой ;

б) - в случае, когда рядом находится вертикальная кривая.

Однако формула (1.6) несколько изменится, если сразу после площадки станции необходимо (по топографическим условиям) запроектировать подъем (или спуск) такой крутизны, что в точке перелома профиля от $i = 0\%$ до i_2 (см. рис. 1.8 б) потребуется вертикальная кривая. Тогда, учитывая требование СТН /1/ о том, что вертикальные кривые в профиле не должны попадать на переходные кривые в плане, а также требование о необходимости размещения стрелочных переводов вне пределов вертикальных кривых и переходных кривых (см. п.1.2, 1.3, 1.4 пособия – часть 2), следует расчет минимально необходимого расстояния от оси станции А до вершины первого угла поворота L_{\min} , м вести по формуле (1.8)

$$L_{\min(\delta)} = L_{\text{пл}}/2 + 2 \cdot T_{\text{в}} + l/2 + T, \quad (1.8)$$

где $T_{\text{в}}$ – тангенс вертикальной кривой, м (см.п.1.2 пособия – часть 2).

1.3. ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА И СХЕМАТИЧЕСКОГО ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ТРАССЫ

1.3.1. Построение плана трассы

Построение плана трассы ведется с помощью шаблона круговых кривых, выполненных в масштабе карты (рис. 1.9), см. /2, с.214, рис.6.35, с.215, рис.6.37/. Шаблон кривых целесообразно изготовить из

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

прозрачного, тонкого и прочного материала. На шаблон наносятся все допустимые радиусы кривых в плане для дороги заданной категории.

Полученную в результате предварительного трассирования ломанную линию необходимо заменить более длинными прямолинейными отрезками (на участках напряженного хода).Спрямляющие линии не должны значительно отклоняться от линии нулевых работ.

На рис. 1.10 показан пример такого спрямления. Намечен циркульный ход (линия нулевых работ на участке напряженного хода при спуске в долину реки Белая, ее пересечении и подъеме по левому склону долины реки – показана пунктиром).

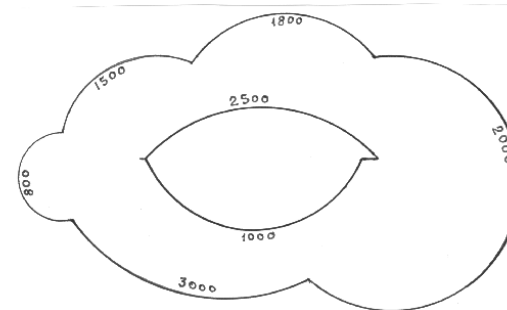


Рис. 1.9. Шаблон круговых кривых



Рис. 1.10. Спрямление шагов циркульного хода:

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

- циркульный ход (линия нулевых работ),
- спрямленный ход

Затем выполнено спрямление попутных шагов циркульного хода (на тех участках, где они отклоняются от прямого направления незначительно), спрямленный ход показан сплошной линией. На данном этапе оценить корректность спрямления, т.е. – насколько сильно повлияло выполненное спрямление на объемы земляных работ – еще нельзя (т.к. нет продольного профиля и проектной линии на нем)¹⁷.

Точки пересечения прямых определяют местоположение вершин углов поворота трассы.

В каждый угол поворота, согласно принятым нормам (см.п.1.3 части 2), вписывается кривая определенного радиуса с помощью шаблона круговых кривых. На рис. 1.11 показан пример такого вписывания круговых кривых (участок трассы напряженным ходом поднимается по склону долины, тонкими сплошными линиями показаны шаги циркульного хода, утолщенной сплошной линией показан план трассы, светло-серый контур – фрагмент шаблона круговых кривых, с помощью которого вписаны кривые, ВУ – вершина угла поворота).

¹⁷ Дело в том, что спрямление шагов циркульного хода выполняется для улучшения плана трассы – для уменьшения числа небольших кривых, которые близко расположены друг к другу, направлены в разные стороны, содержание таких кривых затруднительно и часто они превращаются в процессе эксплуатации в чередующиеся прямолинейные и криволинейные участки с параметрами, отличающимися от проектных. Однако следует помнить о том, что, изменяя план, мы тем самым изменяем и профиль (в данном случае – объемы земляных работ). Действительно, если мы заменяем (спрямляем) шаги циркульного хода, которые обеспечивали нам минимум объемов земляных работ, прямыми участками большой протяженности, то мы тем самым изменяем профиль земли по трассе, а т.к. все это происходит на участке напряженного хода, где мы не можем варьировать значением уклона (например, в большую сторону), следовательно, грубое (чрезмерное) спрямление шагов циркульного хода приведет, если и не к увеличению объемов земляных работ, то к их перераспределению (т.е. – могли пройти весь участок невысокими насыпями, но после спрямления придется устраивать и выемки). **Вывод:** спрямление шагов

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

Точки касания окружности шаблона с прямыми, образующими угол поворота, дают ориентировочное положение начала и конца вписываемой круговой кривой (на рис.1.11 это точки а и б).

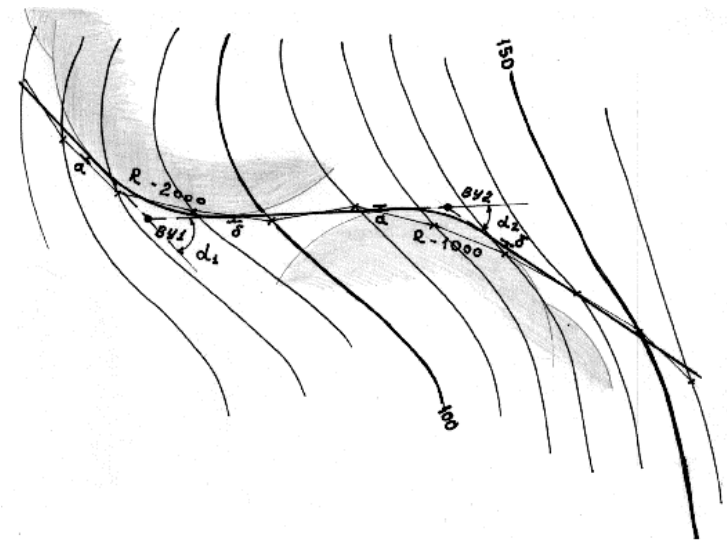


Рис. 1.11. Вписывание круговых кривых с помощью шаблона

Угол поворота трассы α , град, измеряется транспортиром с точностью до $0,5^\circ$. Направление поворота кривой (вправо или влево) определяется по ходу трассы, т.е. по направлению А – Б. На рис. 1.11 первая кривая ($\alpha_1 = 50^\circ$ лево, $R_1 = 2000$ м), вторая кривая ($\alpha_2 = 35^\circ$ право, $R_2 = 1000$ м). По назначенному радиусу R , м и измеренному углу поворота α , град определяются остальные параметры круговой кривой: **тангенс круговой кривой T , м** – рассчитывается по формуле (1.7) и

циркульного хода следует выполнять весьма осторожно и сразу же проверять допустимость выполненного спрямления на продольном профиле трассы.

длина *круговой кривой К, м* определяется по формуле $K = \pi \cdot R \cdot \alpha / 180$, где $\pi = 3,1415926535$, после сокращений

$$K = 0,017453292 \cdot R \cdot \alpha \quad (1.9)$$

Длины переходных кривых l , м принимают согласно п.1.3 пособия (часть2).

Подробнее о том, как именно размещаются переходные кривые, Вы можете прочитать в работе /2, п. 4.5, рис. 4.12/. Но в курсовом проекте на плане и профиле показывают только несдвинутую круговую кривую, хотя учитывают, что две переходные кривые будут расположены по концам круговой кривой (примерно симметрично относительно точек НКК – начала круговой кривой и ККК – конца круговой кривой).

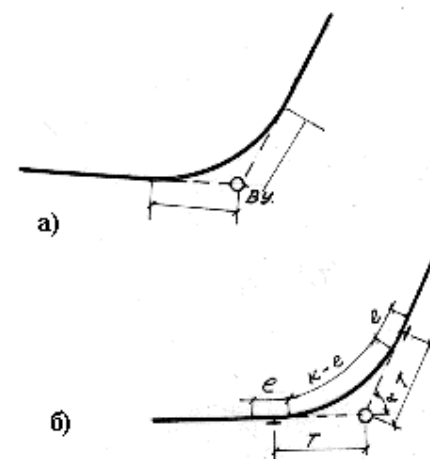


Рис. 1.12. Изображение круговой кривой:

а) - до расчета параметров; б) - после расчета параметров

На рис 1.12 а показана круговая кривая до расчета ее параметров. На рис.1.12 б показана та же кривая, но уже с рассчитанными параметрами ($R = 2000$ м, $\alpha = 65^\circ 00'$, $T = 2000 \cdot \operatorname{tg} 32,5^\circ = 1274,14$ м, $K = 0,017453292 \cdot 2000 \cdot 65 = 2268,93$ м, $l = 60$ м). На рис.1.12 показано расположение переходных кривых l относительно точек НКК и ККК – начала и конца круговой кривой (они обозначены **т**).

Если биссектриса кривой больше 20 м, то для удобства разбивки кривой на местности ее делят на несколько расположенных вплотную друг к другу кривых одного радиуса, при этом сумма углов поворота составляющих кривых равна углу поворота всей кривой. Но в курсовом проекте этого можно не делать.

1.3.2. Проектирование схематического продольного профиля

Составление схематического продольного профиля ведется в следующих масштабах: горизонтальном - равном масштабу карты (при масштабе карты 1:50000 - 1 км на местности соответствует 2 см на карте; при масштабе 1:25000 – 1 км = 4 см); вертикальном масштабе 1:1000 (1м превышения реальных отметок равен 1мм на профиле по вертикали).

Проектирование ведется на рулоне миллиметровой бумаги, сложенной по формату А4 (210х297), см. приложение 5 пособия (часть 1). На профиле должна быть нанесена сетка схематического продольного профиля, см. приложение (на рис. 4.13, 4.14 и других приведена неполная сетка профиля – нет графы «Ситуация», Вам следует использовать полную сетку схематического продольного профиля, которая приведена в приложении 5 пособия (часть 1) на схематическом продольном профиле первого варианта трассы).

Для нанесения на продольный профиль отметок земли можно применять три метода.

Первый метод (когда Вы делаете курсовой проект вдвоем с товарищем). Один из Вас садится за карту, а другой – за миллиметровку. Первый называет отметки характерных точек рельефа¹⁸ по трассе и говорит расстояния между ними, выраженные в миллиметрах, а второй – в сетке профиля в графе «Ордината» – делает засечку, а в графе «Отметка земли, м» подписывает отметку земли – напротив этой ординаты¹⁹.

¹⁸ В курсовом проекте при проектировании схематического продольного профиля основная цель – выявить различия и преимущества сравниваемых вариантов, поэтому необходимо нанести на профиль основные – характерные точки рельефа по трассе: ось ст.А, точки пересечения с горизонталями, точки НКК и ККК, точки пересечения с водоразделами, логами (талвегами), руслами рек и ручьев, дорогами, конечную точку на направлении Б (она должна быть общей для обоих сравниваемых вариантов трассы).

¹⁹ Преимущества этого метода – если Вы работаете за картой, то Вы хорошо видите рельеф местности, не пропустите характерной точки, не перепутаете водораздел

Второй метод, который рассмотрен ниже предполагает, что Вы работаете одни. Следовательно, чтобы не сбиться при переносе отметок земли в характерных точках с карты на профиль, Вам следует запоминать каждый раз две цифры: расстояние в миллиметрах от предыдущей точки до новой точки и отметку новой точки. Поэтому значительным облегчением будет следующий прием: расстояние Вы измеряете измерителем (циркулем с двумя иглами), а отметку выписываете на бумагу (или запоминаете). Затем расстояние с помощью измерителя сразу откладываете (накалываете) на профиле и подписываете отметку новой точки. Учтите, что расстояния следует округлять с точностью до 1 мм = 50 м (хотя это и вносит некоторую неточность в горизонтальные измерения, но вполне допустимо на данной стадии при проектировании схематического продольного профиля).

Второй метод наиболее близок к названию «наколка профиля по черным отметкам» – так называли раньше процедуру построения линии земли на профиле. Этот метод наиболее эффективен при построении именно схематического профиля, у которого горизонтальный масштаб профиля равен масштабу карты, т.к. можно горизонтальные расстояния переносить измерителем с карты на профиль без пересчета размеров.

Единственное неудобство – это необходимость на кривых применять небольшой раствор измерителя (2 мм) и «шагать» им прямо по кривой несколько раз до характерной точки, считая число шагов.

логом, быстрее проинтерполируете отметки, чтобы получить, например, отметку точки, лежащей между горизонталями. Если Вы работаете за профилем, то Вы не сбьетесь в ординатах, не перепутаете графы сетки профиля.

Третий метод (когда Вы делаете курсовой проект в одиночку).

Рекомендуется использовать полоску бумаги²⁰, на которую наносятся все точки пересечения запроектированной трассы с характерными точками, см. рис.1.13 и 1.14.²¹

²⁰ Дело в том, что без полоски бумаги Вы вынуждены будете попеременно смотреть то на карту, то на профиль, следовательно, велика вероятность ошибки (пропуск характерной точки, неверно взятая отметка, кривая показана на профиле вправо, а в действительности, – на карте – она поворачивает влево и т.д.).

²¹ На полоске бумаги шириной 2-3 см и длиной, равной длине трассы, отмечается вертикальной линией начало трассы - т.А. Полоску бумаги совмещают на карте верхним краем с первым прямым подходом от ст.А до начала 1-ой круговой кривой-НКК₁ (вертикальная линия на полоске должна быть совмещена с осью ст.А на плане), см. рис.1.13. Далее на полоске бумаги делают засечки в местах пересечения трассы с горизонталями, характерными точками и точкой НКК₁. Возле каждой засечки на полоске бумаги записывают отметки земли. Отметки земли для характерных точек берутся по интерполяции. Затем полоска бумаги прикладывается к сетке продольного профиля и все засечки переносятся вертикальными линиями в графу «Ординаты», а в графу «Отметки земли» переносятся значения отметок. Затем на полоске бумаги от точки, соответствующей НКК₁, откладывают длину круговой кривой К, определенную ранее по формуле (1.9) и переведенную в масштаб карты, и фиксируют на полоске точку ККК₁. Приложив полоску к плану линии в точке НКК₁ и разворачивая (постепенно без проскальзывания) полоску вдоль оси трассы до совмещения точки ККК₁ на плане, переносят все характерные точки с карты на полоску бумаги, см. рис.1.14. Снова прикладывают полоску к сетке профиля и отметки земли с полоски бумаги в пределах круговой кривой переносят на продольный профиль. Выше описанная процедура повторяется для следующих прямых вставок и круговых кривых.

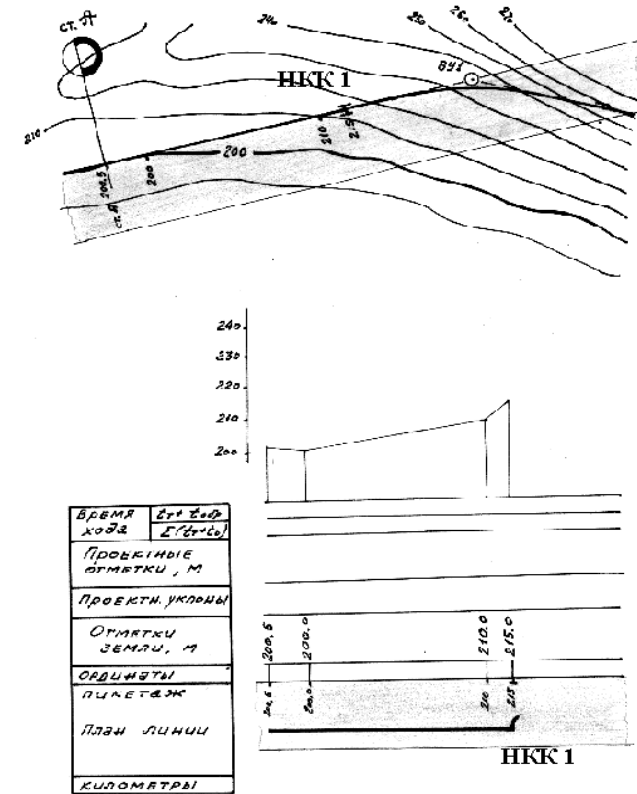


Рис. 1.13. Применение полоски бумаги для перенесения отметок земли с карты на профиль на прямом участке трассы - третий метод (полоска бумаги на рисунке закрашена светло-серым цветом)

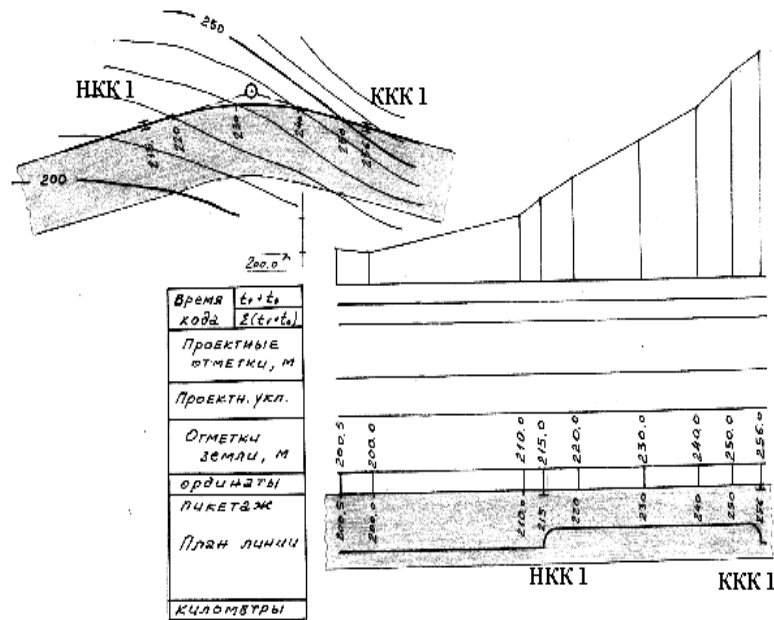


Рис. 1.14. Применение полоски бумаги для перенесения отметок земли с карты на профиль на круговой кривой - третий метод (полоска бумаги на рисунке закрашена светло-серым цветом)

По полученным ординатам и отметкам земли на сетке схематического продольного профиля воспроизводится линия поверхности земли по трассе. Ординаты и линия поверхности земли показывают тонкой сплошной линией, см. рис. 1.13 и 1.14 и приложение пособия.

В графе «Прямые и кривые в плане» или «План линии» – названия граф могут в разных книгах быть различными, но мы придерживаемся

первого названия - вычерчивается план трассы (кривые показывают условно).

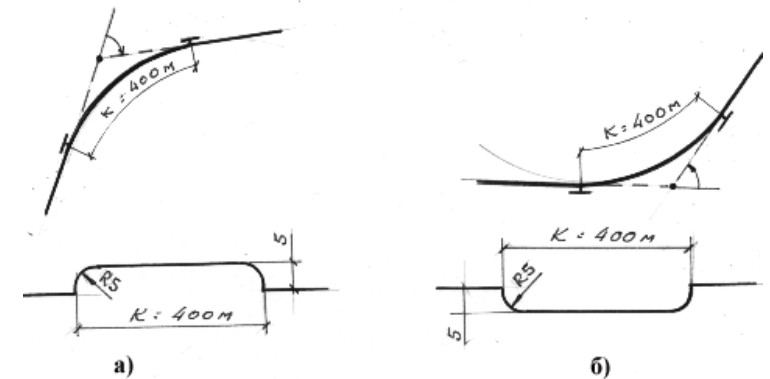


Рис. 1.15. Изображение круговых кривых на карте и в сетке профиля: а) - кривая поворачивает вправо, б) - кривая поворачивает влево

Эта линия может наноситься с помощью той же полоски бумаги, на которой уже отмечены прямые вставки и длины круговых кривых. Кривая в плане показывается выпуклостью «вверх», если она имеет поворот «вправо», и выпуклостью «вниз» - при повороте «влево», см. рис. 1.15.

Представленный на рис.1.13 и 1.14 продольный профиль поверхности земли с планом трассы является исходным материалом для нанесения проектной линии.

Проектирование продольного профиля заключается в установлении положения **проектной линии** (на уровне бровки основной площадки земляного полотна) с определением **проектных отметок**. Отметки проектной линии определяются во всех точках перелома профиля и характерных точках, в которых ранее были взяты отметки земли.

Чтобы провести линию заданного уклона, достаточно в горизонтальном масштабе отложить отрезок АВ длиной 1 км (в горизонтальном масштабе профиля 1:50000 1 км = 2 см). Из т.А восстановить перпендикуляр и отложить в вертикальном масштабе профиля высоту в метрах (например, рис.1.16 а - при уклоне $i = 10 ‰$ необходимо отложить 10 м, разумеется, в вертикальном масштабе профиля 10 м = 10 мм) – получится точка С. Точки С и В соединить, тогда линия СВ и будет линией с соответствующим уклоном, см рис.1.16.

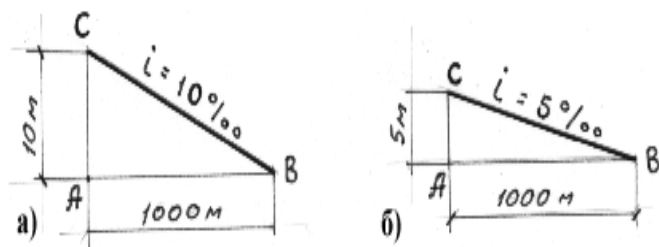


Рис. 1.16. Проведение линии заданного уклона на профиле:

а) - уклон 10 ‰ ; б) - уклон 5 ‰

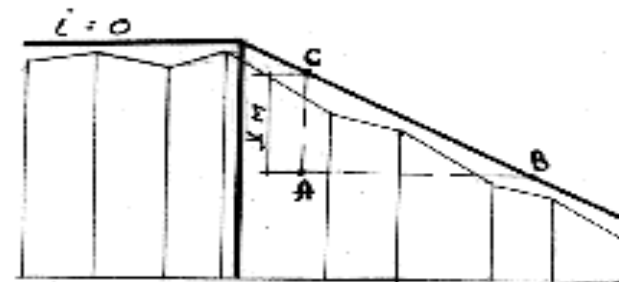


Рис. 1.17. Определение уклона продольного профиля на участке СВ

Аналогично можно определить уклон любой проведенной на продольном профиле линии (рис.1.17). Для этого достаточно на линии выделить участок длиной 1 км и найти превышение т.С над т.В. Полученное превышение h , мм (на рис. 1.17 оно обозначено x , м) и будет значением уклона i , ‰.

При проектировании продольного профиля часто используют графический способ подбора уклонов проектной линии в зависимости от того, как проходит линия земли, см. рис. 1.18. В любом месте профиля прикладывают треугольник и подбирают оптимальное положение проектной линии, стараясь обеспечить минимальные сбалансированные объемы земляных работ и минимальную сумму преодолеваемых высот.

Обычно этот способ применяют на участках вольного хода, т.к. на участках напряженного хода положение проектной линии считается определенным – руководящий (или другой ограничивающий) уклон с учетом его смягчения при необходимости.

На рис. 1.19 как раз изображена последовательность действий по проведению оптимальной проектной линии (невысокая насыпь и

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

неглубокая выемка компенсируют друг друга)²² на одном из участков продольного профиля. На рис.1.19 а изображен момент подбора уклона, который выполняется выше проектной линии на свободном месте профиля. Затем треугольник по линейке смещается в рабочую область профиля и проводится проектная линия тем же уклоном – см. рис. 1.19 б.

²² При проектировании продольного профиля рекомендуется избегать выемок и нулевых мест в районах, подверженных снежным или песчаным заносам, в районах распространения вечномерзлых грунтов и др. Однако, с точки зрения строительства железнодорожной линии на тех участках, где грунты выемки пригодны в насыпь, сооружение невысокой насыпи непосредственно из выемки продольной возкой (бульдозерами, скреперами) будет хорошим решением.

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

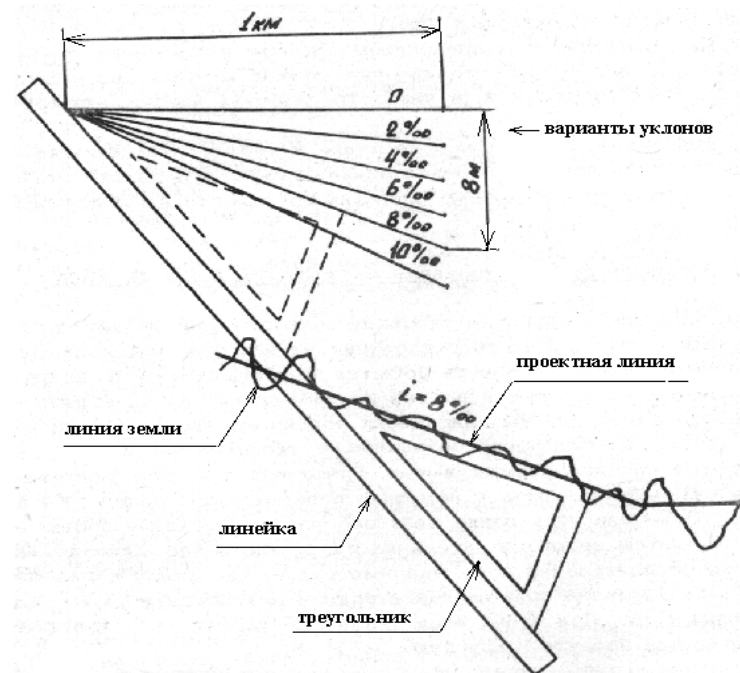


Рис.1.18. Графический подбор уклона проектной линии на продольном профиле с помощью треугольника и линейки

Перед нанесением проектной линии следует внимательно изучить профиль, составленный по отметкам земли, определить средний уклон поверхности земли, выделить участки, где проектная линия должна проектироваться руководящим уклоном, установить на продольном профиле места расположения искусственных сооружений на постоянных и периодических водотоках.

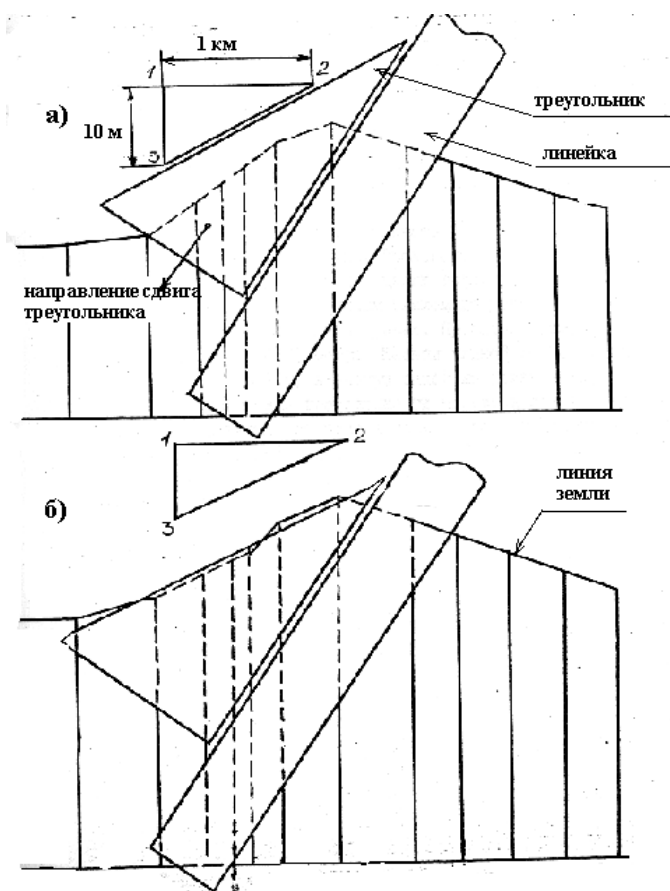


Рис. 1.19. Последовательность действий по проведению оптимальной проектной линии: а) - подбор уклона, $i = 10\%$; б) - сдвиг треугольника и проверка положения проектной линии по объемам земляных работ

Для периодически действующих водотоков (вода после дождя или снеготаяния течет по логам, которые в обычное время – сухие) надо при

нанесении проектной линии зарезервировать высоту насыпи не менее $2,0 \div 4,0$ м (чтобы потом - при размещении водопропускных труб или мостов - высота насыпи была достаточной, см. часть 4 пособия).

На участках вольного хода особенно тщательно следует назначать длину элемента профиля и величину уклона, которая подбирается в зависимости от среднего уклона местности. Уклоны на участках вольного хода должны быть выражены в целых тысячных. Применение уклонов с одним десятичным знаком допускается на участках напряженного хода при смягчении руководящего уклона в кривых.

Длина элементов профиля должна быть возможно большей, но, как правило, не менее $0,5 \cdot l_{no}$, см. пункт 1.2 пособия (часть 2).

Наименьшие длины разделительных площадок или элементов переходной крутизны приведены в таблице 3 СТН /1/.

Допускается применение и меньших длин элементов по сравнению с указанными в табл.3 СТН /1/ в следующих случаях:

- 1) при проектировании криволинейного профиля - применяется обычно при реконструкции существующих железных дорог, см. /2, с.104, рис.4.6, с.118, формулы (4.22) и (4.23)/;
- 2) при смягчении руководящего уклона в кривых участках пути.

Проектирование продольного профиля начинают с оси разделительного пункта. От оси станции А на расстоянии, не менее $0,5 \cdot L_{пл}$ проектируется площадка с $i = 0\%$ (или в трудных условиях $i = 1,5\%$, в особо трудных $i = 2,5\%$ - при обязательном обосновании, см. п.1.4 – часть 2; п.1.2.4 и рис.1.8 – часть 3 пособия).

1.4. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТНОЙ ЛИНИИ

1.4.1. Обеспечение бесперебойности движения поездов

Проектная линия на всем протяжении должна удовлетворять требованиям безопасности, плавности и бесперебойности движения поездов.

Для обеспечения условия бесперебойности общее сопротивление движению поезда не должно превышать расчетной величины. Поэтому ограничивающие уклоны смягчаются при их совпадении с кривыми в плане /1, п.4.2/, см. рис.1.20, а также в тоннелях и на подходах к ним /1, п.9.3/, см. рис. 1.22.

При смягчении руководящего уклона длина элемента для железных дорог может быть уменьшена до 200 м, а для подъездных путей IV категории - до 100 м (это рекомендации старого СНиПа /8, п. 2.4, с.8/. Так как в курсовом проекте Вы будете проектировать железнодорожные линии, а не подъездные пути, то в дальнейшем изложении мы будем считать, что минимальная длина элемента профиля после смягчения руководящего уклона равна 200 м.

Порядок смягчения ограничивающего (руководящего) уклона следующий, см. /6, с.13-15, рис.11/ (на рис.1.20 приведен пример смягчения i_p):

1. Выделяют прямые участки трассы длиной не менее 200 м, на которых руководящий уклон не смягчается (на рис. 1.20 элементы: №2 - $l_{эл2} = 260$ м, №4 - $l_{эл4} = 550$ м, №6 - $l_{эл6} = 830$

м; учтите, что в Вашем случае, при горизонтальном масштабе профиля 1:50000 длины элементов будут кратны 50 м, т.к. 1 мм = 50 м).

2. В отдельные элементы выделяют кривые длиной не менее 200 м (при этом необходимо учесть и элементы, которые будут разбиваться по пункту 3 данного списка, т.е. необходимо обеспечить требование, которое изложено выше – на профиле не должно быть элементов длиной менее 200 м) и смягчают (уменьшают) руководящий уклон на таких элементах на величину уклона, эквивалентного дополнительному сопротивлению от кривой $i_{эк}$, ‰, который рассчитывается по формуле

$$i_{эк} = 700 / R, \quad (1.10)$$

где R – радиус круговой кривой, м.

Пример такого смягчения на рис. 1.20 – элементы :

$$\text{№1} (l_{эл1} = 1240 \text{ м} > 200 \text{ м}; i_{эк} = 700 / 1200 = 0,58 \sim 0,6 \text{ ‰}; i_{эл1} = i_p - i_{эк} = 8,0 - 0,6 = 7,4 \text{ ‰}) \text{ и}$$

$$\text{№3} (l_{эл3} = 420 > 200 \text{ м}; i_{эк} = 700 / 800 = 0,88 \sim 0,9 \text{ ‰}; i_{эл3} = i_p - i_{эк} = 8,0 - 0,9 = 7,1 \text{ ‰}).$$

3. Оставшиеся участки профиля разбиваются на элементы протяжением не менее 200 м и, как правило, не более длины поезда, которая принимается равной полезной длине приемо-отправочных путей, для смягчения уклона на величину $i_{эк}$, ‰, определяемую по формулам:

- а) если в пределах элемента расположена одна кривая полностью,

$$i_{эк} = 12,2 \cdot \alpha / l_{эл}, \quad (1.11)$$

где α – угол поворота кривой, град;

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

$l_{эл}$ – длина элемента, м;

пример такого смягчения, см. рис.1.20 элемент №5

($\alpha_5 = 1^\circ 26' = 1,43^\circ$; $l_{эл5} = 200$ м; $i_{эк} = 12,2 \cdot 1,43/200 = 0,09 \sim 0,1$ %);

- b) если в пределах элемента расположена одна кривая, но не полностью, а лишь ее часть ΔK , м,

$$i_{эк} = 12,2 \cdot \Delta\alpha / l_{эл} , \quad (1.12)$$

где $\Delta\alpha$ – угол поворота части кривой ΔK , совпадающей

с элементом, град; определяется, исходя из

прямой пропорции, т.к. при проектировании

схематического продольного профиля в графе «План линии» изображаются круговые кривые²³,

следовательно, $\Delta\alpha = \alpha \cdot (\Delta K/K)$, где $\Delta K/K$ – определяется на профиле в долях с округлением

до десятых;

- c) если в пределах элемента расположены несколько кривых полностью,

$$i_{эк} = 12,2 \cdot \sum \alpha_i / l_{эл} , \quad (1.13)$$

где $\sum \alpha_i$ – сумма углов поворота кривых, град;

- d) если в пределах элемента расположены несколько кривых, но не полностью, а лишь частично $\Delta K_1, \Delta K_2$ и т.д.,

$$i_{эк} = 12,2 \cdot \sum \Delta\alpha_i / l_{эл} , \quad (1.14)$$

где $\sum \Delta\alpha_i$ – сумма углов поворота тех частей кривых ΔK_i ,

которые совпадают с выделенным элементом, град.

Примеры смягчения руководящего уклона по пунктам b), c), d) Вы можете посмотреть в работах /6, с.15, рис.11/ и /9, с.86, рис.2-18/.

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

В курсовом проекте при проектировании железных дорог в трудных и особо трудных условиях (категории сложности рельефа III и IV) приходится применять кривые малого радиуса.

Однако, в кривых малого радиуса (менее 800 м для тепловозной тяги и 500 м и менее для электрической тяги), из-за значительного проскальзывания бандажей колес локомотивов, уменьшается коэффициент сцепления колес локомотива с рельсами, следовательно, уменьшается и касательная сила тяги локомотива, см. /2, с.45 – 46/.

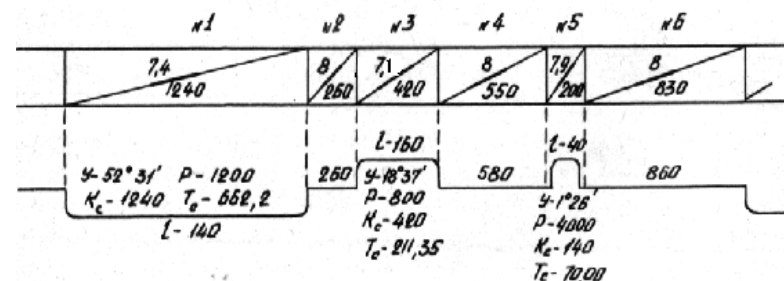


Рис.1.20. Пример смягчения руководящего уклона $i_p = 8\%$ в кривых

Поэтому в соответствии с п.4.2 СТН /1, с.23/ в проекте следует обосновывать целесообразность дополнительного смягчения затяжных ограничивающих уклонов из-за снижения коэффициента сцепления в

²³ На рис.1.20 показаны параметры кривых с учетом переходных кривых K_c, T_c , потому что этот пример смягчения руководящего уклона взят с подробного профиля.

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

кривых участках пути с радиусом 500 м и менее для электрической тяги и менее 800 м при тепловозной тяге.

Так как в курсовом проекте Вы не строите кривую $V = f(S)$ для расчетного грузового поезда (на той стадии, к которой относится курсовой проект, точные тяговые расчеты не применяются, см. введение настоящего пособия), то Вам следует смягчать все кривые указанных малых радиусов (в зависимости от вида тяги) – без обоснования²⁴.

Полная методика смягчения приведена в учебнике /2, с.121 –123, рис.4.26/, однако в курсовом проекте Вы можете воспользоваться упрощенной методикой /6, с.15 – 16, рис.12/, которую мы и поясняем ниже.

Для того чтобы скорость расчетного грузового поезда при движении локомотива по кривой малого радиуса не опускалась ниже расчетной, смягчение руководящего уклона на величину i_{ψ} , ‰ (дополнительно к обычному смягчению от кривой любого радиуса на величину $i_{эк}$, ‰) следует начинать перед кривой со стороны подъема на расстоянии длины поезда (принимается равной полезной длине приемо-отправочных путей $l_{но}$, м) от начала кривой и осуществлять на протяжении $(0,5 \cdot l_{но} + K)$, где K – длина круговой кривой, м. Величину дополнительного смягчения в кривых малого радиуса i_{ψ} , ‰ следует определять по формуле

$$i_{\psi} = (w_0 + i_p) \cdot (1 - \gamma_{\psi}), \quad (1.15)$$

²⁴ Иногда может оказаться целесообразным не смягчать ограничивающий уклон на величину i_{ψ} , а допустить кратковременное снижение скорости поезда ниже расчетно-минимальной при падении силы тяги в кривой малого радиуса, расположенной на ограничивающем подъеме. При малой длине кривой такое снижение скорости (в пределах допускаемых правилами тяговых расчетов для поездной работы) экономически может оказаться более целесообразным, нежели удлинение трассы, из-за смягчения ограничивающего уклона на большом протяжении, см. /9, с.87/.

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

где w_0 – основное средневзвешенное сопротивление движению

поезда, ‰, в курсовом проекте может быть принято

$$w_0 = 2 \text{ ‰};$$

i_p – руководящий уклон, ‰;

γ_{ψ} – коэффициент уменьшения сцепления в кривых малого радиуса определяется по таблице 4.1. (рассчитан нами по работе /2, формулы (2.13), (2.14), с.46/).

На рис. 1.21 приведен пример смягчения руководящего уклона $i_p = 9 \text{ ‰}$ на участке расположения кривой радиуса 400 м (в примере тяга электрическая). По таблице 1.1 $\gamma_{\psi} = 0,925$. По формуле (1.15) определим величину дополнительного смягчения

$$i_{\psi} = (2,0 + 9,0) \cdot (1 - 0,925) = 0,825 \approx 0,8 \text{ ‰}.$$

Таблица 1.1.

Вид Тяги	Значение γ_{ψ} в зависимости от величины радиуса круговой кривой R, м							
	700	600	500	400	350	300	250	200
Тепло-возная	0,980	0,955	0,921	0,875	0,845	0,808	0,761	0,700
Электр ич.	-	-	0,980	0,925	0,895	0,860	0,820	0,777

Смягчение руководящего уклона на величину i_{ψ} начинается на расстоянии $l_{но} = 1050$ м от начала кривой радиуса 400 м (в точке А). На протяжении 350 м смягчение на величину i_{ψ} совпадает с расположением кривой радиуса 1200 м. Поэтому на данном элементе профиля действительный уклон

$$i_{д} = i_p - i_{эк} - i_{\psi} = 9,0 - 0,6 - 0,8 = 7,6 \text{ ‰}.$$

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

На следующем элементе профиля протяженностью 700 м (прямолинейный участок перед кривой радиуса 400 м) действительный уклон равен

$$i_d = i_p - i_{\psi} = 9,0 - 0,8 = 8,2 \text{ ‰}.$$

На остальном протяжении от начала кривой радиуса 400 м до конца дополнительного смягчения (точка Б) действительный уклон равен

$$i_d = i_p - i_{\text{эк}} - i_{\psi} = 9,0 - 1,8 - 0,8 = 6,4 \text{ ‰}.$$

Все уклоны смягчаются, как было сказано выше, до 0,1 ‰.

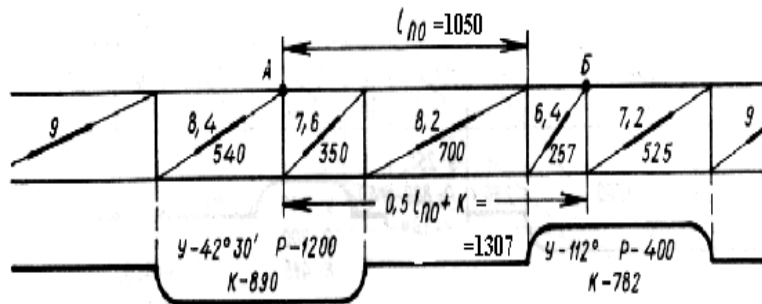


Рис. 1.21. Смягчение руководящего уклона на участке расположения кривой малого радиуса $R = 400$ м

Смягчение ограничивающих уклонов в тоннелях (см. п.3.5 и табл.3.3 пособия) производится как в самом тоннеле, так и на подходе к нему со стороны подъема на протяжении полезной длины приемо-отправочных путей. Величина смягчения согласно СТН /1, п.9.3/ должна

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

обосновываться расчетом, но в курсовом проекте Вы можете пользоваться таблицей 1.3 пособия (часть 2).

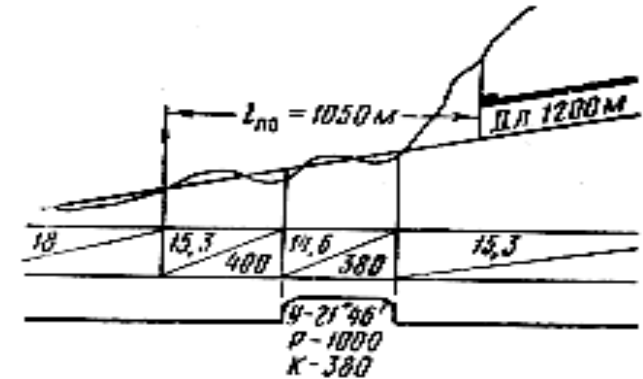


Рис. 1.22. Смягчение уклона кратной тяги в тоннеле и на подходе к нему со стороны подъема

На рис.1.22 приведен пример смягчения ограничивающего уклона (уклона кратной тяги $i_{кр} = 18 \text{ ‰}$ в односкатном тоннеле длиной 1200 м, см. /9, с.87, рис.2-19/. Согласно табл.1.3 пособия (часть 2), при такой длине тоннеля уклон в нем и на подходах к нему не должен превышать ограничивающего уклона $i_{кр}$, умноженного на коэффициент 0,85; тогда $18 \cdot 0,85 = 15,3 \text{ ‰}$.

Следует обратить внимание, что уклон кратной тяги на кривой, расположенной перед порталом со стороны подъема в пределах полезной длины приемо-отправочных путей $l_{no} = 1050$ м, смягчен как с учетом влияния тоннеля ($18 \cdot 0,85 = 15,3 \text{ ‰}$), так и с учетом дополнительного сопротивления от кривой радиуса $R=1000$ м ($15,3 -$

- $700 / 1000 = 15,3 - 0,7 = 14,6 \%$). Таким же образом производилось бы смягчение уклона на кривой и в пределах тоннеля, если бы кривая была запроектирована в самом тоннеле, что крайне нежелательно, т.к. ухудшает вентиляцию тоннеля, уменьшает действительный уклон, следовательно, увеличивает длину тоннеля.

Важное условие обеспечения бесперебойности движения - предупреждение снежных и песчаных заносов. Бровка земляного полотна в снегозаносимых районах должна возвышаться над уровнем расчетной толщины снежного покрова не менее, чем на 0,7 м на однопутных и на 1,0 м на двухпутных линиях. Продольный профиль на участках распространения подвижных песков тоже следует проектировать насыпями. Высота насыпи в этом случае должна быть не менее 0,9 м. В задании на курсовое проектирование Вам задано преобладающее направление зимних (метелевых) ветров. Используя эти данные, а также таблицу 4 СТН /1, с. 29/ и рекомендации учебника /2, с. 206 – 207, 209, рис.6.26/, Вы можете более тщательно проработать продольный профиль трассы с точки зрения снего-, песконебезопасности.

В легких топографических условиях участки, предшествующие входным сигналам станций, разъездов и обгонных пунктов, на протяжении полезной длины приема-отправочных путей следует располагать на уклонах, обеспечивающих трогание поездов с места и удержание поездов расчетной массы вспомогательными тормозами локомотива, см. п.1.4 пособия (часть 2) и /2, с.123/.

1.4.2. Обеспечение безопасности и плавности движения поездов

Требования безопасности и плавности движения поездов положены в основу норм проектирования плана и продольного профиля - СТН /1/, см. часть 2 пособия.

1.4.2.1. Обеспечение в поездах допускаемых значений продольных сил и ускорений

При проектировании продольного профиля алгебраическая разность сопрягаемых уклонов двух смежных элементов не должна превышать норм приведенных в числителе табл.3 СТН /1, с.25/. При большей разности уклонов предусматривается проектирование элементов переходной крутизны и разделительных площадок, длины которых даны в знаменателе этой таблицы.

На рис.1.23 приведен пример проектирования продольного профиля участка железной дороги II категории при $l_{no} = 1050$ м, $i_p = 10 \%$. Из таблицы 3 СТН /1/ находим рекомендуемые нормы проектирования продольного профиля (по очертанию профиля, изображенного на рис.1.23, заключаем, что применять допускаемые нормы проектирования в данном случае не следует):

- рекомендуемая (максимальная) алгебраическая разность сопрягаемых уклонов $\Delta i_n = 5 \%$;
- рекомендуемая (минимальная) длина элементов переходной крутизны или разделительной площадки $l_n = 250$ м.

Предварительная попытка - (рис.1.23 а) графически намечается проектная линия (см. рис.1.18, 1.19 пособия), определяется уклон проектной линии (он не должен превышать i_p) и находится алгебраическая разность сопрягаемых уклонов Δi во всех точках

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

перелома профиля (на рис. 1.23 а это точки: А, Б, В – точки глобального перелома профиля, $\Delta i_A = 10 \text{ ‰}$, $\Delta i_B = 17 \text{ ‰}$, $\Delta i_V = 7 \text{ ‰}$, см. также /2, с.103, рис.4.5, точка А, $\Delta i_A = 24 \text{ ‰}$ /).

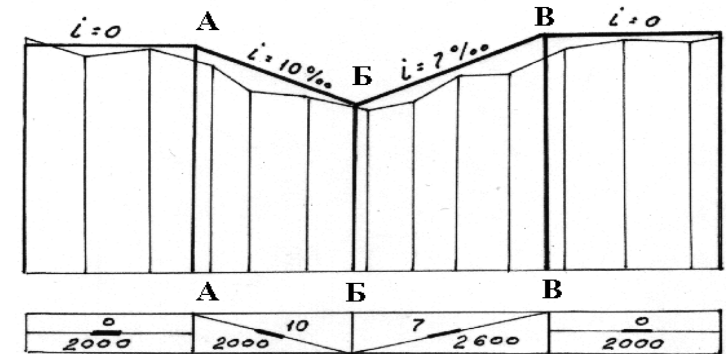
Окончательно – после уточнения по нормам проектирования - (рис.1.23 б) на всех переломах продольного профиля, где алгебраическая разность смежных уклонов больше рекомендуемой $\Delta i_n = 5 \text{ ‰}$, вписываются разделительные площадки или элементы переходной крутизны, см. также /2, с.103, рис.4.5, точки а, б, в, г/.

Таким образом, глобальные переломы профиля с недопустимыми по условию безопасности движения поездов величинами Δi заменены на несколько локальных (местных, незначительных) переломов профиля в точках а, б, в, г, д, е, ж, з, в которых удовлетворяются рекомендуемые требования СТН, изложенные выше.

Эта процедура и называется **сопряжением** (сглаживанием) **элементов профиля**, а такие элементы как а - б, б - в, в - г и др. называются **элементами переходной крутизны**, элемент г - д называется **разделительной площадкой**.

В один и тот же глобальный перелом профиля могут быть вписаны различные элементы переходной крутизны и с разделительной площадкой и без нее. Многообразие возможных вариантов сопряжений порою ставит Вас перед выбором – какой вариант сопряжения будет оптимальным? И здесь мы должны дать Вам совет: во-первых, старайтесь принимать элементы возможно большей длины при наименьшей величине Δi между ними (хотя при уменьшении Δi по сравнению с Δi_n СТН /1/ и разрешает уменьшать длину элементов), во-вторых, старайтесь пройти “ближе к земле”, т.е. выполняйте сопряжение, ориентируясь на профиль земной поверхности по трассе.

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ



а)

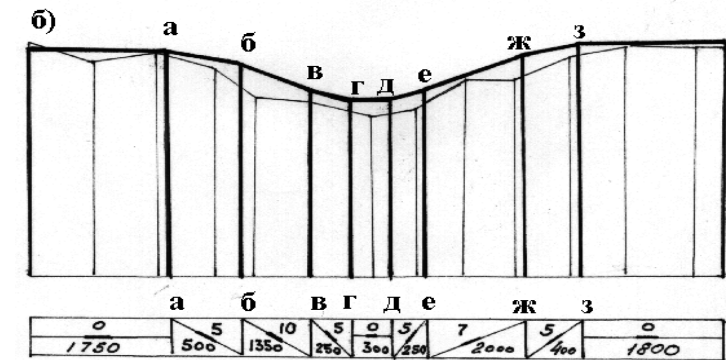


Рис. 1.23. Пример проектирования проектной линии:

а) - предварительная попытка; б) - уточнение по нормам проектирования

Сопряжение смежных элементов продольного профиля (если оно необходимо) – это одна из самых распространенных и важных процедур (наряду со смягчением ограничивающего уклона в кривых, рассмотренным выше), которую Вам необходимо хорошо освоить,

значение ее для обеспечения безопасности движения поездов трудно переоценить²⁵.

На рис.1.24 даны примеры сопряжения смежных элементов продольного профиля для участка железнодорожной линии II категории при полезной длине приемо-отправочных путей $l_{no} = 850$ м и руководящем уклоне $i_p = 15$ ‰.

Сначала выпишем нормы проектирования из СТН /1, табл. 3, с.25/:
рекомендуемые нормы сопряжения: $\Delta i_n = 8$ ‰, $l_n = 200$ м;
допускаемые нормы сопряжения: $\Delta i_n = 13$ ‰, $l_n = 200$ м.

Затем проанализируем очертание представленных на рис.1.24 участков продольного профиля.

В курсовом проекте Вы не строите кривую скорости $V = f(S)$, поэтому Вам сложно определить, какой режим движения будет у грузового поезда установленной массы на том или ином участке профиля (тяга, выбег или торможение), хотя это очень важный вопрос²⁶. Однако

²⁵ Например, в самой опасной (до сопряжения) точке глобального (первоначально планируемого) перелома – т.Б (рис.1.23 а) алгебраическая разность сопрягаемых уклонов равна $\Delta i_B = 17$ ‰, что в три с лишним раза превышает рекомендуемое значение $\Delta i_n = 5$ ‰. Если не выполнить в точке Б сопряжение элементов продольного профиля, то допускаемый уровень продольных сил ударного характера в грузовом поезде по условию малоциклового усталостной прочности элементов конструкции вагонов, несущих продольные нагрузки, установленный в диапазоне $1 \div 1,5$ МН, будет превышен в три раза, что может привести к крушению. Или будут превышены в три раза допускаемые значения квазистатических сил по условию устойчивости колесных пар вагонов против схода с рельсов, которые приняты равными $0,5 \div 0,7$ МН, что также может привести к выжиманию (выдергиванию) порожних вагонов из состава – в результате крушение. **Вывод:** чтобы обеспечить безопасность движения поездов по запроектированному Вами продольному профилю, необходимо строго соблюдать требования СТН /1/.

²⁶ При определении продольных сил и ускорений в поезде различают следующие режимы его движения: 1) *установившиеся (стационарные) режимы*, к которым относятся равномерное и равнопеременное движения; 2) *неустановившиеся (нестационарные), или переходные, режимы*, к которым относятся случаи, когда поезд как механическая система переходит из одного стационарного режима в другое (набор тяги, сброс тяги, включение и отпуск тормозов, а также движение по переломам профиля). *При переходных режимах движения продольные силы и*

Однако Вы можете воспользоваться рекомендациями СТН, в котором сказано /1, п.4.4, с.26/: *“Допускаемые нормы, указанные в табл.3, не следует применять:*

- а) в углублениях профиля (ямах), ограниченных хотя бы одним тормозным спуском;
- б) на уступах, расположенных на тормозных спусках;
- в) на возвышениях профиля (горбах), расположенных на расстоянии менее удвоенной полезной длины приемо-отправочных путей (расчетной длины поезда) от подошвы тормозного спуска.”

Принимая во внимание все вышесказанное, дадим Вам **совет:** применяйте допускаемые нормы сопряжения элементов продольного профиля только на горбах, ограниченных затяжными руководящими подъемами (или подъемами с уклонами кратной тяги) длиной не менее удвоенной l_{no} с обеих сторон от пика горба и лишь тогда, когда это действительно необходимо, т.е. приводит к значительному уменьшению объемов строительных работ (земляных работ, длины перевального двухскатного тоннеля и др.). В остальных случаях обязательно применяйте рекомендуемые нормы²⁷.

ускорения в поезде имеют наибольшие значения. Наиболее неблагоприятным в отношении величин продольных сил и ускорений является случай регулируемого торможения, т.е. включение и отпуск пневматических тормозов состава при движении по участку, содержащему перелом профиля. Исходя из этого режима движения, установлены *рекомендуемые нормы сопряжения* элементов профиля, указанные в СТН, *допускаемые нормы сопряжения* установлены, исходя из другого расчетного режима - движение поезда на выбеге (холостой ход), см. /2, с.113-115, рис.4.16, 4.17/.

²⁷ Конечно, более рационально было бы назначать зоны возможного применения допускаемых норм, исходя из результатов точных тяговых расчетов. Однако такие расчеты, выполненные на грузовой поезд установленной массы, вовсе не гарантируют одинаковых режимов вождения для всех поездов, т.к. многое зависит от опыта и мастерства машинистов локомотивов, от погодных условий, влияющих на сопротивление движению и коэффициент сцепления, от технической готовности тяговых и тормозных средств поезда, см. /10, с.135-144, рис.30-32/. Очертание профиля – это надолго, поэтому любое техническое перевооружение

Теперь Вам понятно, почему мы примеры сопряжений, приведенных на рис.1.24, разбили на две группы: **правильно** и **не правильно**, - потому что во всех приведенных примерах следовало применить рекомендуемые нормы сопряжения (примеры корректного применения допускаемых норм сопряжения Вы можете посмотреть в работе /6, с.21, рис.14 б/, только учтите, что там приведены нормы старого СНиПа /8/, действие которого отменено с 01.01.1996, а Вам при проектировании трассы следует пользоваться только нормами утвержденного СТН /1/).

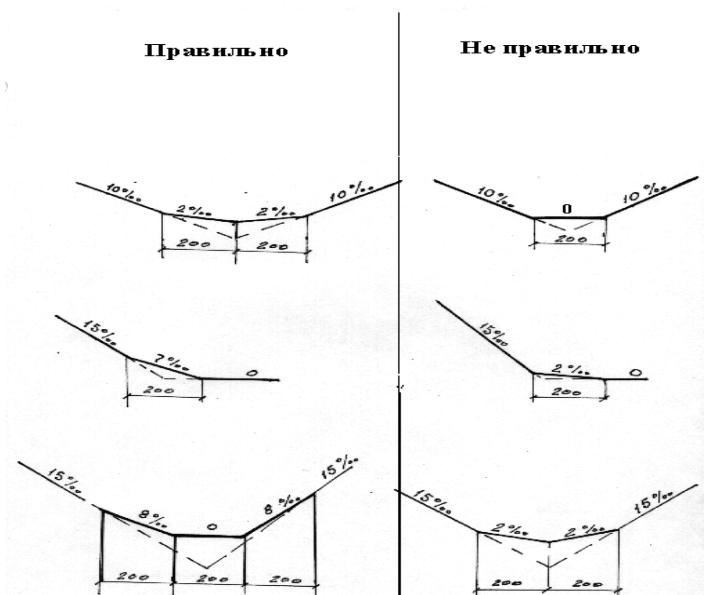


Рис.1.24. Примеры сопряжения элементов продольного профиля

эксплуатируемой дороги при усилении ее мощности (изменение вида тяги, увеличение полезной длины приемо-отправочных путей для вождения поездов большего веса, большей длины, или даже вождение сдвоенных поездов без увеличения $l_{по}$ - все это будет весьма проблематично, а реконструкция продольного профиля действующей магистрали - это трудоемкое и капиталоемкое мероприятие.

1.4.2.2. Предохранение проектируемой линии от размыва и затопления

Безопасность движения поездов обеспечивается достаточным возвышением бровки земляного полотна (не менее чем на 0,5 м) на подходах к водопропускным сооружениям через водотоки в пределах их разлива над наивысшим уровнем воды при пропуске наибольшего паводка (соответствующей вероятности превышения) с учетом подпора, наката волны на откос, ветрового нагона, приливных и ледовых явлений, см. /1, п.4.12-4.14/, /2, с.119 - 120/, /4, с.473 - 474/, /5, с.77/, /11, рис. 3.6, 3.7, 3.26, 3.35 - характер ледовых воздействий на откосы насыпей на БАМе, и рис.3 из прил.4, с.329 - «Размыв насыпи из-за перелива через нее» на линии Новокузнецк - Абакан в 1977 г./, а также часть 4 пособия.

При проектировании продольного профиля в выемках, длина площадки (горизонтального элемента профиля) не должна превышать 400м. Это условие позволяет обеспечить необходимую конструкцию продольного водоотвода в выемке и рациональный объем земляных работ по его устройству см. рис. 1.25. При большей длине выемки площадка заменяется двумя уклонами крутизной не менее 2 ‰ со спусками к концам выемки. В вечномерзлых грунтах площадки в выемках не допускаются независимо от их длины, а крутизна элементов профиля должна быть не менее 4 ‰, см. /1, п.4.7/, /2, с.119 - 120, рис.4.24/.

При расположении порталов тоннеля в пределах заливаемой поймы (обычно для мысовых тоннелей) дно водоотводного лотка тоннеля должно возвышаться не менее чем на 1 м выше наивысшего уровня высоких вод (с учетом подпора, высоты наката волны на откос, а также приливных и ледовых явлений), определяемого по наибольшему

расходу с вероятностью превышения 1:300 (0,33 %), см. /1, п.9.2/, /2, с.119/, /12, п.2.4, с.19 – 22/.

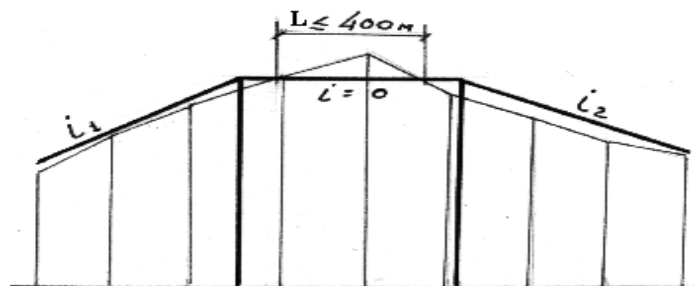


Рис. 1.25. Проектная линия в выемке (грунты не вечномёрзлые)

1.4.2.3. Проектирование пересечений железных дорог с другими путями сообщения

При пересечении проектируемых железных дорог с другими путями сообщения безопасность и бесперебойность движения в наибольшей мере обеспечивается при устройстве пересечений в разных уровнях. При этом необходимо обеспечить минимально потребную разность отметок проектной линии и существующего пути сообщения (железной дороги, автодороги, судоходной реки и др.). Подробнее о проектировании пересечений рассказывается в части 4 пособия, в которой рассматриваются вопросы размещения искусственных сооружений.

1.4.3. Взаимное расположение элементов плана и продольного профиля

При проектировании продольного профиля прямолинейными элементами, смежные уклоны сопрягаются в вертикальной плоскости вертикальными кривыми. В пределах вертикальной кривой постепенно изменяется уклон рельсовой нити от i_1 до i_2 . В плане круговая кривая сопрягается с прямыми подходами переходными кривыми, в пределах которых постепенно осуществляется отвод возвышения наружного рельса от 0 до h , мм. При проектировании нельзя допускать совмещения зоны вертикальной кривой с зоной переходной кривой.

На рис. 1.26 дано изображение плана и продольного профиля участка железной дороги.



Рис. 1.26. Определение минимально допустимого расстояния L_{min} , м от точек перелома профиля до точек начала или конца круговой кривой

Вертикальная кривая может располагаться только на прямой в плане или на "чистой" круговой кривой. Минимально допустимое

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

расстояние от точки, соответствующей началу или концу круговой кривой, до точки перелома продольного профиля определяется по формуле

$$L_{\min} = T_v + 0,5 \cdot l, \quad (1.16)$$

где T_v - тангенс вертикальной кривой, м;

l - длина переходной кривой, м.

Учитывая, что при алгебраической разности смежных элементов:

менее 2,0 ‰ при $R_v=20\ 000$ м, на скоростных линиях,

менее 2,3 ‰ при $R_v=15\ 000$ м, на линиях I и II категории,

менее 2,8 ‰ при $R_v=10\ 000$ м, на линиях III категории,

менее 4,0 ‰ при $R_v=5\ 000$ м, на линиях IV категории,

менее 5,2 ‰ при $R_v=3\ 000$ м,

вертикальные кривые не устраиваются /1, п.4.5/, то переломы профиля в этих случаях могут располагаться безотносительно к плану линии, т.е. в любом месте, см. также /1, п. 4.5/, /2, п.4.9, с. 123 - 124, рис. 4.27/.

1.5. ТЕХНОЛОГИЯ КАМЕРАЛЬНОГО ТРАССИРОВАНИЯ

1.5.1. Определение проектных и рабочих отметок на продольном профиле

После нанесения проектной линии на рассматриваемом участке, определяются проектные отметки во всех точках перелома продольного профиля.

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

Проектные отметки определяются по формуле

$$H_{\text{пр}2} = H_{\text{пр}1} + l_{1-2} \cdot i_{1-2}, \quad (1.17)$$

где $H_{\text{пр}1}$, $H_{\text{пр}2}$ - проектные отметки предыдущей -1 и последующей -2 точек, м, определяются с точностью до сотых – до см;

l_{1-2} - расстояние между точками 1 и 2, км;

i_{1-2} - проектный уклон между точками 1 и 2 с учетом знака (на подъем - плюс, на спуск – минус), ‰.

Проектные отметки предварительно находят только на переломах продольного профиля, а затем проверяется их графическое положение в масштабе профиля. И только после того, как Вы убедитесь, что запроектированная на участке линия соответствует графическому ее изображению (проложению), проектные отметки досчитываются во всех характерных точках рельефа местности и в местах расположения искусственных сооружений.

Затем определяются рабочие отметки h_p , м, по формуле

$$h_p = H_{\text{пр}} - H_3, \quad (1.18)$$

где $H_{\text{пр}}$ – проектная отметка точки, в которой определяется рабочая отметка, м;

H_3 - отметка земли в точке, в которой определяется рабочая отметка, м.

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

Все недостающие отметки земли определяются интерполяцией по продольному профилю между двумя соседними отметками или по карте между соседними горизонталями. На продольном профиле рабочие отметки выписывают над проектной линией для насыпей и под проектной линией для выемок.

В целом, продольный профиль стараются проектировать «обертывающей» линией (стараются, чтобы проектная линия повторяла профиль земной поверхности), используя насыпи высотой до 3-х метров, минимально применяя выемки, которые значительно усложняют последующую эксплуатацию железной дороги.

Кроме того, нанося проектную линию, следует заранее определить места расположения труб и мостов и предусмотреть в этих местах насыпи высотой не менее 2,0 ÷ 4,0 м.

В местах размещения путепроводов (пересечений с другими путями сообщения в разных уровнях) необходимо обеспечить насыпь (или выемку – в зависимости от условий пересечения), как правило, не менее 9 м (если внизу проходит железная дорога) и не менее 7 м (если внизу проходит автомобильная дорога). Переезды (пересечения в одном уровне) рекомендуется проектировать на невысокой (1 ÷ 2 м) насыпи под прямым углом.

Более подробно о размещении искусственных сооружений см. в части 4 пособия. Общий вид схематического продольного профиля приведен в приложении 5 пособия (часть 1).

1.5.2. Укладка магистрального хода

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

Магистральным ходом при камеральном трассировании по топографическим картам называется трасса проектируемой линии в первом приближении, без вписанных кривых. Магистральный ход уточняет намеченное направление трассы и состоит, чаще всего, из чередующихся участков вольного и напряженного ходов, причем на участках напряженного хода уже наколота линия нулевых работ, т.е. циркульный ход, см. /2, п.6.5, с.211 – 212, рис. 6.28 – 6.31/.

Магистральным ходом при полевом (наземном) трассировании называется уложенная на местности угломерным инструментом (теодолитом, тахеометром) приближенная трасса – магистраль. На легких участках такой магистральный ход служит трассой в первом ее приближении, а на сложных участках является основой для топографической съемки прилегающей полосы местности и поиска оптимального положения трассы (предварительно уложенной на топографической карте мелкого масштаба). Магистральный ход на местности укладывается по вычисленному азимуту или по отметкам и контролируется по характерным ситуационным признакам: излучинам рек, населенным пунктам, триангуляционным знакам, см. /13, с. 311 – 315/.

Как видно из этих определений, магистральный ход (и при камеральном и при полевом трассировании) – это первая наметка трассы, ее несглаженное положение (без спрямления попутных шагов циркульного хода, без вписывания круговых кривых, без уточнения параметров плана и профиля, т.к. по сути – нет еще ни плана, ни профиля трассы). Магистральный ход как бы задает полосу варьирования трассы, зону поиска оптимальной по строительным

затратам и эксплуатационным расходам трассы будущей железнодорожной линии²⁸.

В курсовом проекте от оси станции А Вам необходимо в направлении Б уложить магистральные ходы для обоих вариантов трассы, см. п.1.2, 1.3 пособия (часть 3).

1.5.3. Технология трассирования на участках напряженного хода

1. На карту, обернутую калькой, по намеченному магистральному ходу наносится небольшой участок трассы (~ 5 км)²⁹. При этом

²⁸ Недаром для высокоскоростных, скоростных линий и железнодорожных магистралей высоких категорий I, II и особогрузонапряженных магистральный ход является почти трассой (нет лишь кривых) – потому что для вышеназванных линий рекомендуется применять максимально спрямленные ходы, не удлиняя трассу для лучшего вписывания в рельеф местности, отсюда и название этих железнодорожных линий – магистраль (от фр. *Magistral* и лат. *magistralis* – главный). Именно в зоне магистрального хода будет проводиться съемка маршрутных планов (масштабов 1:5000 ÷ 1:1000) и зарисовываться ситуация полосы местности вдоль хода в пикетажном журнале, а также будет проводиться топографическая съемка примерно на 100 ÷ 200 м в каждую сторону от хода – при полевом трассировании. Именно вблизи магистрального хода, намеченного Вами при камеральном трассировании на карте, в конце концов и будет уложена трасса одного из вариантов (от магистрального хода ничего не останется – он будет стерт или заменен трассой с разбитым километражом и вписанными кривыми).

²⁹ Разумеется, при спуске с водораздела на карте уже намечен весь циркульный ход, т.к. рекомендуется укладывать его из седловины в направлении «на спуск» до встречи с участком вольного хода, однако работать с этим циркульным ходом приходится по частям – небольшими отрезками по 5 км, поскольку всегда необходимо контролировать объемы земляных работ и накопленное время хода на пару поездов. Не забудьте на напряженном ходу предусмотреть площадку для раздельного пункта, см. /2, с.189 – 190/, /6, с.8 – 11, рис.6/, а также часть 4 пособия.

попутные шаги циркульного хода спрямляют и в углы поворота вписывают круговые кривые (с помощью шаблона)³⁰.

2. На схематическом продольном профиле от проектной отметки, полученной на предыдущем участке, проводят проектную линию с уклоном трассирования i_{mp} , %.
3. На продольный профиль наносят отметки земли по трассе, соединяют их и получают профиль земли. Взаимное расположение проектной линии и линии земли дает представление об объемах земляных работ. Если объемы велики, то необходимо откорректировать план трассы³¹. При больших насыпях линию в плане следует сместить вверх по склону, при глубоких выемках - вниз по склону водораздела. При смещении следует помнить об основных нормах проектирования плана линии, см. п. 1.3 пособия (часть 3).
4. После того, как было найдено приемлемое решение на плане, дающее небольшие, сбалансированные объемы строительных работ, на сетку продольного профиля с карты переносят план линии, разумеется, сначала элементы кривых должны быть определены и выписаны на карте (угол поворота $У$, град - измеряют транспортиром; радиус круговой кривой R , м - выписывают с шаблона; тангенс круговой кривой T , м -

³⁰ Подробнее о спрямлении циркульного хода и вписывании круговых кривых см. п. 1.3.1 пособия (часть 3).

³¹ Именно план, а не профиль, т.к. на напряженном ходу проектная линия считается заранее известной – ее оптимальное положение – однообразный уклон трассирования $i_{mp} = i_{опр} - i_{эк(ср)}$, %, всякое недоиспользование ограничивающего уклона на напряженном ходу, или противоуклоны и потерянная высота – это грубые ошибки, приводящие к удлинению трассы сверх минимально необходимого – того удлинения, которое может быть заранее рассчитано и которое называют **расчетным развитием линии**, км, $\Delta L = L_p - L_0$, где L_p – расчетная длина трассы, км, L_0 – длина геодезической линии, км, см. /2, п.6.2, с. 189 – 193, рис. 6.3 – 6.12/.

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

рассчитывают по формуле (1.7); длину круговой кривой K , м – определяют по формуле (1.9) и длины переходных кривых³² l , м – выписывают из табл. 6 СТН /1, сс. 39 – 40/ или из табл. 1.1 пособия – часть 2)³³.

5. Разбивают километраж по трассе³⁴, чаще всего – продолжают ранее начатый километраж.
6. Выполняют корректировку километража на плане³⁵.

³² При проектировании новых линий обе переходные кривые принимаются одинаковыми по длине.

³³ Технология переноса плана трассы с карты на профиль (в графу «Прямые и кривые в плане») проста: прямой участок Вы измеряете линейкой (или измерителем), откладываете измеренное расстояние и получаете точку НКК – начала круговой кривой, затем, откладываете в горизонтальном масштабе длину круговой кривой K и получаете точку ККК – конца круговой кривой. Теперь следующий прямой участок Вы снова измеряете на карте линейкой, переносите его без изменения на профиль (т.к. горизонтальный масштаб схематического профиля равен масштабу карты и ставите точку НКК следующей кривой) и т.д. Вы можете также использовать технологию с полоской бумаги, описанную в п. 1.3.2 пособия -ч.3. Все пять параметров кривой ($У$, $Р$, $Т$, $К$, l) должны быть выписаны на профиле внутри кривой, кроме того на профиле внутри каждой кривой Вам следует выписать величину $i_{жк}$ – уклона, эквивалентного дополнительному сопротивлению от этой кривой, %.

³⁴ Редко от промежуточной ст. А сразу начинается напряженный ход, обычно площадку станции задают в легких топографических условиях, следовательно, начинается трасса - с вольного хода. Километраж разбивается от оси ст. А (с нею совпадает нулевой километр), далее по прямым участкам трассы откладывают отрезки 2 см = 1 км (для масштаба 1:50000) и чертят километровые знаки, подписывая их снизу. На кривых участках – несколько сложнее. Вам следует поставить на измерителе раствор 2 мм и прошагать им от предыдущего километрового знака вперед 10 раз = 2 см = 1 км (на прямой это просто, а на кривой будьте внимательны). Конечно, вместо кривой мы измеряем вписанный многоугольник, т.е. не плавную кривую, а ломанную, но, принимая во внимание стадию проектирования, к которой относится наш проект, можно считать небольшую погрешность, возникающую при этом упрощении, - допустимой.

³⁵ Корректировка необходима по трем причинам: 1) миллиметры миллиметровки и миллиметры линейки часто не равны по своей величине – отсюда возникает линейная невязка, 2) длины круговых кривых на профиле Вы откладываете после расчета по формуле (4.9) – в масштабе округленно с точностью до 1 мм = 50 м, 3) километраж на карте по кривым Вы разбиваете с помощью измерителя (раствором 2 мм) или полоской бумаги (вращая ее без скольжения), но в том или другом случае – невольно Вы допускаете погрешность. Поэтому, ориентируясь на точки начала и конца круговых кривых, разбитых по трассе, Вам необходимо подправить

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

7. Выполняют корректировку проектной линии, предварительно нанесенной на участке напряженного хода однообразным уклоном трассирования³⁶.
8. Определяются длины (с точностью до 50 м = 1мм) и уклоны (с точностью до 0,1 %) элементов профиля. Подсчитываются проектные отметки на переломах профиля (с точностью до 0,01м).
9. Выполняется проверка проложения проектной линии³⁷.

километровые знаки на карте, так, чтобы они соответствовали их положению на профиле. В результате – на карте и профиле трасса от точки А до точки Б должна быть одной длины и километровые знаки на карте и профиле должны соответствовать друг другу.

³⁶ Прочитайте пункты 2 и 3 настоящей технологии трассирования. Вы увидите, что сначала проектная линия на участке напряженного хода была проведена уклоном трассирования. Затем была построена линия земли по трассе (выполняется обычно несколько раз – до получения приемлемого решения). А Вам надо уточнить проектную линию. Вспомните, что уклон трассирования определялся через *среднюю* величину уклона, эквивалентного дополнительному сопротивлению *от всех кривых по трассе* варианта, см. п. 1.1, формула (1.2). Теперь разбейте однообразный уклон трассирования – на участки, требующие смягчения, и *смягчите ограничивающий (руководящий) уклон на конкретные значения $i_{жк}$, %*, определенные в соответствии с рекомендациями, изложенными в п.1.4.1 пособия, см. формулы (1.10) – (1.15) и рис. 1.20, 1.21.

³⁷ Проверка проложения проектной линии необходима потому, что проектную линию на продольный профиль первоначально (см. п.2 настоящей технологии трассирования) Вы наносили графически (с помощью треугольника и линейки) – следовательно, могла быть допущена некоторая неточность, которая всегда сопровождает графический подбор уклонов и которая тем больше, чем длиннее элемент профиля. Кроме того, Вы на участке напряженного хода выполнили смягчение ограничивающего (руководящего) уклона в зависимости от радиусов кривых и их длин, а, следовательно, проектная отметка конца участка напряженного хода – изменилась. Вот причины, по которым необходимо выполнять проверку проложения. А технология выполнения этой проверки довольно проста: 1) рассчитайте отметки на переломах профиля, 2) нанесите проектную линию точно по вычисленным отметкам (разумеется, в пределах точности вертикального масштаба профиля - 1 мм = 1 м и толщины острия Вашего карандаша), 3) проанализируйте взаимное положение проектной линии и линии земли (если объемы земляных работ изменились незначительно и Вы «вышли» в ту точку на профиле, в которую и намечали, то можете считать проектную линию (на данном этапе) - определенной, но если полученное точным расчетом положение проектной линии Вас не устраивает –

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

10. Определяется фактически набранное к концу протраассированного участка время хода на пару грузовых поездов установленной массы (см. часть 4 пособия) и делается вывод о необходимости раздельного пункта³⁸.

11. Рассчитываются (с точностью до 0,01 м) по формуле (1.17) проектные отметки и по формуле (1.18) рабочие отметки во всех характерных точках³⁹. Отметки выписываются на продольный профиль над проектной линией (насыпи, нулевые места) или под проектной линией (выемки). После этого приступают к трассированию следующего участка магистрального хода.

1.5.4. Технология трассирования на участках вольного хода

1. На карту, обернутую калькой, наносят небольшой участок трассы (длиной ~ 5 км) по намеченному магистральному ходу, учитывая рекомендации пунктов 1.2.1, 1.2.3, 1.2.4 настоящего пособия.

придется менять план трассы на данном участке напряженного хода, т.к. профиль считается заданным априори).

³⁸ Полученная величина фактического времени хода на пару поездов по запроектированному профилю сравнивается с расчетным временем хода на пару поездов (см. часть 4 пособия) и, если она значительно меньше расчетной величины, можно выполнять следующий пункт технологии трассирования, но, если она уже больше или близка к расчетной величине, то необходимо решать задачу размещения оси и площадки раздельного пункта с путевым развитием (разъезда или обгонного пункта), причем иногда приходится корректировать намеченный магистральный ход, несмотря на то, что на участках напряженного хода заранее предусматривают площадку раздельного пункта (резервируют место для разъезда или обгонного пункта, проходя вдоль горизонтали).

³⁹ Характерными точками в данном случае являются не только те точки, где определены отметки земли, но и те точки, в которых намечены переломы продольного профиля (отметки земли для таких точек берут с профиля земли интерполяцией).

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

2. Рассчитывают план трассы на карте и переносят его в сетку профиля.
3. Разбивают километраж на карте и профиле, не забывая о корректировке километража в случае необходимости.
4. Переносят отметки земли в характерных точках с карты на профиль и строят профиль естественной поверхности земли по трассе⁴⁰.
5. Подбирают оптимальное положение проектной линии, стараясь обеспечить минимум земляных работ и минимум суммы преодолеваемых высот⁴¹, не забывая при этом о соблюдении норм проектирования продольного профиля новых ж.-д. линий (см. часть 2 пособия).
6. Выполняют смягчение ограничивающего уклона (или уклонов, близких к нему), если это необходимо.
7. Рассчитывают отметки на переломах проектной линии.

⁴⁰ Раньше эта процедура называлась – «наколка профиля по **черным** отметкам». Дело в том, что раньше (до периода массового использования множительной техники для производства копий продольных профилей) продольный профиль выполняли в двух цветах: черном (отметки и профиль земли) и красном (проектные отметки, проектная линия, план трассы, изображение развернутого плана в графе ситуации и т.д.). Позже – были введены требования: чертить существующие данные черным цветом основной линией, а проектные – тоже черным цветом, но утолщенной линией (примерно в 3 раза), см. приложение 5 пособия. Названия «черные отметки» – отметки земли, «красные отметки» - проектные отметки – сохранились в обиходе проектировщиков и в старой литературе, посвященной проблемам трассирования железных дорог.

⁴¹ Проектная линия на участках вольного хода может идти любым уклоном (вплоть до руководящего). Подбор осуществляется с помощью треугольника и линейки. Предварительно графически Вы намечаете – каким уклоном пойти, где начать и где закончить элемент профиля с принятым уклоном, стараясь проходить над профилем земли невысокими насыпями (около 2 м, точнее – в зависимости от категории линии, снеготаносимости района и числа главных путей). Затем Вы уточните величины уклонов и длины элементов, когда выполните проверку проложения проектной линии.

8. Проверяют проложение проектной линии и в случае, если проектная линия уложена хорошо – переходят к пункту 9, если нет – возвращаются к пункту 5 или даже 1.
9. Рассчитывают фактическое (накопленное) время хода на пару грузовых поездов установленной массы до точки конца участка трассирования и делают вывод о необходимости раздельного пункта⁴².
10. Рассчитывают проектные и рабочие отметки во всех характерных точках и выписывают их на профиль. Затем переходят к следующему участку магистрального хода (вольного или напряженного хода).

Таким образом, принципиальное различие в технологии трассирования на участках напряженных и вольных ходов только одно и оно вытекает естественным образом из определений этих ходов (см. п.1.1 пособия – часть 3). На напряженном ходу цель - подняться (спуститься) к какой-либо точке за минимально возможное расстояние (по условию ограничивающего уклона, недаром такое название – уклон, ограничивающий наши возможности, вернее, возможности локомотива)

⁴² Вывод, как Вы уже догадались, может быть трех видов: 1) Рано, 2) Пора, 3) А мы уже его (разъезд) давно проехали. Что означает, соответственно: 1) Раздельный пункт пока не нужен (фактически набранное по профилю время хода на пару поездов меньше расчетного времени); 2) Раздельный пункт необходим в конце участка (тогда придется его подкорректировать в плане и профиле, на вольном ходу это и не сложно) или будет расположен на следующем участке (вот почему трассирование ведется небольшими участками по 5 км, чем ближе к раздельному пункту, тем даже меньше – длиной $2 \div 3$ км); 3) Придется вернуться к тому элементу, где необходим раздельный пункт по времени хода и, чаще всего, - перепроектировать трассу (поскольку стирать запроектированные план и профиль своей трассы и переделывать все по-новому – никому не хочется, прислушайтесь к совету: всегда одновременно с трассированием ведите таблицу расчета времени хода, тогда у Вас не будет бросовых (бесполезных, брошенных) работ, см. также часть 4 пособия, где все это изложено подробнее.

с развитием линии или без развития. А на вольном ходу цель – сократить расстояние трассы (оптимально – пройти по геодезической прямой между фиксированными точками и опорными пунктами трассы).

Поэтому на напряженном ходу профиль считается заданным – уклон, равный ограничивающему (с учетом необходимого смягчения), а план надо найти (подобрать под проектную линию). А на вольном ходу план считается заданным, это – прямая (иногда кривые большого радиуса для обхода препятствий) и проектирование переходит на миллиметровку (надо подобрать уклоны для «обертывания» невысокой насыпью естественной поверхности земли по трассе).

Дополнительно о технологии трассирования Вы можете прочитать в работах: /2, п.6.2, 6.3, 6.5/, /5, глава 5/, /6, раздел 2/, /9, глава 3/, /14, п.2.4/.

Ниже приведены два рисунка, на которых рассмотрена одна и та же ошибка, которая часто встречается в курсовых проектах – это **пропуск горизонтали на напряженном ходу**.

При укладке циркульного хода, вместо того чтобы шагать раствором циркуля последовательно с горизонтали на горизонталь⁴³, нерадивый студент «спрямил» трассу и перешагнул через одну, две (бывает и больше) горизонталей. В результате – трасса в профиле «упала» сразу на 20, 30 и т.д. метров, вместо допустимых по уклону трассирования – 10 м. Как результат, на профиле проектная линия «повисла» на огромной насыпи или «закопалась» в глубокую выемку, причем эта насыпь или выемка так и будут «тянуться» по всему

⁴³ Вспомните, ведь раствор циркуля рассчитывается через высоту сечения рельефа, т.е. через расстояние по высоте *между двумя соседними горизонталями*.

профилю на напряженном ходу (ведь круче уклона трассирования ничего нельзя применить)⁴⁴.

На рис.1.27 показан пример корректировки трассы на участке напряженного хода. Неправильная укладка линии нулевых работ на участке В – М (ошибочный вариант циркульного хода показан на рис. 1.27 а штрих – пунктирной линией) влечет за собой увеличение объемов земляных работ (что хорошо видно на профиле – рис. 1.27 б – насыпь высотой 20 – 25 м).

Необходимо исправить циркульный ход на плане – там, где была допущена ошибка. Посмотрите на линию А – В – С – Д – Е – F – это верное решение. И сразу же линия земли на профиле “поднялась” вверх и приблизилась к проектной линии. Теперь проектная линия идет вдоль линии земли невысокой насыпью.

⁴⁴ От такой ошибки - пропуск горизонталей на напряженном ходу при равномерном спуске (подъеме) по косоуглу, надо отличать пересечение сухого лога, ручья, короче, любого периодического водотока, которое как раз и выполняется примерно под прямым углом к оси водотока, как бы пропуском нескольких горизонталей. Но! Затем трасса сразу же опять выходит на ту же горизонталь, с которой она «прыгнула через ручей», а полученная насыпь при пересечении лога с успехом применяется для размещения ИССО (трубы, моста, виадука, и т.д.), см. /2, с.212, 214, рис. 6.33/.



Рис. 1.27. Влияние укладки циркульного хода на объемы земляных работ: а) - план; б) - продольный профиль

На рис.1.28 приведен еще один пример ошибочной укладки циркульного хода. Выделенные утолщенными линиями участки фиксируют ошибку в укладке линии нулевых работ – пропуск горизонталей. В результате (если бы мы построили продольный профиль по этому циркульному ходу, то на выделенных участках получили бы такие же «провалы» линии земли, что и на рис. 1.27. Разумеется, никаких нулевых работ в результате (после укладки трассы по

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

намеченному циркульному ходу) не было бы, а были бы наоборот – большие объемы земляных работ.

Вывод: при укладке циркульного хода (на участках напряженного хода) следует быть особенно внимательным и не пропускать горизонтали.



Рис. 1.28. Ошибочная укладка циркульного хода

Учтите также важное требование: **варианты трассы должны быть приведены к сравнимому виду**, т.е. в пределах ст.А их план и профиль должны совпадать и в конце обоих вариантов они должны выходить на одну – общую точку Б на заданном направлении Б, причем проектная отметка у них в этой точке должна быть одинаковой⁴⁵, см. /6, с.26 – 28/.

⁴⁵ Допускается несовпадение $\pm 0,05$ м, а для того, чтобы при проектировании проектной линии второго варианта подобрать такую же проектную отметку, что и на первом варианте, допускается применение дробного проектного уклона в конце

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

В работе /7, с.266, рис. 5.43/ приведен пример корректировки трассы на участке напряженного хода, который поможет Вам понять принципы корректировки (уменьшение объемов земляных работ за счет перепроектировки плана). Кроме того, в этой работе рассмотрены такие вопросы: особенности трассирования линий различного назначения /7, с. 266 – 267/, трассирование вариантов двухпутных линий /7, с. 267/, трассирование вариантов с применением временных участков трасс /7, с. 268/, с которыми возможно Вы столкнетесь в курсовом проекте.

Что касается вопросов сопоставительной оценки протрассированных вариантов и определения технических показателей трасс, то они рассматриваются в третьей части учебного пособия, можем рекомендовать /2, с. 215 – 216/, /7, с. 268 – 269/.

1.6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАЗДЕЛУ

В третьей части пособия Вы получили основные сведения о том, как следует трассировать варианты.

Основные сведения о трассировочных ходах и принципах трассирования на вольных и напряженных ходах пригодятся Вам при укладке магистрального хода. Кроме того, чтобы хорошо понимать особенности трассирования в различных топографических условиях, Вам следует изучить п.6.3 учебника /2, с. 193 – 197/.

На наш взгляд, Вы сможете самостоятельно протрассировать оба варианта, изучив технологии трассирования на вольных и напряженных ходах. Конечно, не обойдется без ошибок, но если Вы

второго варианта, даже если там нет кривых и не требуется смягчения уклона продольного профиля.

будете внимательны, если Вы, прежде чем начинать трассирование, повторите нормы проектирования плана и продольного профиля новых железных дорог, обзор которых приведен во второй части пособия, то успешно решите поставленную задачу: «На топографической карте масштаба 1:50000 от оси промежуточной станции А до направления Б протрассировать два варианта трассы⁴⁶ новой железнодорожной линии». Задачу сложную и интересную.

В курсовом проекте из-за ограничения на время разработки проекта Вы лишены целого раздела «**Трассирование в сложных физико-географических условиях**». То есть - вся Ваша работа связана с овладением навыками трассирования в различных *топографических* (на водоразделах, на косогорах, в долинах рек) *и ситуационных условиях* (обход населенных пунктов, пересечение с другими путями сообщения и т.д.).

Однако в реальных условиях при проектировании новых железных дорог, особенно в суровых условиях Сибири, Севера, Дальнего Востока и Средней Азии, огромное влияние на положение трассы оказывают климатические, инженерно-геологические, гидрогеологические, сейсмические, экологические, историко-архитектурные и другие условия.

Изыскатели, проектировщики и строители железных дорог хорошо знают, какие трудности могут доставить курумы, осыпи, обвалы, оползни, сплывы, сели, прижимы, снежные лавины, карст, болота, мари,

⁴⁶ Протрассировать два варианта – значит запроектировать планы и продольные профили двух вариантов трассы, разместив на них отдельные пункты (см. часть 4 пособия) и искусственные сооружения (см. часть 4 пособия). Варианты могут различаться значениями ограничивающего (руководящего) уклона или могут быть протрассированы с одним значением ограничивающего уклона, но по двум принципиально различным направлениям (например, поперечно-водораздельные

снежные и песчаные заносы, подвижные пески, наледи, вечномерзлые грунты, подземные льды, термокарст, бугры пучения, солифлюкция, повышенная сейсмичность, трещиноватость пород, активные разломы земной коры и другие сложные природные явления.

Для того чтобы Вы ориентировались в этих вопросах, мы рекомендуем Вам изучить следующие работы: /2, п.6.4, с. 197 – 211/, /5, п.5.5/, /15, главы 1, 3, 4, 5, 7/, /16/, /11, главы 1, 3, 4, 5/, /17, главы 3, 8/, /18, главы 1-4/, /19/, /20/, /21/. В этих книгах собран опыт работы на изысканиях, при проектировании, строительстве и эксплуатации таких железных дорог, как Восточно-Сибирская, Байкало-Амурская магистраль, Амуро-Якутская магистраль (Беркалит – Томмот – Нижний Бестях), Абакан – Тайшет, Тюмень – Сургут – Новый Уренгой, Ачинск – Лесосибирск, Ивдель – Обь (Приобье), Тавда – Сотник (Устье-Аха), Асино – Белый Яр, Комсомольск (Пивань) – Советская Гавань, Новокузнецк – Абакан, Аскиз – Абаза, Хребтовая – Усть-Илимск, Лабытнанги (Обская) – Бованенково – Харасавэй, Гурьев – Астрахань, Магат – Мангышлак – Узень, Кунград – Бейнеу и других.

В курсовом проекте трассирование в сложных природных условиях возможно будет задано Вам как элемент УИРС (учебно-исследовательской работы студента – см. часть 7 пособия), но в обязательный объем работ по проекту оно не входит.

Это не означает, что в курсовом проекте Вы совсем не учитываете район проектирования и соответствующие ему природные условия. Вы делаете описание района проектирования во втором разделе проекта, кроме того, Вы учитываете некоторые данные из задания на проектирование (расчетную толщину снежного покрова; вид грунтов,

варианты с различными точками пересечения водораздела, или водораздельный и долинный ходы).

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

применяемых для отсыпки земляного полотна; вид грунтов для расчета стока поверхностных вод и др.). Однако в реальном проектировании многообразие и непредсказуемость многих природных процессов порою оказывают на принятие решений по плану и профилю трассы, по несущим конструкциям и методам их сооружения - решающее влияние.

Например:

1. Вместо укладки трассы на крутых неустойчивых косогорах – отсыпка насыпи скальным грунтом в русло реки (прислоненные насыпи в долинах рек Олекмы, Нюкжи на БАМе, в долинах рек Хунгари и Тумнин на линии Комсомольск – Совгавань, в долине реки Томи на линии Новокузнецк – Абакан, в долине реки Туманшет на линии Абакан – Тайшет, в долине реки Енисей на линии Красноярск - Дивногорск и др.), см. /2, с.194 – 195/.
2. Вместо устройства полувыемки-полунасыпи с верховыми и низовыми подпорными стенами на столбчатом фундаменте в пределах крутого косогора (до 40°) в узком ущелье горной реки или отсыпки насыпи в русле реки (со стеснением живого потока на 40 %) - устройство эстакады с опорами сборно-монолитной конструкции и сталежелезобетонными пролетными строениями (на участке Чара – Тында на БАМе), /11, с.227/.
3. Тщательные изыскания трассы на заболоченных территориях Западно-Сибирской равнины в целях максимального использования попутных возвышенностей и водоразделов для обхода глубоких болот (на линиях Тюмень – Сургут и Сургут – Уренгой), /2, с.198/, /25/.

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

4. Применение водораздельных и косогорных ходов вместо долинных при значительном распространении вечномерзлых грунтов и наледей в долинах рек северо-востока Сибири (на линиях Хребтовая – Усть-Илимск и Усть-Кут – Верхнекарелино, см. ТЭО ОАО «ВОСТСИБТРАНСПРОЕКТ» и /2, с.209/).
5. Насыпи из мелких и пылеватых песков на болотах на линиях Тюмень – Сургут и Сургут – Нижневартовск, /16, с.29 – 40/.
6. Насыпи из переувлажненных глинистых грунтов на болотах (с отсыпкой берм высотой до 1,5 м), сооружаемые в зимнее время на Юганском участке линии Тюмень – Сургут), /16, с. 40 – 55/.
7. Применение поездной возки дренирующего грунта (думпкарами, платформенными вертушками) с организацией «блуждающих карьеров»; двухстадийный и, даже, трехстадийный методы отсыпки насыпей из твердомерзлых песчаных грунтов; усиление насыпей из твердомерзлых мелких и пылеватых песков устройством замкнутых геотекстильных обойм на сооружении линий Ягельная – Ямбург, Обская – Бованенковская, /18, с.92 – 100/.
8. Вместо укладки на косогорах водопропускных труб со ступенчатым расположением звеньев и секций – устройство косогорных железобетонных труб с расположением звеньев параллельно верху насыпи (опирание трубы на фундамент в виде пространственной рамы из ригелей на свайном или столбчатом фундаменте) – на участке Чильчи – Дюгабуль БАМа, /18, с.139 – 141/.
9. Новая конструкция фундаментов водопропускных труб на слабых грунтах – устройство железобетонной плиты-экрана,

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

укладываемой в грунтовое основание под трубой и предотвращающей растяжку труб, например, на участке Янчуй – Чара БАМа, см. /18, с.141 – 143/.

10. Устройство металлических гофрированных труб с ограничителями деформаций и со сквозными продухами на погребенных льдах – на БАМе, см. /18, с.150 – 151/.

11. Устройство однопролетных железобетонных мостов тоннельного типа с железобетонными распорками и применением высоких свайных ростверков с противопучинными экранами на вечномерзлых грунтах – на БАМе, проект Гындинской мерзлотной станции, /18, с.160 – 161/.

12. Применение сейсмостойких (до 9 баллов) одно- и двухъярусных опор рамного типа для путепроводов, мостов и виадуков – на обходе Северо-Муйского тоннеля на БАМе, проект Сибгипротранса, строительство - «Мостострой – 9», /18, с.162 – 165/ и другие.

Мы надеемся, что личный опыт работы над двумя вариантами трассы, пусть и в упрощенных, учебных условиях, а также чтение технической литературы⁴⁷, позволят Вам познакомиться с такой областью инженерного труда, как *«Наука и искусство трассирования железных дорог»*. Мы искренне желаем Вам успеха!

В курсовом проекте многие интересные, специфические вопросы трассирования новых железных дорог остаются «за кадром». Если Вас

⁴⁷ Не поленитесь взять в библиотеках ИрИИТа, Управления ВСЖД, ОАО «ВОСТСИБТРАНСПРОЕКТ» те книги, на которые мы делаем ссылки. Кроме того, мы настоятельно советуем Вам посещать читальный зал ИрИИТа для того, чтобы читать периодические издания по теме проектирования железных дорог.

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

заинтересовала какая-то тема, то Вы можете согласовать с руководителем курсового проектирования план работы над этой темой, подробно разработать ее и представить в виде раздела УИРС курсового проекта.

Кроме того, если выбранная Вами тема имеет перспективы дальнейшего исследования, Вы можете продолжить работу над нею и представить ее при защите дипломного проекта в качестве инженерной исследовательской детали проекта.

4.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО РАЗДЕЛУ

1. Что такое «трассирование железных дорог»? См. /2, п.6.1/.
2. Чем отличаются «камеральное трассирование» и «полевое трассирование»? См. /2, п.6.1, 14.5/.
3. Что называется «геодезической линией» (геодезической прямой)? См. /2, с.186/.
4. Что такое «опорные пункты» и «фиксированные точки» трассы? См. /2, с.186 – 188/.
5. Как назначаются варианты направления железнодорожной линии? См. /2, п.6.1/, /14, п.2.4/, /5, п.5.1/, /6, раздел 1/, /9, с.106 – 113/, /17, п.3.1/.
6. Назовите две классификации трассировочных ходов в проектировании железных дорог, см./2, с.188/.
7. Что такое «вольный ход»?
8. Что такое «напряженный ход»?
9. На какие два вида подразделяется напряженный ход? См. /2, с.189/, /4, с.562 – 565/, /17, с. 58/.

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

10. Что такое «средний естественный уклон местности» $i_{ест(ср)}$? Как он определяется?
11. Что такое «уклон трассирования» $i_{тр}$? Как он определяется?
12. Как определяется уклон, эквивалентный дополнительному сопротивлению от кривой, средний по трассе $i_{эк(ср)}$?
13. Перечислите принципы трассирования на вольных ходах, см. /2, с.188/, /17, с. 56 – 58/.
14. Перечислите принципы трассирования на напряженных ходах, см. /2, с. 189 – 193/, /17, с. 58 – 60/.
15. Перечислите и изобразите схематически простые и сложные приемы развития трассы на напряженных ходах, см. /2, с. 193, рис.6.6 – 6.12/, /5, п.5.4/, /17, с. 60 – 62/.
16. Какие особенности (достоинства и недостатки) имеют долинные трассировочные ходы? См. /2, с.193 – 194/, /9, с. 113 – 114/, /11, п.1.7 – 1.10/, /17, с. 62 – 63, 69 – 75/.
17. Какие особенности (достоинства и недостатки) имеют водораздельные трассировочные ходы? См. /2, с. 194 – 197/, /9, с. 114 – 115/, /17, с. 63 – 64/.
18. Какие особенности (достоинства и недостатки) имеют поперечно-водораздельные трассировочные ходы? См. /2, с. 197/, /9, с. 115 – 120/, /17, с.64/.
19. Какие особенности имеют косогорные (склоновые, прижимные) ходы? См. /2, с. 194/, /9, с.117/, /11, с. 41 – 44/, /17, с. 64 – 65/.
20. Что такое «циркульный ход» и «линия нулевых работ»? Как они укладываются? См. /2, с. 211 – 212/, /5, п. 5.6/, /17, с. 58 – 60/.
21. Что такое «магистральный ход», для чего он укладывается? См. /2, с. 211 – 212/, /6, с. 8 – 12/.

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

22. Как провести на профиле линию заданного уклона?
23. Как определить уклон, эквивалентный дополнительному сопротивлению от кривой $i_{эк}$?
24. Как производится смягчение ограничивающего уклона при его совпадении с кривыми?
25. Как производится дополнительное смягчение ограничивающего уклона в кривых малого радиуса, необходимое из-за уменьшения сцепления i_{ψ} ? См. /6, с. 15 – 16/.
26. Что такое «линия земли» и «проектная линия»?
27. Как определяются параметры плана трассы?
28. Как определяется положение точек НКК (начала круговой кривой) и ККК (конца круговой кривой) на карте?
29. Как разбивается километраж на карте и продольном профиле?
30. Как производится спрямление шагов циркульного хода и вписывание круговых кривых? См. /7, с. 263 – 264/.
31. Как определить положение вершины первого угла поворота трассы на плане ?
32. Как отметки земли в характерных точках переносятся с карты на схематический продольный профиль? См. /7, с. 264 – 266, рис. 5.40/.
33. Какие требования предъявляются к проектной линии продольного профиля новых железных лоргов? См. /2, п. 4.7, 4.8/.
34. Как обеспечить выполнение требований бесперебойности движения поездов при проектировании плана и продольного профиля трассы? См. /2, п.4.8/, /7, с. 211 – 214/.

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

35. Как обеспечить выполнение требований безопасности и плавности движения поездов при проектировании плана и продольного профиля трассы? См. /2, п. 4.7/, /7, с. 205 – 211/.
36. Какие требования предъявляются к взаимному расположению вертикальных кривых в профиле и переходных кривых в плане? См. /2, п. 4.9/.
37. В каких случаях можно применять допускаемые нормы проектирования продольного профиля, а в каких – нет? См. /2, с. 113 – 119/.
38. Что такое «сопряжение элементов профиля»?
39. Что такое «разделительная площадка», «элементы переходной крутизны»?
40. Что такое «стационарные» и «нестационарные» режимы движения поезда? Какое влияние оказывают режимы движения на нормы проектирования продольного профиля? См. /2, п. 4.7/.
41. Как при проектировании продольного профиля обеспечить в поездах допустимые величины продольных сил и ускорений? См. /2, п. 4.7/.
42. Каким образом следует предохранять проектную линию от размыва и затопления? См. /2, с. 119 – 121/, /7, с. 209 – 210/.
43. Как определяются проектные и рабочие отметки на профиле?
44. Перечислите основные шаги технологии камерального трассирования на напряженных ходах.
45. Перечислите основные шаги технологии камерального трассирования на вольных ходах.
46. В чем принципиальное различие между технологиями камерального трассирования на вольных и напряженных ходах?

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

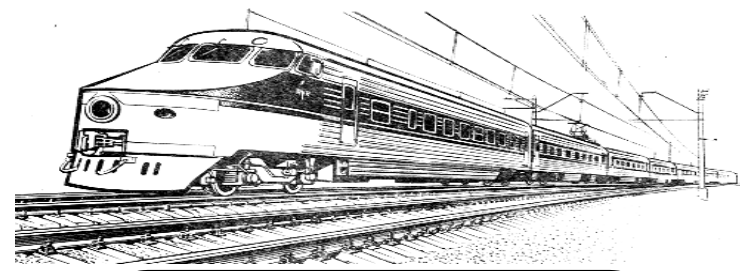
47. Почему пропуск горизонталей при укладке циркульного хода является грубой ошибкой?
48. Перечислите основные принципы трассирования на участках развития склоновых процессов (курумов, осыпей, обвалов, оползней, сплывов). См. /2, с. 199 – 200/, /7, с. 246 – 250/, /23/.
49. Назовите основные приемы трассирования на участках распространения селей и снежных лавин. Какие методы инженерной защиты от этих природных явлений Вы знаете? См. /2, с. 200 – 205/, /22/, /23/.
50. Перечислите принципы трассирования в районах карстообразования. Какие методы защиты от карста или предупреждения его образования (развития) Вы знаете? См. /2, с. 205/, /23/.
51. Как надо трассировать новые железнодорожные линии в заболоченных районах? См. /2, с. 206/, /16/, /23/.
52. Как надо трассировать новые железнодорожные линии в районах распространения снежных или песчаных заносов? См. /2, с. 206 – 207, 209 – 210/, /22/.
53. Что такое «наледы»? Как следует трассировать линии в районах распространения наледей? См. /2, с. 207/, /15/, /24/.
54. Как следует трассировать линии в районах распространения вечномерзлых грунтов? Что такое: «термокарст», «бугры пучения», «мари», «солифлюкция»? См. /2, с. 207 – 209/, /15/, /16/, /23/.
55. Каковы рекомендации по трассированию железных дорог в сейсмических районах и в районах распространения активных неотектонических разломов? См. /2, с. 210 – 211/, /15/, /19/, /21/.

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

56. Каким образом при проектировании железных дорог могут быть использованы материалы аэроизысканий и космической съемки? См. /21/.
57. Что Вам сложнее проектировать: план или продольный профиль ж.-д. линии и почему?
58. Какие основные препятствия необходимо было преодолеть (обойти) проектировщикам Транссибирской магистрали, Байкало-Амурской магистрали, ж.-д. линии Абакан – Тайшет?
59. Почему проектировщики Транссибирской магистрали обошли Байкал с юга, а не с севера?
60. Почему проектировщики Байкало-Амурской магистрали не запроектировали трассу БАМ севернее – через Бодайбо, Якутск, Магадан?
61. Какие проблемы эксплуатации железнодорожного пути на Восточно-Сибирской железной дороге Вам известны? В чем причины этих проблем? Почему проектировщики не предвидели возникновение и развитие этих проблем?
62. Сколько тоннелей запроектировано и построено на ВСЖД, на БАМе, на линии Абакан-Тайшет?
63. Чему равен руководящий уклон на ВСЖД, на БАМе, на линии Абакан-Тайшет?
64. Где на ВСЖД применяется уклон усиленной тяги? Для чего?
65. В чем заключаются особенности проектирования плана и продольного профиля высокоскоростных специализированных пассажирских линий?
66. Почему при проектировании трассы особогрузонапряженных линий стараются проектировать по кратчайшему направлению, применяя большие радиусы круговых кривых?

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ И ТРАССИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВОЙ Ж.-Д. ЛИНИИ

67. Для чего применяют тоннели при проектировании железных дорог?
68. Почему нельзя до трассирования по карте сказать - какими будут: длина проектируемой линии, сумма преодолеваемых высот, объемы земляных работ?
69. В чем преимущество крутых руководящих уклонов? В чем недостатки?
70. Зачем нужны варианты трассы? Разве нельзя запроектировать ж.-д. линию сразу по долине реки или на водоразделе, не рассматривая несколько вариантов?
71. Где на Вашей карте могли бы встретиться снежные лавины, осыпи, оползни, курумы?
72. Как Вы считаете, железнодорожная линия какой категории изображена на рисунке в конце раздела? Обоснуйте свое мнение.
73. Что Вы знаете об автоматизации трассирования железных дорог? Что Вы знаете о геоинформационной системе «КАМАТ», разработанной в «ВОСТСИБАГП» (г. Иркутск)?
74. Что Вам известно о системе автоматизированного проектирования «КРЕДО», разработанной в НПО «Кредо-Диалог» (г. Минск)?
75. Из каких модулей, по Вашему мнению, должна состоять автоматизированная система трассирования железных дорог? Каким Вы видите автоматизированное рабочее место (АРМ) инженера-проектировщика железных дорог?



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, Вы прочитали третью часть учебного пособия, из которой узнали – как необходимо трассировать новую железнодорожную линию.

Наверное, Вы не просто прочитали, но и внимательно проработали все примеры, приведенные нами. Возможно, Вам приходилось возвращаться ко второй и даже первой частям пособия (если какие-то вопросы не были поняты сразу).

Но, главное – если Вы дошли до конца этого раздела – четвертого раздела курсового проекта и запроектировали на топографической карте от станции А до направления Б первую в своей жизни трассу новой ж.-д. линии⁴⁸, то Вы выполнили самый сложный раздел проекта. Конечно – впереди еще трассирование второго варианта, сравнение вариантов, оформление проекта, что тоже потребует немало сил и времени, но, поверьте - самое трудное – позади!

Раздел курсового проекта 4. Выбор направления и трассирование вариантов новой железнодорожной линии

По сложности восприятия и по объему требуемой работы, наверное, четвертый раздел Вашего курсового проекта самый сложный. Мы неоднократно выше говорили о его особенностях, но сейчас коротко перечислим их еще раз:

- во-первых, сама по себе задача выбора направления новой железнодорожной линии должна решаться на больших картах (на большом протяжении, когда есть возможность предложить действительно различные направления – долинный ход,

⁴⁸ Разумеется, с одновременным проектированием продольного профиля на миллиметровке, размещением отдельных пунктов и искусственных сооружений, хотя эти вопросы и изложены в четвертой части пособия, но без размещения отдельных пунктов и ИССО – трасса не закончена.

водораздельный ход и т.д.), поэтому в курсовом проекте этому вопросу уделено небольшое внимание, выбор направления на больших картах Вы будете делать в лабораторной работе;

- во-вторых, сравнение и выбор принципиальных направлений на ранних предпроектных стадиях (еще до трассирования самих вариантов) имеют свои особенности и в курсовом проекте подробно не рассматриваются (нами приведены рекомендации по сравнению вариантов направлений – в приложении 1 части 3 пособия, если такая задача все же возникнет);
- в-третьих, обычно сложность восприятия задачи трассирования для студентов состоит в том, что проектирование плана и продольного профиля трассы (с их взаимной увязкой), размещение отдельных пунктов (с подсчетом времени хода) и размещение искусственных сооружений (с определением расходов притекаемой воды и т.д.) – *все это должно вестись одновременно*, т.е. нельзя считать трассу запроектированной на каком-либо участке до тех пор, пока не выполнены все перечисленные работы, таким образом, *трассирование ведется попытками*, часто приходится стирать и переделывать уже, казалось бы, законченную трассу – в этом сложность;
- в-четвертых, нельзя при трассировании задать полный алгоритм последовательности действий, выполняя которые шаг за шагом Вы пришли бы от точки А к точке Б без исправлений и перетрассировок, мы можем дать только рекомендации и привести примеры правильных решений (в самом пособии или дать ссылки на книги, в которых примеры разобраны подробнее), следовательно, при работе над этим курсовым

проектом, неизбежно проходя через исправление своих ошибок,
Вы постепенно приобретаете навык трассирования;

- в-пятых, трассирование новых железных дорог в суровых природных условиях Сибири, Севера и Дальнего Востока, конечно, имеет более сложные проблемы, понимание которых Вы получите, читая рекомендованную литературу, а также при выполнении лабораторных работ (в частности, лабораторной работы по проектированию подробного продольного профиля с одновременным проектированием поперечных профилей земляного полотна, которое ведется по топографическим планам масштаба 1:1000 с учетом геологических условий района проектирования).

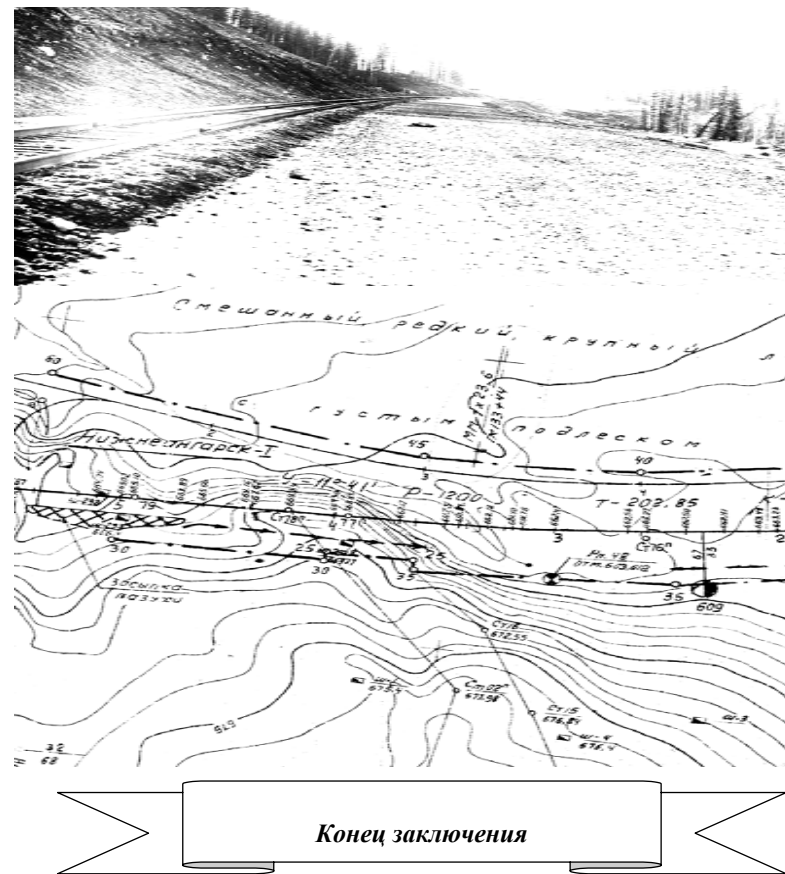
Вывод: самостоятельная работа над курсовым проектом новой железнодорожной линии даст Вам возможность приобрести ***опыт камерального трассирования железных дорог*** по топографическим картам, такой опыт, который ***невозможно получить другим путем*** (например, только посещая лекции или читая книги).

Реальное трассирование железных дорог, разумеется, имеет много особенностей и сильно отличается от курсового проекта.

Например, трассирование БАМа. Рельеф местности изменяется от горного при пересечении хребтов – Байкальского, Южно-Муйского, Муяканского, Буреинского и других – до равнинного в пределах плоских водоразделов и широких долин рек Чара, Гилой и других. Горный рельеф и сложные климатические условия повлияли на широкое развитие физико-геологических склоновых процессов (селей и снежных лавин, курумов и скальных осыпей, оползней и солифлюкции), осложняемых высокой – до 10 баллов – сейсмичностью отдельных регионов. Сильноразвитая сеть водотоков, в том числе больших рек –

Лены, Олекмы, Нюкжи, Витима, Гилоя, Зеи, Буреи и других, характеризуются большими (до 10 – 12 м) подъемами уровня воды в период паводков, а также резко извилистыми и глубоко врезанными руслами и долинами. Вот в таких условиях была запроектирована и построена Байкало-Амурская магистраль, см. работу /15/.

Пример приведен ниже. Участок трассы БАМ (участок Нижнеангарск I – Чара), рабочие чертежи плана трассы выполнены в институте Сибгипротранс, г. Новосибирск; фото – М.Тухватуллина.



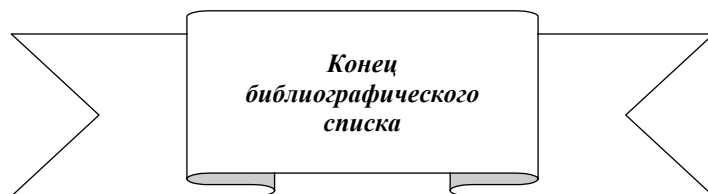
Конец заключения

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Строительно-технические нормы МПС РФ. Железные дороги колеи 1520 мм. СТН Ц-01-95. - М.: МПС РФ, 1995. – 276 с.
2. Изыскания и проектирование железных дорог: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / И.В.Турбин, А.В.Гавриленков, И.И.Кантор и др.; Под ред. И.В.Турбина. – М.: Транспорт, 1989. – 479 с.
3. Волков Б.А. Экономическая эффективность инвестиций на железнодорожном транспорте в условиях рынка. – М.: Транспорт, 1996. – 191 с.
4. Горинов А.В. Проектирование железных дорог.- Т. I. Тяговые расчеты. Основы изысканий и проектирования. – М.: Трансжелдориздат, 1948. – 575 с.
5. Экономические изыскания и основы проектирования железных дорог: Учебник для вузов / Б.А.Волков, И.В.Турбин, А.С.Никифоров и др.; Под ред. Б.А.Волкова. – М.: Транспорт, 1990. – 268 с.
6. Кантор И.И., Копыленко В.А., Бучкин В.А., Ларионов А.Д. Выбор направления, руководящего уклона и трассирование участка железной дороги: Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Изыскания и проектирование железных дорог». – М.: МИИТ, 1980. – 41 с.
7. Изыскания и проектирование железных дорог: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / А.В.Горинов, И.И.Кантор, А.П.Кондратченко, И.В.Турбин. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1979. - Т. I – 319 с.

8. Строительные нормы и правила. СНиП II – 39 – 76. Часть II. Нормы проектирования. Глава 39. Железные дороги колеи 1520 мм. – М.: Стройиздат, 1977. – 72 с.
9. Горинов А.В., Кантор И.И., Кондратченко А.П., Турбин И.В. Проектирование железных дорог. – М.: Транспорт, 1970. – 320 с.
10. Вождение поездов: Пособие машинисту /Под ред. Р.Г.Черепашенца. – М.: Транспорт, 1993. – 304 с.
11. Железные дороги в долинах рек / Г.С.Переселенков, В.К.Тавлинов, И.Д.Ткачевский и др.; Под ред. Г.С.Переселенкова. – М.: Транспорт, 1991. – 344 с.
12. Справочник инженера-тоннельщика / Г.М.Богомолов, Д.М.Голицынский, С.И.Сеславинский и др.; Под ред. В.Е.Меркина, С.Н.Власова, О.Н.Макарова. – М.: Транспорт, 1993. – 389 с.
13. Изыскания и проектирование железных дорог: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / А.В.Горинов, И.И.Кантор, А.П.Кондратченко, И.В.Турбин. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1979. – Т. II. – 343 с.
14. Гавриленков А.В., Переселенков Г.С. Изыскания и проектирование железных дорог: Пособие по курсовому и дипломному проектированию. – М.: Транспорт, 1990. – 167 с.
15. Изыскания и проектирование трассы Байкало-Амурской магистрали: Справочно-методическое пособие / Под ред. Д.И.Федорова. – М.: Транспорт, 1977. – 280 с.
16. Железные дороги в таежно-болотистой местности / Г.С.Переселенков, Е.П.Алексеев, Б.И.Солодовников и др.; Под ред. Г.С.Переселенкова. – М.: Транспорт, 1982. – 288 с.

17. Проектирование мостовых переходов на железных дорогах: Учебник для вузов / М.И.Воронин, И.И.Кантор, В.А.Копыленко и др.; Под ред. И.И.Кантора. – М.: Транспорт, 1990. – 287 с.
18. Басин Е.В., Луцкий С.Я., Тайц В.Г. Организация строительства железнодорожного пути в сложных природных условиях / Под ред. С.Я.Луцкого. – М.: Транспорт, 1992. – 288 с.
19. Быкова Н.М. Неотектонические движения земной коры и деформации дорожных сооружений. – Иркутск: ИрИИТ, 1998. – 136 с.
20. Белозеров А.И. Проблемы и методы достройки железнодорожного участка Томмот – Нижний Бестях Амурско-Якутской магистрали. – Новосибирск: СГУПС, 1998. – 60 с.
21. Ревзон А.Л. Картографирование состояний геотехнических систем. – М.: Недра, 1992. – 223 с.
22. Дюнин А.К. В царстве снега. – Новосибирск: Наука, 1983. – 161 с.
23. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. – Л.: Недра, 1977. – 479 с.
24. Шушаков Е.В. Наледи и борьба с ними. – М.: Транспорт, 1979. – 64 с.
25. Побожий А.А. Сквозь северную глушь. Записки изыскателя. – М.: Современник, 1978. – 318 с.



ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ НАПРАВЛЕНИЙ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ ПРИ МНОГИХ КРИТЕРИЯХ⁴⁹

Введение

В четвертом разделе пособия мы лишь коротко коснулись вопроса выбора *принципиального направления проектируемой ж.-д. линии*. Причина такого подхода заключается в том, что задача выбора принципиального направления линии решается для линий большой протяженности и в сложных условиях (топографических, геологических, ситуационных, строительных, эксплуатационных и др.). В курсовом проекте на большинстве учебных топографических карт бывает сложно найти несколько различных, конкурентных направлений, задача сравнения которых была бы интересной. Однако на некоторых учебных картах, при соответствующем задании начального и конечного пунктов проектирования, задача выбора одного (двух) принципиальных направлений из трех – четырех возможных и конкурентных - вполне может Вам встретиться. Поэтому мы приводим в данном приложении методику сравнения вариантов таких направлений *при многих критериях*. Основы теории принятия решений в проектировании

⁴⁹ Библиографический список приведен в конце приложения 1.

железных дорог были заложены *Александром Валентиновичем Гавриленковым* в работе /1/.

Наиболее полно и обоснованно, на наш взгляд, выбор принципиального направления проектируемой ж.-д. линии может быть сделан на основе теории полезности /2/, /3/, /4/, /5/. Это убеждение вовсе не случайно. Назовем, по крайней мере, две причины.

Во-первых, выбор принципиального направления производится до трассирования ж.-д. линии, т.е. – до того, как будут построены план и продольный профиль трассы, по которым возможно определение основных технико-экономических показателей (ТЭП) вариантов и их сравнение. Хотя в некоторых случаях и возможно сравнение вариантов направлений линии еще до трассирования, например, по проектам-аналогам (т.е. по проектам ж.-д. линий, запроектированных и построенных в аналогичных, подобных природных условиях, – именно использование их ТЭП, как бы «по аналогии»), либо по укрупненным показателям строительных и эксплуатационных расходов (но, опять же, до укладки трассы трудно подобрать соответствующие показатели), либо с помощью экспертных оценок (выясняются мнения экспертов о перспективности, преимуществах и недостатках сравниваемых направлений), однако **преимущества теории полезности заключаются в последовательной и гибкой политике выбора именно инженера-проектировщика, отвечающего за выбор и принимающего решение по отклонению двух – трех вариантов принципиальных направлений.** Это очень важное и ответственное решение, т.к. в дальнейшей работе по отклоненным вариантам направлений никто не будет даже пытаться укладывать трассу ж.-д. линии ни на карте, ни в «поле». Недаром *И.В.Турбин* писал в работе /6/: *«Искусство проектировщика состоит в том, чтобы на начальной стадии, не*

проводя проектных работ, отсеять те варианты направления, которые не могут составить конкуренции с другими... Цель состоит в том, чтобы оставить для дальнейшей, более детальной проработки только те варианты направления, которые могут оказаться лучшими».

Во-вторых, теория полезности, как никакая другая теория, позволяет принимать **обоснованные индивидуальные решения в уникальных задачах выбора** (по нашему мнению проектирование новой ж.-д. линии в большинстве случаев – уникальная задача).

Однако в условиях курсового проекта полное и обоснованное применение теории полезности вряд ли возможно (студент должен будет выполнять одновременно функции лица, принимающего решение (ЛПР), эксперта и аналитика, что довольно сложно). Кроме того, применение аксиоматических декомпозиционных методов теории полезности требует определенного осмысления, а не просто знакомства с алгоритмом решения и приемами действий. Поэтому мы решили подробно познакомить Вас с этими методами в части 6 учебного пособия, которая полностью посвящена проблеме многокритериального выбора вариантов трассы на основе ТЭП. В данном приложении 1 части 3 пособия мы познакомим Вас с одним из методов многокритериального выбора – методом идеальной точки, который требует от ЛПР лишь количественной информации об оценках предпочтительности критериев (см. /7/).

Прежде чем излагать рекомендуемую нами методику, мы приведем несколько работ, в которых предложены иные подходы к решению названной проблемы. Ваше право использовать любой рекомендованный метод, см. /6, п.5.1/, /8, п.6.1, рис. 6.1, а также п. 12.5,

12.6, рис. 12.8/, /9, п.1, рис.1, табл.1, рис.2/, /10, глава 3, с.105-108, рис.3-3, 3-4/, /11, с.510-512/, /12, с.126-129/, /13/, /14/, /15/.

Подводя итог вводной части, мы перечислим возможные ситуации, с которыми Вы можете столкнуться, и Ваши действия.

1. Топографическая карта не сложна, принципиальное направление проектируемой ж.-д. линии очевидно. **Ваши действия:** трассируете два варианта с заданными различными вариантами руководящего уклона по одному направлению; сравниваете, выбираете оптимальный вариант.
2. Топографическая карта сложна, возможны два различные принципиальные направления ж.-д. линии. **Ваши действия:** проводите анализ направлений, как описано в работе /9, п.1/, строите график зависимости $L = f(i_p)$ по двум точкам (двум заданным значениям руководящего уклона i_p , причем, мы советуем Вам все-таки укладывать магистральный ход по исследуемым направлениям, а не ограничиваться аналитическим расчетом величины L), и выбираете по какому из направлений – каким руководящим уклоном уложить трассу, или применяете метод идеальной точки (который подробно разобран ниже) уже для многокритериального выбора варианта направления; но иногда можно сразу решить, какому из направлений - какой руководящий уклон лучше подходит (т.е. будут небольшие объемы земляных работ); затем трассируете →сравниваете →выбираете.
3. Топографическая карта сложна, просматриваются несколько (более двух) вариантов направлений (такая ситуация вполне возможна в дипломном проекте при проектировании линии большого протяжения). **Ваши действия:** используя метод

идеальной точки для сравнения вариантов направления ж.-д. линии, привлекая дополнительные частные критерии эффективности вариантов направления (сумму преодолеваемых высот, протяженность геологически неблагоприятных мест, количество пересекаемых водотоков и другие критерии – в зависимости от Вашего видения проблемы), решаете задачу выбора двух (в дипломном проекте возможно и более) принципиальных направлений с наиболее подходящими к ним руководящими уклонами (в курсовом проекте значения двух i_p заданы, а в дипломном проекте – может быть поставлена задача поиска приемлемых значений i_p для прохождения по различным принципиальным направлениям ж.-д. линии); затем, трассируете →сравниваете →выбираете.

Метод идеальной точки

Допустим по топографической карте Вами намечено n вариантов принципиальных направлений проектируемой ж.-д. линии: $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$.

Допустим также, что для оценки и выбора наилучшего направления x_i^* (одного-двух иногда даже более перспективных направлений) Вы решили применить не один критерий (как, например, в работе /9/ - критерий – длина линии L , км), а несколько частных критериев эффективности $R_1, R_2, \dots, R_j, \dots, R_m$, которые имеют различные единицы измерения (см. пример многокритериальной оценки вариантов принципиальных направлений проектируемой ж.-д. линии, приведенный в настоящем приложении ниже).

Тогда, для обеспечения “сравнимости” этих критериев, Вам следует произвести их *нормализацию*, с тем, чтобы устранить их несопоставимость, возникающую из-за различных единиц измерения, а также учесть реально достижимые “результаты” каждым вариантом направления по каждому из частных критериев.

Максимальное значение каждого критерия обозначим R_j^+ , а минимальное значение - R_j^- . Разделим критерии на две группы. К первой отнесем критерии R_j , $j=1 \dots s$, которые желательно максимизировать, ко второй группе критерии R_j , $j=s+1 \dots m$, которые желательно минимизировать.

Расчетные формулы для *нормализации*⁵⁰ частных критериев эффективности, когда целью задачи являются минимальные потери, примем по работе /7, с.10, формулы (3) и (4)/.

Для первой группы критериев (максимизируемых) нормализованные значения j -тых частных критериев для сравниваемых i -тых вариантов направлений r_j^i определим по формуле

$$r_j^i = (R_j^+ - R_j^i) / (R_j^+ - R_j^-), \quad \text{для } j=1 \dots s, \quad (\text{П1.1})$$

где R_j^i – реальное, ненормализованное значение j -того частного критерия для i -того варианта направления в соответствующих единицах измерения.

⁵⁰ Нормализация позволяет нам «избавиться» от единиц измерения различных частных критериев, т.е. получить новые безразмерные частные критерии r_j^i , которые будут показывать, насколько «отстает» каждый i -тый вариант направления ж.-д. линии по какому-либо j -тому частному критерию от максимально (минимально – в зависимости от смысла критерия) достижимого значения в данной задаче выбора (учитываются реально достижимые «рекорды» вариантов по различным частным

Для второй группы критериев (минимизируемых – тех критериев, минимальные значения которых более предпочтительны для ЛПР) нормализованные значения r_j^i определим по формуле

$$r_j^i = (R_j^i - R_j^-) / (R_j^+ - R_j^-), \quad \text{для } j=s+1 \dots m. \quad (\text{П1.2})$$

Вариант направления ж.д. линии, у которого все значения частных критериев эффективности наилучшие (максимальные или минимальные соответственно), называется «*абсолютным рекордистом*»⁵¹.

При многокритериальном выборе варианта направления ж.-д. линии по методу идеальной точки необходимо определить «расстояние» в m -мерной (m -мерной) системе координат от реальных вариантов направлений, намеченных Вами по карте (x_i , $i=1, \dots, n$), до идеального варианта (идеальной точки в m -мерном пространстве частных критериев эффективности, того самого воображаемого “абсолютного рекордиста”).

критериям в условиях конкретной топографии, природных и экономических условий района проектирования, основных параметров проектируемой ж.-д. линии и др.).

⁵¹ «Абсолютный рекордист» – это идеальный, как правило, недостижимый в реальной задаче выбора направления ж.-д. линии вариант. Если такой вариант – «абсолютный рекордист» есть в Вашей задаче, т.е. по всем используемым Вами частным критериям одно из намеченных направлений достигает наилучших значений, - то выбор однозначен – следует сразу же принять для дальнейшего трассирования именно этот «рекордистский» вариант направления. Заметим, что привлекая в Вашу задачу различные частные критерии эффективности вариантов и намечая различные варианты, Вы, все-таки, чаще всего стараетесь для каждого направления добиться успеха по одному-двум критериям *именно за счет некоторого проигрыша по остальным критериям*. Поэтому ситуация, когда Вы сразу имеете «абсолютного рекордиста» – малореальна, вернее – это вопрос числа частных критериев, которые Вы считаете необходимым использовать в задаче выбора, т.к. привлекая хотя бы один дополнительный частный критерий, Вы вполне можете из бывшего наилучшего варианта уже не получить «абсолютного рекордиста». В ($m+1$) – по числу критериев, задаче выбора ситуация может в корне отличаться от m – размерной задачи, тем сильнее, чем больший вес Вы решите назначить ($m+1$) –ому критерию, см., например, работу /33/ - задачу выбора направления Волжской рокады в 1942 г. – как было принято долинное направление линии вместо водораздельного.

Идеальная точка, к которой каждый из вариантов “мечтает приблизиться”, расположена в начале координат m -мерного критериального пространства, т.е. нормализованные значения всех частных критериев для идеального варианта равны нулю, формально: $r_j^{\text{идеал}} = 0$, для всех $j=1, \dots, m$.

Итак, нам необходимо определить «расстояние» до идеальной точки в m -мерном критериальном пространстве. Для этого рассчитаем для каждого сравниваемого i – того варианта направления величину ρ_i , $i=1, \dots, n$ по формуле из работы /7, с.10, формула (5)/

$$\rho_i = [\sum (c_j \cdot (r_j^i)^2)]^{1/2}, \text{ для всех } j=1, \dots, m, \quad (\text{П1.3})$$

где c_j – весовые коэффициенты частных критериев эффективности, учитывающие “вес” – значимость каждого критерия в общей оценке варианта направления ж.-д. линии; безразмерные, причем должно выполняться условие

$$\sum c_j = 1, j=1, \dots, m, \text{ при } 0 < c_j < 1. \quad (\text{П1.4})$$

Таким образом, идея метода идеальной точки состоит в предположении, что чем ближе реальный вариант направления x_i к идеальному варианту $x_{\text{идеал}}$ (в общем случае – недостижимому), тем лучше этот i -тый вариант, т.е., чем меньше ρ_i – тем лучше вариант направления.

Следовательно, критерий ρ_i , вычисляемый уже через нормированные значения частных критериев эффективности r_j^i , является **глобальным** (основным, обобщенным, главным) **критерием эффективности** вариантов направлений.

Следует сделать замечание о введенных нами в формуле (П1.3) весовых коэффициентах частных критериев c_j , которые иногда называют также шкалирующими коэффициентами, рангами или просто весами критериев. Наше замечание касается не той цели, которую преследуют во многих методах решения многокритериальных задач выбора, вводя подобные веса критериев⁵², но **методам определения значений** этих весов. Дело в том, что по результатам многочисленных исследований (см. работы /16/, /17/, /18/, /19/, /20/) ЛПР часто дает противоречивую прямую оценку весов критериев, допускает непоследовательность в расставленных приоритетах целей и др. Поэтому наиболее последовательно и обоснованно данную задачу (определения рангов или весов критериев) можно решить лишь с применением **теории полезности** (через определение точек равноценности, см. /3/, /4/, /21/, а также часть 6 пособия).

Однако в курсовом проекте, ввиду недостатка времени для решения подобной задачи, а также необходимости уделить большее внимание именно вопросам трассирования вариантов – проектированию их планов и профилей, мы допускаем непосредственное – прямое

⁵² Цель введения весов критериев c_j вполне понятна – она заключается в желании приблизить формализованный метод выбора (не только метод идеальной точки, но и множество других – см. работы /3/, /4/, /21/) к тому естественному (иногда – неосознаваемому даже самим ЛПР) факту принятия решений при многих критериях – **неравноценности различных частных критериев для оценки альтернатив**. Сам ЛПР, назначая различные критерии в начале задачи (обычно, строя некоторую иерархию целей, которые он преследует при выборе, например, варианта направления проектируемой ж.-д. линии) – при сравнении альтернатив часто отдает большее предпочтение одному-двум, иногда более – основным частным критериям, тем, которые наиболее важны для него в данной, конкретной задаче принятия решения. Но используя все множество назначенных им же частных критериев, ЛПР застрахован от пропуска интересного варианта – пусть и уступающего лидерам по основным критериям, но неизмеримо превосходящего их по каким-либо второстепенным (с небольшими весами) частным критериям. Таким образом, ЛПР стремится всегда достичь главные цели, не упуская при этом из виду и второстепенные, по его мнению, цели.

назначение весов частных критериев эффективности, так сказать, назначение c_j по интуиции, но обязательно с письменным обоснованием принятых Вами c_j в пояснительной записке, а также с соблюдением условия (П1.4).

Заметим также, что и вид условия (П1.4) неявно предполагает справедливость аддитивной функции полезности (ценности), хотя непосредственно установление справедливости такого предположения для ЛПП в задаче многокритериального выбора по методу идеальной точки – не производится.

Далее рассмотрим пример сравнения вариантов принципиальных направлений проектируемой ж.-д. линии при многих критериях по методу идеальной точки, которым Вы можете воспользоваться, если перед Вами будет стоять подобная задача. Подробнее о методе идеальной точки Вы можете прочитать в работе /15/.

Пример сравнения вариантов направления проектируемой

ж.-д. линии при многих критериях по методу идеальной точки

Дано: топографическая карта, на которой просматриваются несколько конкурентных принципиальных направлений проектируемой ж.-д. линии (водораздельное, косогорное, долинное) – см. рис. П1.1; описание района проектирования (река Светлая – судоходная II класса); расчетные размеры перевозок для проектируемой ж.-д. линии на перспективу (линия высокой категории – I); два руководящих уклона $i_{p1} = 11\%$ (равен уклону линии примыкания) и $i_{p2} = 9\%$.

Требуется: выбрать два (может получиться – одно) принципиальных конкурентных направления проектируемой ж.-д.

линии, по которым наиболее эффективно пройти различными значениями руководящих уклонов; обосновать свой выбор.

Решение.

1. На рис. П1.1 намечаем три принципиальных направления ж.-д. линии: водораздельное, косогорное, долинное. По каждому из этих трех направлений можно пройти уклонами $i_{p1} = 11\%$ и $i_{p2} = 9\%$. Следовательно, всего возможны шесть вариантов направления ж.-д. линии, см. рис. П1.1.

По всем трем направлениям сначала прокладывается магистральный ход⁵³ с руководящим уклоном, равным уклону линии примыкания, т.е. с $i_{p1} = 11\%$, а затем пробуются второй заданный уклон $i_{p2} = 9\%$.

Итак, в нашей задаче будет шесть вариантов.

Первый вариант – уклоном $i_{p1} = 11\%$ по водораздельному направлению – альтернатива x_1 (с тоннельным пересечением отрогов главного хребта, длина тоннеля около 5 км).

Второй вариант – уклоном $i_{p2} = 9\%$ по водораздельному направлению – альтернатива x_2 (без тоннельного пересечения, но с дополнительным развитием линии по главному водоразделу и его склонам).

⁵³ Укладка магистрального хода дает более точные сведения о принципиальной возможности прохождения по намеченному направлению с принятым уклоном и более точные значения длины будущей трассы ж.-д. линии по намеченному направлению, чем просто аналитический расчет по формулам, предложенным в /8, п.6.2/.

Третий вариант – уклоном $i_{p1} = 11\%$ по косогорному направлению – альтернатива x_3 (максимально приближается к геодезической линии L_0).

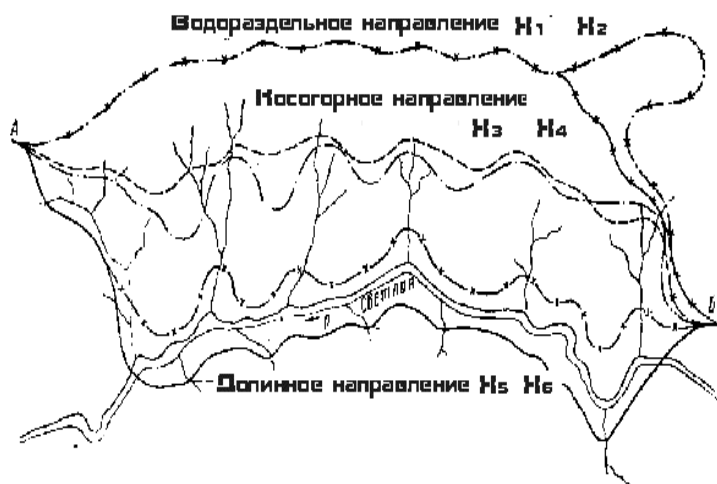


Рис. П1.1. Варианты конкурентных принципиальных направлений проектируемой ж.-д. линии А – Б (показаны магистральные ходы по направлениям, а не трассы, т.е. без вписывания кривых и т.д.), топографическая карта масштаба 1 : 500 000 (при издании пособия линейные размеры были искажены, горизонталы не показаны)

Четвертый вариант – уклоном $i_{p2} = 9\%$ по косогорному направлению – альтернатива x_4 (по замыслу – как третий вариант, но с большим развитием линии, из-за меньшей величины уклона

необходимо глубже вписываться в боковые долины притоков реки Светлая).

Пятый вариант – уклоном $i_{p1} = 11\%$ по долинному направлению – альтернатива x_5 (учитывая тот факт, что правый склон долины реки Светлая более крутой, но не заболочен, пятый вариант проходит по правому склону, пересекая значительное число участков склона неблагоприятных в инженерно-геологическом отношении, при необходимости вписываясь в боковые долины притоков).

Шестой вариант – уклоном $i_{p2} = 9\%$ по долинному направлению – альтернатива x_6 (руководящий уклон по шестому варианту более пологий, чем по пятому варианту, поэтому для того, чтобы обеспечить приемлемые объемы земляных работ и не удлинять линию чрезмерно, пришлось пройти по левому склону долины реки Светлая – более пологому, но заболоченному и, кроме того, предусмотреть два больших мостовых перехода, длиной более 500 м каждый, через реку Светлая).

2. Назначаем частные критерии эффективности $R_j, j=1, \dots, m$ ⁵⁴.

Строго говоря, количество частных критериев эффективности не ограничено, однако, в соответствии с проведенными исследованиями (см., например, работу /17/), не рекомендуется использовать более 9 критериев.

В нашем примере ЛПП⁵⁵ назначил семь частных критериев эффективности $R_j, j=1, \dots, 7$. Ниже приведены описания всех семи

⁵⁴ Следует заметить, что правильнее – сначала, построить иерархию целей, дойти до целей нижнего уровня и принять для них частные критерии (о том, как это делается, подробнее см. часть 6 пособия), а также работы /4/, /20/, /21/.

частных критериев с кратким обоснованием их применения и направлением оптимизации.

→ R_1 – *длина направления, км* (определена примерно по карте путем укладки магистрального хода); *обоснование критерия:* критерий позволяет в первом приближении определить длину будущей трассы по каждому направлению, что очень важно для ж.-д. линии I категории, т.к. каждый «лишний» километр будущей трассы приведет к «лишним» тонно-километрам грузооборота; *направление оптимизации:* желательно минимизировать.

→ R_2 – *сумма преодолеваемых высот в обе стороны (туда+обратно), м* (определена примерно по магистральному ходу – по фиксированным точкам, разумеется по “земле”, т.е. без проектирования проектной линии продольного профиля); *обоснование критерия:* критерий дает возможность косвенно оценить величины эксплуатационных расходов – через механическую работу локомотива и сил сопротивления, через расход топлива (электроэнергии) и время хода и т.д.; *направление оптимизации:* желательно минимизировать.

→ R_3 – *количество пересекаемых постоянных водотоков, водотоки*

⁵⁵ Напомним, ЛПР – лицо, принимающее решение, - инженер, отвечающий за выбранный вариант. В реальном проектировании железных дорог ЛПР – например, главный инженер проекта или директор проектно-изыскательского института, хотя и прислушивается к мнениям других специалистов – экспертов и привлекает к разработке вариантов и их оценке других инженеров, но решающее слово по выбору, в нашем примере, варианта принципиального направления (или двух направлений) – всегда остается за ним – главным ЛПР. В курсовом проектировании роль ЛПР и экспертов (которые помогают ЛПР в определении значений частных критериев эффективности) играет Вы сами, в пояснительной записке обязательно обоснуйте свое видение проблемы и свой набор частных критериев, который Вы применили для решения задачи.

(определено по карте, периодические водотоки – сухие лога в данной задаче не учитывались, т.к. до этапа трассирования это довольно сложно сделать); *обоснование критерия:* критерий позволяет оценить примерное количество мостов, т.к. на постоянных водотоках в большинстве случаев устраивают именно мосты, а не водопропускные трубы или другие ИССО, отверстия мостов на данном этапе не определяются⁵⁶, но любой, даже малый, мост является инженерным сооружением, требующим повышенного внимания и затрат при строительстве и эксплуатации ж.-д. линии; *направление оптимизации:* желательно минимизировать.

→ R_4 – *протяженность участков, сложных в инженерно-геологическом отношении, км* (определена по карте, с учетом нанесенной инженерно-геологической обстановки⁵⁷, в нашем примере это участки неблагоприятных инженерно-геологических явлений на правом склоне долины реки Светлая: осыпи, обвалы, оползни, селевые потоки, конусы выноса, пути схода снежных

⁵⁶ Конечно, для долинных вариантов отверстия мостов будут больше, чем для косогорных, т.к. будут больше площади водосборов, но на данном этапе такого подробного анализа мы не делаем. Правильнее было бы учитывать не количество пересекаемых постоянных водотоков, а стоимость ИССО, т.к. для косогорных вариантов, проходящих высоко над дном долины реки Светлая и пересекающих значительное число водотоков, общая стоимость ИССО, устраиваемых на них, может оказаться меньше, чем для долинных вариантов, проходящих по пойме и пересекающих хотя и меньшее количество водотоков, но с большим расходом воды (ведь это уже «слившиеся», более многоводные – с большим расходом воды речки). Однако на данной стадии подробных расчетов мы не делаем.

⁵⁷ На рис. П1.1 инженерно-геологические условия района проектирования не показаны. В курсовом проекте Вы можете столкнуться с единственным обозначением – «болото» с указанием категории болота (если категория болота не указана – принимаете I категорию). В дипломном проекте или в курсовом проекте с элементами УИРС (см. часть 7 пособия) Вам обязательно будут указаны инженерно-геологические условия в виде нанесенных условных обозначений на топографическую карту, либо Вам выдадут дополнительно инженерно-геологическую карту такого же масштаба, что и топографическая карта.

лавин, скальные прижимы, а также заболоченная левая пойма реки Светлая с болотами I – III категории); **обоснование критерия:** данный критерий позволяет примерно оценить стоимость, сроки, сложность строительства ж.-д. линии по каждому направлению, а также косвенно – эксплуатационные расходы по содержанию постоянных устройств, расходы на реконструкцию ж.-д. линии (при возникновении такой необходимости), и в некоторой степени надежность работы проектируемой линии в той части, которая зависит от влияния природных, инженерно-геологических факторов, см. работы /22/, /23/, /24/; **направление оптимизации:** желательно минимизировать.

→ **R₅** – **количество сложных инженерных сооружений, сооружений** (определено по карте, в нашем примере к сложным инженерным сооружениям отнесены – тоннель по первому варианту направления и два больших моста по шестому варианту, хотя и в других вариантах направлений, в частности, в косогорных и долинных (X₃, X₄, X₅, X₆) при трассировании может возникнуть необходимость в проектировании виадуков, эстакад, селеспусков, галерей, подпорных стен и других сложных инженерных сооружений, но на данном этапе мы эти факторы не учитывали, т.к. сложно определить сложность и количество (протяженность) таких сооружений); **обоснование критерия:** сложные (внеклассные) инженерные сооружения всегда требуют больших строительных и эксплуатационных затрат и, как правило, являются барьерными местами при строительстве железных дорог (см. работы /11/, /22/, /23/, /24/, /25/, /26/,

особенно - /27/); **направление оптимизации:** желательно минимизировать.

→ **R₆** – **разница в руководящих (ограничивающих) уклонах *i*-того варианта направления и линии примыкания, %** (определена аналитически); **обоснование критерия:** если ограничивающие уклоны линии примыкания и проектируемой линии будут различны, то это потребует значительных расходов по перелому массы состава на станции примыкания (расходы по задержке транзитных вагонов в пункте перелома массы состава; расходы по приобретению и содержанию дополнительных маневровых локомотивов на станции перелома массы; расходы на строительство и эксплуатацию дополнительных путей и устройств на станции перелома массы составов и др.); **направление оптимизации:** желательно минимизировать (свести к нулю).

→ **R₇** – **возможность использования местных путей сообщения для доставки строительных грузов и оборудования, безразмерный** (измеряется по искусственной шкале: 0 – незначительная возможность, 1 – средняя, 2 – высокая возможность); **обоснование критерия:** мы ввели этот критерий для того, чтобы учесть большое преимущество долинных вариантов перед остальными вариантами направлений, которое заключается в том, что река Светлая, являясь судоходной рекой II класса с гарантированной глубиной судового хода от 2,5 до 3,2 м – см. /8, с.289, табл. 8.1/, дает возможность организовать доставку сначала изыскательских партий (отрядов) и их снаряжения в любую точку трассы самым экономичным способом, а затем – позволяет организовать базы с причалами, на

которые строительные грузы, оборудование, техника и др. также могут быть доставлены в период навигации⁵⁸; **направление оптимизации:** желательнее максимизировать.

На этом второй пункт решения нашей задачи закончен. Следует только подчеркнуть тот факт, что при решении своей задачи выбора направления проектируемой ж.-д. линии Вы можете использовать назначенные лично Вами, как самым главным ЛПР, частные критерии эффективности⁵⁹. Постоянного утвержденного набора таких критериев – не существует, т.к. задача выбора направления – уникальная (единственная в своем роде) задача проектирования, и здесь многое зависит от Вашего видения проблемы и от конкретных условий проектирования (топографии, геологии, природных условий района

⁵⁸ Разумеется, для оценки транспортной освоенности района проектирования и строительства ж.-д. линии следует рассматривать всю транспортную сеть, принимая во внимание автодороги, реки, аэродромы, вертолетные площадки и т.п. Кроме того, если по заданию именно станция А (начальный пункт проектирования ж.-д. линии) и является той самой станцией примыкания, т.е. ст. А уже существует (она расположена на действующей железной дороге), то такой факт тоже не должен остаться без внимания. Тогда на ст. А может быть организована крупная база изысканий и строительства ж.-д. линии. В данном примере мы ограничились лишь учетом преимуществ судоходной реки Светлая, т.к. это очень сильный аргумент в сравнении вариантов направлений, а другие пути сообщения на карте (см. рис. П1.1) не указаны.

⁵⁹ В нашем примере, например, отсутствуют экологические критерии, хотя даже на стадии выбора варианта направления проектируемой ж.-д. линии, обладая необходимой информацией (по карте, из задания на проектирование с привлечением дополнительной литературы и т.д.), вполне можно оценить экологический ущерб, наносимый строительством и последующей эксплуатацией ж.-д. линии по тому или иному направлению, см. /8, п.1.8, с. 30-35/. Или, например, учет неотектонической активности района (региона) проектирования ж.-д. линии, в частности - учет негативного влияния активных разломов земной коры на все ж.-д. сооружения: на земляное полотно, верхнее строение пути, мосты, трубы, тоннели, виадуки, подпорные стены, здания и т.д. В работе /28, с.99/ даны следующие рекомендации: «При проектировании новых ж.-д. линий необходимо производить детальное районирование местности по признакам проявления неотектогенеза по каждому варианту трассы. **При выборе направления трасс следует по возможности обходить сложные участки, особенно узлы пересечения разломов**». Конечно, для

проектирования; размеров перевозок на проектируемой линии, темпов их роста и др.). Поэтому в данной задаче от Вас требуется – **не забыть основные критерии и привлечь дополнительные, учитывающие специфику задачи**, см. рекомендации: /6, п.5.1/, /8, п.6.1, рис. 6.1, а также п. 12.5, 12.6, рис. 12.8/, /9, п.1, рис.1, табл.1, рис.2/, /10, глава 3, с.105-108, рис.3-3, 3-4/, /11, с.510-512/, /12, с.126-129/.

3. Определяем R_j^i - значения частных j -тых критериев эффективности по каждому i -тому варианту направления проектируемой ж.-д. линии и заносим эти данные в таблицу, см. табл. П1.1. Выбираем максимальное R_j^+ и минимальное R_j^- значения частных критериев эффективности в данной задаче, а также рассчитываем диапазон $R_j^+ - R_j^-$ и заносим полученные значения в табл.П1.2. Разумеется, точность определения значений R_j^i - невысока, но для выбора принципиального варианта направления – вполне приемлема. Кроме того, следует четко представлять себе, что данная задача выбора направления решается нами как **статическая и детерминированная**, т.е. мы не учитываем динамику изменения значений R_j^i за расчетный период (например, за 15 лет после сдачи линии в эксплуатацию, что на данной стадии и для назначенных критериев вряд ли возможно), и кроме того, мы не учитываем тот факт, что наши оценки по критериям R_j^i , записанные в таблице П1.1 – вообще говоря, не являются точными значениями и надо было бы учитывать их вероятностную неопределенность. Подробнее о решении динамических задач

учета этих рекомендаций Вы должны обладать необходимой картографической информацией, см. работы /29/, /30, рис. 7, 10, 13 и др./, /31, рис. 61, 62, 63, 66 и др./.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. МЕТОДИКА СРАВНЕНИЯ ВАРИАНТОВ НАПРАВЛЕНИЙ НОВЫХ Ж.Д.

см. /8, глава 12/, о решении недетерминированных задач – см. /8, п.9.5, 9.6/, о решении динамических и недетерминированных задач в различных областях проектирования (аэропорты, ГАЭС, АЭС, трубопроводы и терминалы, ж.-д. линии и др.) *на основе теории полезности* – см. работы /3/, /4/, /5/, /20/, /21/, /31/.

4. Определяем по формулам (П1.1) и (П1.2) нормализованные значения частных критериев эффективности r_j^i и заносим их в таблицу П1.3.
5. Назначаем прямым способом весовые коэффициенты частных критериев эффективности c_j с учетом условия (П1.4) и записываем их в таблицу П1.3.
6. Рассчитываем по формуле (П1.3) значения глобального критерия ρ_i и заносим их также в таблицу П1.3.
7. Составляем таблицу П1.4, в которой приводим ранжированную (в порядке убывания предпочтения ЛПР сверху вниз) последовательность вариантов направления проектируемой ж.-д. линии А-Б.
8. Анализируем табл.П1.4 и делаем выбор двух (или более) вариантов направления ж.-д. линии А-Б, которые затем трассируем по карте.

Таблица П1.1

Реальные значения частных критериев эффективности R_j^i по шести сравниваемым вариантам направления ж.-д. линии А-Б

Вариант	Реальные значения частных j -тых критериев R_j^i по i -тому варианту
---------	--

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. МЕТОДИКА СРАВНЕНИЯ ВАРИАНТОВ НАПРАВЛЕНИЙ НОВЫХ Ж.Д.

направление, x_i	R_1^i , км (миним)	R_2^i , м (миним)	R_3^i , Водоток и (миним)	R_4^i , км (миним)	R_5^i , сооруж. (миним)	R_6^i , % (миним)	R_7^i , - (максим)
x_1	73	87	1	0	1	0	0
x_2	90	104	1	3	0	2	0
x_3	70	121	9	8	0	0	1
x_4	80	146	10	12	0	2	1
x_5	77	117	7	35	0	0	2
x_6	78	95	7	25	2	2	2

Таблица П1.2

Максимальные R_j^+ и минимальные R_j^- значения j -тых частных критериев, достигаемые в данной задаче, и диапазон их изменения

$$R_j^+ - R_j^-$$

Значения	Максимальные R_j^+ и минимальные R_j^- значения j -тых частных критериев, достигаемые в данной задаче, и диапазон их изменения $R_j^+ - R_j^-$						
	R_1^i , км (миним)	R_2^i , м (миним)	R_3^i , водотоки (миним)	R_4^i , км (миним)	R_5^i , сооруж. (миним)	R_6^i , % (миним)	R_7^i , - (максим)
R_j^+	90	146	10	35	2	2	2
R_j^-	70	87	1	0	0	0	0
$R_j^+ - R_j^-$	20	59	9	35	2	2	2

Таблица П1.3

Нормализованные значения r_j^i , весовые коэффициенты c_j частных критериев эффективности и рассчитанные значения глобального критерия эффективности ρ_i шести сравниваемых вариантов направления проектируемой ж.-д. линии А-Б

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. МЕТОДИКА СРАВНЕНИЯ ВАРИАНТОВ НАПРАВЛЕНИЙ НОВЫХ Ж.Д.

Вариант направления, x_i	Нормализованные значения частных j -тых критериев r_j^i по i -тому варианту направления проектируемой ж.д. линии							Значения глобального критерия ρ_i
	r_1^i	r_2^i	r_3^i	r_4^i	r_5^i	r_6^i	r_7^i	
x_1	0,15	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,37
x_2	1,00	0,29	0,00	0,09	0,00	1,00	1,00	0,64
x_3	0,00	0,58	0,89	0,23	0,00	0,00	0,50	0,43
x_4	0,50	1,00	1,00	0,34	0,00	1,00	0,50	0,69
x_5	0,35	0,51	0,67	1,00	0,00	0,00	0,00	0,51
x_6	0,40	0,14	0,67	0,71	1,00	1,00	0,00	0,67
Весовые коэффициенты c_j	0,20	0,17	0,12	0,14	0,18	0,10	0,09	$\Sigma c_j = 1,00$

Примечание к таблице П1.3:

1. Значения глобального критерия эффективности ρ_i рассчитаны по формуле (П1.3).
2. Условие (П1.4) для весовых коэффициентов $\Sigma c_j = 1,00$ – выполняется.
3. Значения c_j назначены ЛПР (В.А.Подвербным) субъективно.

Таблица П1.4

Ранжированная по глобальному критерию ρ_i последовательность вариантов направления x_i проектируемой ж.-д. линии А-Б

Вариант направления, x_i	Краткая характеристика варианта направления проектируемой ж.-д. линии А-Б	Значения глобального критерия ρ_i
x_1^*	Водораздельный, $i_{pl} = 11\%$, с тоннелем	0,37
x_3^*	Косогорный, $i_{pl} = 11\%$	0,43
x_5	Долинный (правобережный), $i_{pl} = 11\%$	0,51
x_2	Водораздельный, $i_{pl} = 9\%$, без тоннеля	0,64

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. МЕТОДИКА СРАВНЕНИЯ ВАРИАНТОВ НАПРАВЛЕНИЙ НОВЫХ Ж.Д.

x_6	Долинный, (левобережный с двумя мостами), $i_{pl} = 9\%$	0,67
x_4	Косогорный, $i_{pl} = 9\%$	0,69

Заключение

Анализируя табл. П1.4, можно с уверенностью сделать выбор двух вариантов для дальнейшего трассирования линии А-Б: первый и третий варианты направления (см. рис. П1.1 – альтернативы x_1^* и x_3^*).

Таким образом, метод идеальной точки позволил при семи частных критериях эффективности, которые ЛПР посчитал необходимым использовать в данной задаче, выбрать из шести принципиальных направлений два наиболее перспективных (в дипломном проекте - более двух) и далее трассировать линию А-Б именно по этим направлениям.

Следует заметить, что большое влияние на выбор оказали: набор частных критериев эффективности и их весовые коэффициенты.

Библиографический список к приложению 1

1. Гавриленков А.В. Основы теории принятия решений в проектировании железных дорог: Дис... д-р техн. наук: 05.22.03. – Защищена 27.10.89; Утв. 04.05.90; ДСП. – М., 1989. – 379 с.
2. Нейман Дж., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение: Пер. с англ. – М.: Наука, 1970. - 707 с.
3. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.

4. Подвербный В.А. Теория полезности для принятия решений при проектировании железных дорог // Трансп. стр-во. – 1992. - №7-8. – С. 10 – 12.
5. Борисов А.Н., Вилюмс Э.Р., Сукур Л.Я. Диалоговые системы принятия решений на базе мини-ЭВМ: Информационное, математическое и программное обеспечение. – Рига: Зинатне, 1986. – 195 с.
6. Экономические изыскания и основы проектирования железных дорог: Учебник для вузов / Б.А.Волков, И.В.Турбин, А.С.Никифоров и др.; Под ред. Б.А.Волкова. – М.: Транспорт, 1990. – 268 с.
7. Многокритериальная оптимизация множества вариантов железной дороги методом идеальной точки / А.В.Гавриленков, Ю.А.Быков, В.А.Подвербный, Е.А.Шиварева // Трансп. стр-во. – 1992. - №6. – С. 10 – 11.
8. Изыскания и проектирование железных дорог: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / И.В.Турбин, А.В.Гавриленков, И.И.Кантор и др.; Под ред. И.В.Турбина. – М.: Транспорт, 1989. – 479 с.
9. Кантор И.И., Копыленко В.А., Бучкин В.А., Ларионов А.Д. Выбор направления, руководящего уклона и трассирование участка железной дороги. – Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Изыскания и проектирование железных дорог». – М.: МИИТ, 1980. – 41 с.
10. Горинов А.В., Кантор И.И., Кондратченко А.П., Турбин И.В. Проектирование железных дорог. – М.: Транспорт, 1970. – 320 с.

11. Горинов А.В. Проектирование железных дорог. Трассирование и выбор направления железных дорог. – М.: Трансжелдориздат, 1948. - Т. II. – 548 с.
12. Гибшман А.Е., Иоаннисян А.И., Кондратченко А.П., Яковлев Б.В. Основы проектирования железных дорог / Под ред. А.И.Иоаннисяна. - М.: Трансжелдориздат, 1962. – 348 с.
13. Райфа Г. Анализ решений: Пер. с англ. – М.: Наука, 1977. – 406 с.
14. Теория выбора и принятия решений / И.М.Макаров, Т.М.Виноградская, А.А.Рубчинский, В.Б.Соколов. – М.: Наука, 1982. – 328 с.
15. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
16. Ларичев О.И. Анализ процессов принятия человеком решений при альтернативах, имеющих оценки по многим критериям (обзор) // Автоматика и телемеханика. – 1981. - №8. – С. 131 – 141.
17. Ларичев О.И. Наука и искусство принятия решений. – М.: Наука, 1979. – 200 с.
18. Фишберн П.С. Теория полезности для принятия решений: Пер. с англ. – М.: Наука, 1977. – 352 с.
19. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений: Пер. с пол. – М.: Прогресс, 1979. – 504 с.
20. Кини Р.Л. Размещение энергетических объектов: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.
21. Подвербный В.А. Принятие решений при проектировании железных дорог на основе теории полезности: Дис... канд.

- техн. наук: 05.22.03. – Защищена 20.05.93; Утв. 08.10.93; 04.9.30006431. – М., 1993. – 478 с.
22. Изыскания и проектирование трассы Байкало-Амурской магистрали: Справочно-методическое пособие / Под ред. Д.И.Федорова. – М.: Транспорт, 1977. – 280 с.
23. Железные дороги в таежно-болотистой местности / Г.С.Переселенков, Е.П.Алексеев, Б.И.Солодовников и др.; Под ред. Г.С.Переселенкова. – М.: Транспорт, 1982. – 288 с.
24. Железные дороги в долинах рек / Г.С.Переселенков, В.К.Тавлинов, И.Д.Ткачевский и др.; Под ред. Г.С.Переселенкова. – М.: Транспорт, 1991. – 344 с.
25. Басин Е.В., Луцкий С.Я., Тайц В.Г. Организация строительства железнодорожного пути в сложных природных условиях / Под ред. С.Я.Луцкого. – М.: Транспорт, 1992. – 288 с.
26. Белозеров А.И. Проблемы и методы достройки железнодорожного участка Томмот – Нижний Бестях Амуро-Якутской магистрали. – Новосибирск: СГУПС, 1998. – 60 с.
27. Белозеров А.И. Опыт устройства обходов барьерных объектов при строительстве железных дорог / ДСП – Москва-Новосибирск: Федеральная служба ж.-д. войск РФ, СГАПС, 1996. – 349 с.
28. Надежность железнодорожного пути с учетом региональных условий: Заключительный отчет темы 12-95-1. – Иркутск: ИрИИТ, 1998. – 110 с.
29. Быкова Н.М. Неотектонические движения земной коры и деформации дорожных сооружений. – Иркутск: ИрИИТ, 1998. – 136 с.

30. Ревзон А.Л. Картографирование состояний геотехнических систем. – М.: Недра, 1992. – 223 с.
31. Ревзон А.Л. Космическая съемка в транспортном строительстве. – М.: Транспорт, 1993. – 272 с.
32. Гавриленков А.В., Жабров С.С., Подвербный В.А. Выбор варианта трассы высокоскоростной специализированной пассажирской магистрали с использованием теории полезности (на примере ВСМ С.-Петербург – Москва) // Вестник ВНИИЖТа. – 1995. - №4. – С. 12 – 18.
33. Побожий А.А. Сквозь северную глушь. Записки изыскателя. – М.: Современник, 1978. – 318 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А	
Абсолютный рекордист.....	96
Алгебраическая разность уклонов смежных элементов профиля.....	47
В	
Вариант	
- направления ж.-д. линии.....	76, 83, 92, 94, 99, 111
- трассы ж.-д. линии.....	27
Варианты	
- трассы ж.-д. линии.....	8, 9, 69
Водораздел.....	7, 18
Г	
Геодезическая линия (прямая).....	7, 18
Д	
Длина	
- круговой кривой.....	25
- площадки в выемке.....	53
- элементов профиля.....	37
З	
Задача принятия решения	
- детерминированная.....	108
- динамическая.....	108
- недетерминированная.....	108
- статическая.....	108
И	
Идеальная точка.....	96
К	
Камеральное трассирование.....	84, 85
Категория	
- железной дороги.....	23, 38, 47, 50
Коэффициент	
- весовой, частного критерия эффективности.....	97, 109, 110, 112
Кривая	
- вертикальная.....	21, 22
- круговая.....	22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 39, 42, 43, 55, 56, 59, 61, 62, 78
- переходная.....	22, 26, 27, 40, 61, 78
Критерии эффективности	
- глобальный.....	97
- нормализация.....	94
- обоснование.....	103, 104, 105, 106
- частные.....	94, 95, 96, 97, 98, 102, 107, 108, 109, 110, 112
Л	
Линия нулевых работ.....	15, 23, 69
Лицо, принимающее решение (ЛПР).....	92
Лог.....	7

М	
Магистральный ход.....	18, 58, 100
Метод идеальной точки.....	92, 94
Многокритериальная задача выбора.....	90, 96
Н	
Направление ж.-д. линии.....	90
Неотектоническая активность района проектирования.....	107
Нормы проектирования продольного профиля	
- допускаемые.....	47, 51, 79
- рекомендуемые.....	47
О	
Обеспечение	
- безопасности и плавности движения поездов.....	46, 53, 54
- бесперебойности движения поездов.....	38, 46, 54
Опорные пункты трассы.....	8
Отметки	
- земли.....	28, 29, 30, 31, 57, 64
- проектные.....	32, 56, 57, 63, 64, 65
- рабочие.....	57, 58, 64, 66, 79
П	
Перевал.....	7
Перелом продольного профиля	
- глобальный.....	48
- локальный.....	48
План трассы.....	22, 61
Площадка раздельного пункта.....	18, 21
Препятствия	
- высотные.....	8
- контурные.....	8
Принципы трассирования	
- на вольных ходах.....	12
- на напряженных ходах.....	13
Проектная линия продольного профиля трассы.....	32, 34, 65, 68
Профиль	
- продольный профиль земной поверхности по трассе.....	28, 29
- продольный профиль трассы ж.-д. линии.....	28, 32, 58
- схематический продольный профиль трассы проектируемой ж.-д. линии.....	22, 27, 28, 29, 31, 40, 58
Р	
Радиус	
- вертикальной кривой.....	56
- круговой кривой.....	21
Развитие трассы.....	15
Разделительная площадка.....	48
Раствор циркуля.....	13, 15
С	
Седло.....	7
Смягчение ограничивающих уклонов	
- в кривых (из-за дополнительного сопротивления движению поезда).....	38
- в тоннелях.....	44, 45
- дополнительное в кривых малого радиуса (из-за уменьшения коэффициента сцепления).....	41, 44
Сопряжение элементов профиля.....	48, 49, 50

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

T

Тангенс	
- вертикальной кривой	22, 56
- круговой кривой	7, 21, 25, 61
Теория полезности	91, 92
Технология камерального трассирования	
- на вольных ходах	64
- на напряженных ходах	60

У

Угол поворота кривой	21, 25
Уклон	
- дополнительного смягчения в кривых малого радиуса	42, 43, 44, 78
- ограничивающий	9, 10, 11, 42, 45, 49, 61, 65, 66, 71, 78
- направляющий	35
- средний естественный уклон местности	10
- трассирования	11
- эквивалентный дополнительному сопротивлению от кривой	39
- эквивалентный дополнительному сопротивлению от кривой (средний по трассе)	9, 10, 11, 77

Ф

Фиксированные точки трассы	8, 18
----------------------------------	-------

Х

Характерные точки рельефа	28, 29, 64
Ход трассирования	
- водораздельный	71, 100
- вольный	9, 10, 12, 14, 17, 18, 20, 34, 37, 59, 60, 62, 64, 65, 66, 76
- долинный	19, 101, 102
- косогорный	100, 101
- напряженный	9, 10, 12, 59, 62, 76
- поперечно-водораздельный	18, 19

Ц

Циркулярный ход	13, 16, 17, 23, 24, 60
-----------------------	------------------------

Ш

Шаблон круговых кривых	22
------------------------------	----

Э

Элемент переходной крутизны	48
-----------------------------------	----

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РОССИИ
ИРКУТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В.А.Подвербный, В.В.Четвертнова

**ПРОЕКТ УЧАСТКА
НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ.**

**ЧАСТЬ 4.
РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ.
РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ НА ПОСТОЯННЫХ
ВОДОТОКАХ**

*УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ*

ИРКУТСК 2000

УДК 625.111

Подвербный В.А., Четвертнова В.В. Проект участка новой железнодорожной линии. Часть 4. Размещение отдельных пунктов. Размещение мостов на постоянных водотоках: Учебное пособие по курсовому проектированию. – Иркутск: ИрИИТ, 2000. – 145 с.

Учебное пособие предназначено для студентов специальностей: 290900 «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» и 240100 «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте» высших учебных заведений дневной и заочной форм обучения.

В пособии изложены вопросы размещения отдельных пунктов с путевым развитием. Приведены рекомендации по проектированию плана и продольного профиля площадок отдельных пунктов. Рассмотрена задача размещения мостов на постоянных водотоках. Даны рекомендации по определению отверстий мостов и составлению их схем.

Пособие содержит справочные материалы, необходимые для выполнения курсового проекта на тему «Проект участка новой железнодорожной линии» по дисциплине «Изыскания и проектирование железных дорог» для специальности 290900 и контрольной работы №2 «Проект участка новой ж.-д. линии» по дисциплине «Основы геодезии и проектирования железных дорог» для специальности 240100.

Ил. 41 . Табл. 4. Библиогр. 47 назв. Прилож. 11

Рецензенты: канд. техн. наук, доцент **Н.М. Быкова,**

зав. кафедрой изысканий, проектирования и постройки
железных дорог ИрИИТа;

М.С. Подрядчиков, генеральный директор

ОАО «Востсибтранспроект»

© Иркутский институт инженеров железнодорожного транспорта, 2000

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	4
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ.....	20
1.1. ВВЕДЕНИЕ В РАЗДЕЛ	20
1.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО ВРЕМЕНИ ХОДА	22
1.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ХОДА И ПОЛОЖЕНИЯ ОСЕЙ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ	25
1.4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА И ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ НА РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТАХ.....	31
1.4.1. Проектирование плана трассы на раздельном пункте	31
1.4.2. Проектирование продольного профиля раздельного пункта ...	37
1.5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАЗДЕЛУ.....	41
1.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО РАЗДЕЛУ	45
2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ НА ПОСТОЯННЫХ ВОДОТОКАХ	50
2.1. ВВЕДЕНИЕ В РАЗДЕЛ	50
2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОТВЕРСТИЯ МОСТА	52
2.3. ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ В ПРЕДЕЛАХ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА.....	55
2.4. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ МОСТА	62
2.5. ЗАПОЛНЕНИЕ ВЕДОМОСТИ МОСТОВ	69
2.6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАЗДЕЛУ.....	71
2.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО РАЗДЕЛУ	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	84
ПРИЛОЖЕНИЯ	86
Приложение 1. Покилометровое время хода грузовых поездов расчетной массы	86
Приложение 2. Искусственные сооружения, проектируемые на железных дорогах	91
Приложение 3. Основные сведения о мостах	99
Приложение 4.	

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КУРСОВОМ ПРОЕКТЕ	112
<i>П.4.1. Статические системы мостов</i>	112
<i>П.4.2. Сравнительный анализ систем мостов и типов пролетных строений</i>	116
<i>П.4.3. Обоснование выбора статических систем и типов пролетных строений мостов, рекомендуемых в курсовом проекте</i>	128
Приложение 5.	
Балочные пролетные строения железнодорожных мостов из обычного железобетона с нормальной строительной высотой	132
Приложение 6.	
Балочные пролетные строения железнодорожных мостов из предварительно напряженного железобетона	133
Приложение 7.	
Комбинированные пролетные строения железнодорожных мостов из предварительно напряженного железобетона	134
Приложение 8.	
Разрезные пролетные строения мостов с металлическими сквозными главными фермами	135
Приложение 9.	
Примеры составления схемы моста.....	136
<i>П.9.1. Рекомендации по составлению схем мостов</i>	136
<i>П.9.2. Примеры составления схемы моста</i>	136
<i>П.9.3. Заключение по приложению 9</i>	140
Приложение 10.	
Воздействие высоких паводков на земляное полотно и искусственные сооружения	142
Приложение 11.	
Многокритериальные задачи принятия решений в проектировании железных дорог	145
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	155

ВВЕДЕНИЕ

В третьей части учебного пособия мы рассказали Вам, как выбирать направление и трассировать варианты новой железнодорожной линии.

В настоящей – четвертой - части учебного пособия, речь пойдет о размещении отдельных пунктов и мостов на постоянных водотоках¹. То обстоятельство, что этот материал объясняется Вам «после трассирования» вовсе не означает, что план и профиль трассы неизменяемы, закреплены навечно, после того, как Вы начертили план на карте и наметили проектную линию на миллиметровке. Дело в том, что трасса считается полностью законченной только тогда, когда уже подсчитано время хода по трассе и размещены отдельные пункты, а также размещены все искусственные сооружения. Сложность заключается во взаимосвязанности трех важных разделов проекта: раздел 4 - «Выбор направления и трассирование вариантов ж.-д. линии»; раздел 5 - «Размещение отдельных пунктов»; раздел 6 - «Размещение искусственных сооружений».

Так например, необходимость размещения разъезда на площадке может потребовать от Вас корректировки плана и профиля (или только проектной линии на профиле) уже запроектированного участка. При этом, величина перетрассировок будет тем больше, чем сложнее местность (напряженный ход; круглые, изрезанные логами, склоны; извилистый водораздел или заболоченная долина реки и т.д.) и чем

¹ В данном пособии термин *размещение* подразумевает не только определение местоположения оси разъезда или моста, но и проектирование плана и продольного профиля площадки отдельного пункта и назначение схемы моста.

В результате, такое сочетание элементов плана и профиля, хотя и позволило уменьшить строительную стоимость железной дороги, но привело к сложным условиям ее эксплуатации.

Размещение отдельных пунктов и мостов относится к *многокритериальным задачам*, сложность которых заключается в необходимости достижения разнонаправленных целей⁴.

Проектируя мостовые переходы, Вы не должны забывать о том, что на карте показаны уровни меженных (низких) вод, а в паводок при увеличении расходов воды, уровней воды и скоростей течения, речной поток приобретает разрушительную силу. Подходные (пойменные) насыпи, конечно, укрепляют; их также защищают от воздействия пойменных потоков дамбами и траверсами⁵, рис.В.2 из /18/, однако, силы природы порой оказываются сильнее, рис.В.3 – В.6 фото из работы /29/.

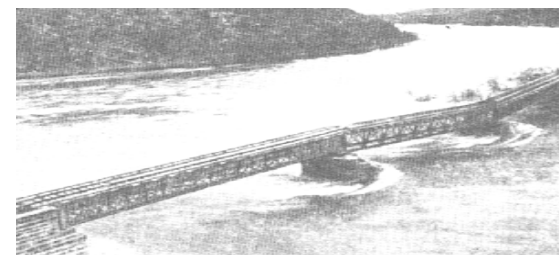
⁴ Например: *цель №1* – добиться наименьшей строительной стоимости, обеспечив небольшой объем земляных работ по устройству площадки раздельного пункта, *цель №2* – обеспечить наилучшие условия эксплуатации раздельного пункта, разместив его на прямой, на площадке (на уклоне 0%). В сложных топографических и инженерно-геологических условиях к этим целям трудно приблизиться *одновременно*.

⁵ Проектирование регуляционных сооружений мостовых переходов может быть задано в качестве элемента УИРС в курсовом проекте.

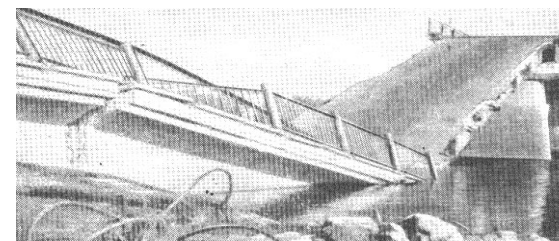


◀Рис.В.2. Схема мостового перехода: пунктир – меженное русло; точечная линия – направление неотрегулированного пойменного потока; сплошные линии со стрелками – направление пойменного потока при устройстве регуляционных сооружений: дамб и траверс

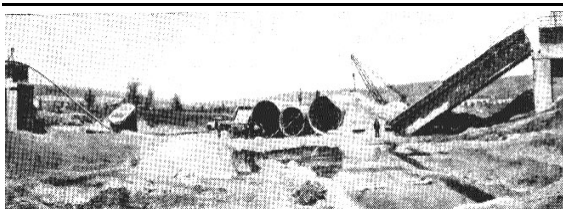
Важное замечание. Если в проекте не учтено прохождение наибольшего паводка, превышающего расчетный, то возможны деформации и разрушения, показанные на рис.В.3 – В.6. Вот почему в курсовом проекте, кроме расчетных расходов и соответствующих им уровней воды, *следует учитывать и максимальные расходы и уровни, вероятности превышения которых указаны в СТН /1, п.8.14/.*



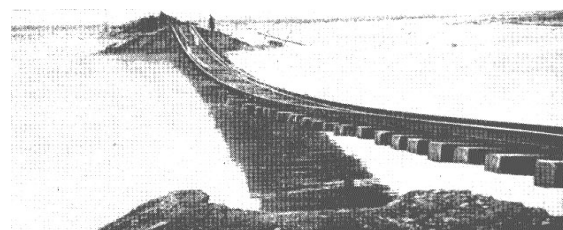
◀Рис.В.3. Разрушение двух опор паводком, превышающим расчетный



◀Рис.В.4. Падение промежуточной опоры и двух пролетов по 30 м на спаде высокого паводка



◀ Рис. В.5. Результат прохода паводка, близкого к предельному



◀ Рис. В.6. Размыв пойменной насыпи в период наибольшего паводка

При проектировании мостовых переходов в районах Сибири, Севера и Дальнего Востока нельзя забывать о таких опасных природных явлениях как ледоход и карчеход. Их недоучет может привести к серьезным последствиям⁶, рис. В.7, В.8 – из работ /14/ и /35/ и рис.В.9 а из /3/.



▲ Рис. В.7. Разрушение ледоходом автодорожного моста на р.Таху

⁶ В курсовом проекте приняты на всех реках района проектирования следующие условия: средний ледоход (толщина льда от 0,5 до 1,0 м; отсутствие заторов льда; отсутствие карчехода и зажоров).



▲ Рис. В.8. Наносы леса (зажор) у моста через р.Большая Кеть на ж.-д. линии Ачинск – Абалаково во время весеннего половодья

Важное значение имеет *правильный выбор места мостового перехода и его параметров* (схемы моста, высоты опор, высоты подходов насыпей). Проектирование сложных переходов является проверкой инженерного мастерства: важно не просто *запроектировать надежный переход*, необходимо сделать это *оптимально с экономической точки зрения*, учитывая, что излишняя перестраховка (сверхнормативные, экономически необоснованные запасы: лишние метры высоты подходов насыпей и высоты опор, «дорогие» большие металлические пролетные строения и др.) влияют и на строительство перехода и на условия сооружения железной дороги в целом, см. также часть 1, с.19.

Например, при строительстве БАМа большой металлический мост через р.Витим (схема проектного моста $2 \times 110 + 110 + 2 \times 110$) по совокупности сложных инженерно-геологических, гидрологических условий и отдаленности объекта от опорных пунктов был вторым главным *барьерным местом* строительства (после Северо-Муйского тоннеля) на Бурятском участке БАМа /3, п.4.7.3/, /10, с.634 – 635/.

Колебания уровня воды в р.Витим достигали $10 - 14$ м и в течение года повторялись несколько раз. Максимальный расход воды летом превышал зимний расход *в 400 раз*, а скорость течения реки достигала в паводок 5 м/с, толщина льда на р.Витим достигала $2,8$ м. В процессе строительства проектного моста опоры неоднократно затапливались и работы приостанавливались на несколько месяцев.

Для обеспечения круглогодичной перевозки строительных грузов для участка магистрали Витим – Кодар после сравнения вариантов паромно-ледовой переправы и временного автодорожного моста трестом Мостострой – 9 было принято решение по строительству временного моста под совмещенное движение (один железнодорожный путь и один автопоезд шириной $4,5$ м).

Была предложена следующая конструкция *временного моста на обходе*: мост по схеме $2 \times (5 \times 55)$ м длиной $L_m = 558,1$ м; гибкие однорядные столбчатые опоры из металлических труб, устанавливаемые в пробуренные скважины и заполняемые бетоном, перед опорами проектировались ледорезы; неразрезные пролетные строения из элементов пролетных строений подкрановой эстакады Усть-Илимской ГЭС, проверенные на пригодность по усталости металла, рис.В.9 из работы /3/.

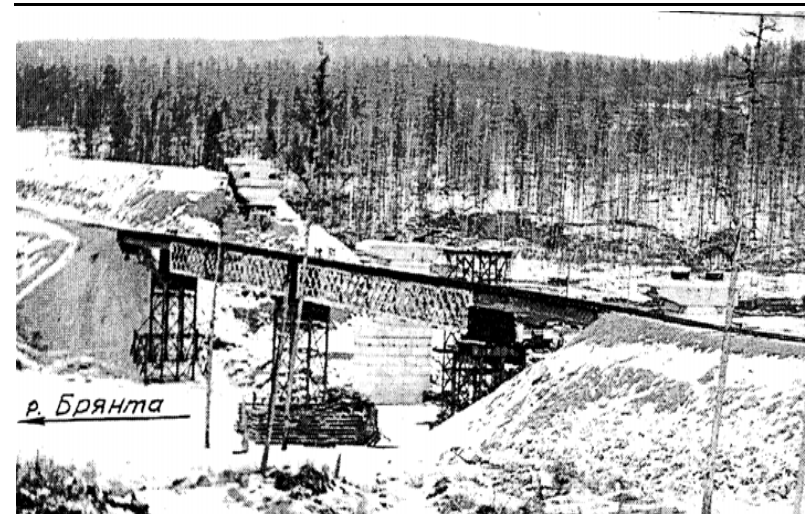


▲ Рис.В.9. Временный мост на обходе постоянного моста через р.Витим, 809-й км БАМа, участок Нижнеангарск – Чара: а – ледоход на р.Витим в 1984 г.; б – общий вид моста (сфотографировано с постоянного моста, сданного в эксплуатацию в 1989г.)

Подготовительные работы были начаты в сентябре 1979, в июле 1984 г. на мосту было уложено верхнее строение пути, совмещенное с типовым настилом для проезда автотранспорта, и началась ритмичная подача строительных грузов железнодорожным транспортом. Переключение движения поездов на капитальный проектный мост было выполнено в сентябре 1989 г. В настоящее время временный мост выполняет функции *объекта прикрытия* постоянного моста через р.Витим.

Временный мост через р.Витим на обходе проектного моста позволил: обеспечить открытие сквозного движения по БАМ в установленные директивные сроки; осуществить достройку проектного моста и других ИССО на данном участке магистрали с учетом экономического эффекта, полученного из-за экономии транспортных расходов при доставке строительных материалов и конструкций по железной дороге вместо автоперевозок.

Другой пример: на участке БАМа Тында – Тунгала пришлось соорудить обход большого моста через реку Брянту (203-й км). Длительная недопоставка заводом-изготовителем металлических пролетных строений – сквозных решетчатых главных ферм с расчетными пролетами 44 и 55 м (на пересечении р.Брянта был запроектирован большой металлический мост по балочно-разрезной схеме 44 + 55 + 44) привела к появлению *барьерного места* и потребовала сооружения *временного моста на обходе*, рис.В.10 из работы /3, рис.4.10/). На временном обходе в/ч 46120 железнодорожных войск был сооружен металлический мост по схеме 18,5 + 2 × 33,6 + 18,5, см. рис.В.10. В береговых пролетах моста на обходе были использованы *инвентарные пакетные пролетные строения 18,5 м*, в русловых – *табельные пролетные строения СРП-33,6 м*; промежуточные опоры были устроены из *инвентарных металлических конструкций ИМИ-60*, *устои диванного типа* были сооружены из шпал, рис.В.10.



▲ Рис.В.10. Обход большого моста через р.Брянту на БАМе (203-й км Центрального участка БАМа)

Обход протяженностью 850 м с минимальным радиусом кривых в плане 300 м и ограничивающим уклоном 40 ‰ эксплуатировался с марта 1980 г. в течение 27 месяцев и позволил: приблизить срок открытия рабочего движения поездов на 14 месяцев; увеличить темпы укладки главного пути; отнести работы по сооружению земляного полотна главного пути в объеме 20 тыс. м³ на второй этап; обеспечить доставку и монтаж многотоннажных цельноперевозимых металлических пролетных строений основного (проектного) моста с использованием кранов большой грузоподъемности на железнодорожном ходу; значительно снизить транспортные расходы на перевозку грузов.

Однако, сооружение обхода с мостом потребовало дополнительных затрат, не учтенных в проекте.

Данные примеры говорят о том, что *инженер-проектировщик должен предвидеть все возможные последствия принимаемых решений,*

которые окажут влияние на стоимость и сроки строительства проектируемой линии, а также на условия эксплуатации и безопасность движения поездов.

В том числе, инженер должен учитывать и возможность влияния на ход строительства запроектированной им новой железной дороги *потенциально барьерных мест* (больших мостов, тоннелей, других сложных ИССО) в условиях недостаточных ресурсов, недопоставки конструкций и жестких директивных (договорных) сроков сооружения линии.

При необходимости в проекте *должно быть заранее предусмотрено сооружение временных обходов потенциально барьерных мест*: должны быть протрассированы подходы к временным ИССО; запроектированы временные ИССО; составлены сметы на производство работ по сооружению и ликвидации временного сооружения или должны быть учтены расходы на текущее содержание (ремонт) временных сооружений, которые переводятся в разряд объектов прикрытия больших ИССО (мостов, тоннелей). Такая задача может быть поставлена в курсовом проекте в качестве элемента УИРС, т.к. практика строительства железных дорог в сложных природных условиях, в отдаленных районах, имеющих слаборазвитую транспортную сеть, показывает, что сооружение не только больших, но и малых ИССО подчас проводится в два этапа. Например, если после завершения сооружения опор постоянных мостов, но до монтажа пролетных строений и отсыпки конусов укладка пути подходит к данному ИССО, то устраивается временное ИССО на обходе и путеукладчик пропускают дальше вперед по участку см. фото в конце введения.

Ниже, в конце введения, приведено фото М.Тухватуллина: сооружение обхода малого моста МК-137 на 334-ом км БАМа, в 1979 г.

Малый однопролетный мост (устои массивные на естественном основании под два пути) не был готов к моменту подхода к данному препятствию путеукладчика (не смонтированы пролетные строения, не отсыпаны конуса). Обход не был предусмотрен проектом и был сооружен для пропуска путеукладчика и обеспечения укладки пути на следующих участках магистрали.

На *временном обходе* было сооружено временное водопропускное сооружение: металлическая гофрированная труба без фундамента, без оголовков. После завершения строительства постоянного моста путь был переложен на проектные отметки, труба была разобрана.

Проектируя трассу новой железнодорожной линии, *Вы должны предвидеть последствия принимаемых решений, особенно по размещению и выбору параметров таких капиталоемких и труднопереустройстваемых сооружений, как площадки раздельных пунктов с путевым развитием и большие мосты под железнодорожную нагрузку.*



Конец введения

1. РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

1.1. ВВЕДЕНИЕ В РАЗДЕЛ

В курсовом проекте необходимо выполнить размещение раздельных пунктов с путевым развитием на однопутной линии – разъездов⁷ для остановочного скрещения поездов. Возможны несколько вариантов.

Первый вариант. Вы не разместили разъезд, потому что он не нужен по времени хода. *Последствия* - нет никакой ошибки. Если $t_d < t_p$, (расшифровку обозначений и формулы для расчета – см. ниже), то значит, в пределах протрассированного Вами участка разъезд не нужен. *Вывод:* все правильно.

⁷ В дипломном проекте вполне вероятно задание больших объемов перевозок, и как следствие – проектирование двухпутной линии высокой категории – I или II, такой вариант наиболее вероятен, если по результатам экономических изысканий предполагается значительный рост объемов грузовых перевозок и размеров пассажирских перевозок уже в первые годы эксплуатации. Кроме того, в дипломном проекте после решения задачи овладения нарастающими перевозками возможен вариант, когда наиболее эффективным решением является проектирование и строительство однопутной линии с размещением не только раздельных пунктов с остановками (разъездов), но и участков безостановочного скрещения поездов. В таких случаях, Вам необходимо будет воспользоваться рекомендациями по размещению раздельных пунктов (разъездов, обгонных пунктов, осей безостановочного скрещения и станций), изложенными в работах /1, п.4.33/, /2, пп. 5.7-5.11/, /4, п.2.5/, /5, п.1.2/. В курсовом проекте Вы будете решать только задачу размещения на однопутной линии разъездов для остановочного скрещения поездов. Ось промежуточной ст.А задана – это начальный пункт вариантов трассы. Следующая станция располагается, как правило, через четыре разъезда. Расстояние между осями промежуточных станций примерно 100 – 150 км, поэтому в курсовом проекте Вы не столкнетесь с задачей размещения второй промежуточной станции. Таким образом, в курсовом проекте, при проектировании однопутной линии невысокой категории (III или IV) с небольшими размерами перевозок и небольшой протяженности (не более 50 км), Вашей задачей будет размещение одного, максимум - двух разъездов.

Второй вариант. Вы не разместили разъезд, потому что ошиблись в расчетах, а в действительности разъезд – необходим. *Последствия* - серьезные. Дело в том, что по результатам экономических изысканий были определены объемы грузовых перевозок, млн. т/год, и размеры пассажирских перевозок, пар поездов/сутки, по проектируемой линии, которые Вам даны в задании и которые Вы *должны обеспечить на проектируемой линии*. Но, если Вы не разместили разъезд, то за сутки не будут проходить требуемые пары грузовых расчетных поездов (см. формулу (1.5) часть 1 пособия). *Вывод* – Вы не справились с заданием, необходимо исправить расчет и разместить разъезд, вероятно потребуется перепроектировка трассы.

Третий вариант. Вы разместили разъезд (ось разъезда) там, где он необходим по времени хода, но план и продольный профиль площадки разъезда запроектированы неправильно – с нарушением требований СТН /1/. *Последствия* – серьезные (возможно катастрофические). Представьте, грузовой поезд расчетного веса $Q_{max} = 4500$ т с электровозом ВЛ80^т в голове состава не может тронуться с места после стоянки на разъезде, продольный профиль которого запроектирован Вами с руководящим уклоном $i_s = 9$ ‰, тогда как в данном примере *по условиям трогания с места* уклон должен быть не круче $i_{прог} = 8,65$ ‰, а *по условию удержания поезда вспомогательными тормозами локомотива* - еще меньше $i_{торм} = 5,55$ ‰. *Вывод* - необходимо перепроектировать трассу.

Четвертый вариант. Вы разместили разъезд (ось разъезда) там, где он необходим по времени хода, план и продольный профиль площадки разъезда запроектированы правильно в соответствии с требованиями СТН /1/, но с использованием *допустимых уклонов* (см. п. 4.37 СТН /1/). *Последствия* – серьезные. Всегда следует, учитывать

человеческий фактор – человек-оператор, дежурный, диспетчер, составитель, путеец и т.д. может нарушить инструкцию, в результате чего возможны брак, авария или крушение – см. приложение 2 пункт 1.2 «Уход незакрепленных вагонов с приемо-отправочных путей раздельных пунктов, расположенных на уклонах» части 2 пособия. *Вывод* – приложите все усилия, чтобы обеспечить выполнение *рекомендуемых норм*.

Пятый вариант. Вы разместили разъезд (ось разъезда) там, где он необходим по времени хода, план и продольный профиль площадки разъезда запроектированы правильно - в соответствии с *рекомендуемыми нормами* СТН /1/, но для достижения такого хорошего результата Вы сильно отклонились от основного направления А – Б, увеличив длину линии и, тем самым, значительно увеличив объем и стоимость строительных работ. *Последствия* - завышенная строительная стоимость ж.-д. линии. Желательно добиваться хороших эксплуатационных показателей проектируемой ж.-д. линии за счет продуманного трассирования, а не за счет «простого» увеличения насыпи по высоте и протяженности там, где Вас «случайно» застала задача размещения площадки разъезда. *Вывод* – необходимо уменьшить объемы строительных работ и сэкономить деньги заказчика, что в рыночных условиях равносильно выигрышу тендера (торгов подряда) на проектно-изыскательские работы.

1.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО ВРЕМЕНИ ХОДА

1. РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

Расчетное время хода одной пары грузовых поездов между осями раздельных пунктов с остановочным скрещением t_p , мин / пару поездов, определяется по формуле /6, с.17/

$$t_p = (1440 / n_p) - (\tau_1 + \tau_2 + t_{p3}) \quad (1.1)$$

где 1440 – количество минут в сутках, мин / сут;

n_p – расчетная пропускная способность, задаваемая для линий I и II категорий в задании, или $n_{номр}$ для линий III и IV категории, пар поездов/сутки; если $n_p < n_{номр}$, то для линий I и II категорий в формулу (1.1) подставляют $n_{номр}$, см. п.1.3 части 1 пособия;

$\tau_1 + \tau_2$ – станционные интервалы на неодновременность прибытия и скрещение поездов с остановками на раздельных пунктах, мин / пару поездов; принимаются по табл.1.1, которая составлена по /7, табл.12, с.42-43/;

t_{p3} – время на разгон и замедление расчетного грузового поезда⁸, мин / пару поездов; принимается по табл. 1.2, из работы /4, табл.2.4, с.39/.

Таблица 1.1

Станционные интервалы ($\tau_1 + \tau_2$), мин / пару поездов, в зависимости от средств СЦБ, связи и вида тяги

Вид тяги	Значения ($\tau_1 + \tau_2$), мин / пару поездов, в зависимости от средств СЦБ и связи			
	СЦБ – полуавтоблокировка		СЦБ – автоблокировка	
	управление стрелками		управление стрелками	
	ручное	ЭЦ	ЭЦ	ДЦ

⁸ Поправка на разгон и замедление учитывается в формуле (1.1) тогда, когда действительное время хода пары поездов по перегону определяется по методу установившихся (равновесных) скоростей – см. далее раздел. Если действительное время хода на пару поездов определяется точными тяговыми расчетами (например, с построением кривой времени или другими), то поправку t_{p3} следует из расчетов исключить, см. работы /2, с.145, формула (5.1), а также с.20 – формула определения $T_{ин}$ и рис.1.7, а на с.21/ и /4, с.38/.

1. РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

	($\tau_1 + \tau_2$)	($\tau_1 + \tau_2$)	($\tau_1 + \tau_2$)	($\tau_1 + \tau_2$)
Тепловозная	8	6	5	4
Электрическая	7	5	4	3

Примечание к таблице 1.1.

1. Если необходимо учесть характер продольного профиля станционной площадки и подходов к ней (площадка, яма, горб, уступ), то следует воспользоваться работой /7, табл.12, с.42-43 и рис.2/.

2. В табл.1.1 сокращения: ЭЦ – электрическая централизация; ДЦ – диспетчерская централизация.

Таблица 1.2

Поправка на разгон и замедление грузовых поездов t_{p3} , мин / пару поездов, в зависимости от средней массы брутто состава расчетного грузового поезда Q_{cp} , т, и вида тяги

Вид тяги	Значение t_{p3} , мин / пару поездов, при массе состава Q_{cp} , т			
	3000	4000	5000	6000
Тепловозная	3,4	4,0	4,6	5,3
Электрическая	2,8	3,4	4,0	4,7

Примечания к таблице 1.2.

1. Если необходимо учесть характер продольного профиля станционной площадки и подходов к ней (площадка, яма, горб, уступ), то следует воспользоваться работой /7, табл.11, с.40-41 и рис.2 – вклейка/.

2. При значении Q_{cp} , т, отличном от значений, приведенных в таблице, в курсовом проекте может быть применена линейная интерполяция (экстраполяция) значений t_{p3} , мин / пару поездов, с округлением до десятых.

Например, если Вы проектируете однопутную линию *IV* категории при $n_{номр} = 14$ пар поездов / сутки, тепловозной тяге и средней массе брутто состава $Q_{ср} = 2840$ т, средства СЦБ – полуавтоблокировка, управление стрелками – электрическая централизация, то расчетное время хода на пару поездов для размещения раздельных пунктов с остановками определится следующим образом. По табл. 1.1 станционные интервалы $(\tau_1 + \tau_2) = 6$ мин / пару поездов. По табл. 1.2 поправка на разгон и замедление $t_{pz} = 3,3$ мин / пару поездов. Тогда по формуле (1.1)

$$t_p = (1440 / n_p) - (\tau_1 + \tau_2 + t_{pz}) = (1440 / 14) - (6 + 3,3) = 93,6 \text{ мин / пару поездов.}$$

1.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ХОДА И ПОЛОЖЕНИЯ ОСЕЙ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

Подсчет действительного времени хода t_d ⁹ целесообразно вести в таблице по *равновесным скоростям*¹⁰.

⁹ Действительным временем хода в данном случае называется суммарное в обе стороны (туда и обратно) время хода, накопленное к концу элемента профиля с действительным уклоном i_d , ‰, начиная от оси промежуточной станции А или предыдущего раздельного пункта с остановочным скрещением поездов.

¹⁰ Метод расчета по *равновесным скоростям* был принят для проектирования железных дорог в 1937 г., см. работу /8, с.418-427/. При размещении раздельных пунктов на новых линиях *из-за отсутствия профиля всего перегона*, а следовательно и неопределенности положения следующего остановочного пункта, возможно для предварительного назначения площадки ближайшего раздельного пункта произвести сначала подсчет по равновесным скоростям (с учетом поправки на разгон и замедление) *с последующей проверкой* ориентировочно намеченного положения площадки контрольным подсчетом времени хода *путем построения кривых скорости* $V = f(S)$. Итак, основная причина использования метода равновесных скоростей заключается в том, что, пока не установлено (хотя бы примерно) положение следующего раздельного пункта и уклонов продольного

Значения покилометрового времени хода для различных типов локомотивов на руководящих уклонах от 5 ‰ до 15 ‰ приведены в таблицах П.1.1 – П.1.8 приложения 1.

Рассмотрим ниже *пример расчета действительного времени хода* для условий, приведенных в задании на проектирование (см. приложение 1 из части 1 пособия).

Категория проектируемой линии – *IV*, руководящий уклон $i_p = 6‰$, тип локомотива – тепловоз *ТЭЗ*, полезная длина приемо-отправочных путей $l_{но} = 1050$ м, весовая норма грузового поезда $Q_{max} = 5350$ т, средняя масса состава брутто $Q_{ср} = 4280$ т, размеры перевозок 10-го года эксплуатации $\Gamma_{ср} = 6$ млн. ткм / км в год, $n_{нас} = 4$ пары поездов / сутки, СЦБ – автоблокировка, управление стрелками - ЭЦ.

Тогда,

по формуле (1.5) из части 1 пособия

$$n_{номр} = ((6 \cdot 1,1 \cdot 10^6 / 365 \cdot 4280 \cdot 0,7) + 4 \cdot 1,8) \cdot 1/0,85 = 15,6 = 16 \text{ пар поездов / сутки ;}$$

по формуле (1.1) из части 4 пособия с учетом таблиц 1.1 и 1.2

$$t_p = (1440 / 16) - (5 + 4,2) = 80,80 \text{ мин / пару поездов.}$$

Выполняем расчет действительного времени хода t_d по элементам профиля с учетом *приведенного (фиктивного) уклона* i_k , который учитывает действительный уклон элемента профиля i_d и уклон, эквивалентный дополнительному сопротивлению от кривой $i_{кр}$. *Приведенный уклон* вычисляется по формуле

$$i_k = i_d + i_{кр} \quad , \quad (1.2)$$

где i_d – действительный уклон элемента профиля, т.е уклон,

записанный в сетке профиля, ‰, с учетом знака:

профиля на всем протяжении перегона (т.е. пока перегон не «закрыт» – не «замкнут») сложно строить кривую скорости $V = f(S)$ для обратного направления.

1. РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

на подъем – “плюс”, на спуск – “минус”;

$i_{эк}$ – уклон, эквивалентный дополнительному сопротивлению от кривой, ‰, всегда со знаком «плюс», он вычисляется по формулам, приведенным в третьей части пособия и должен быть записан на продольном профиле внутри каждой кривой.

Для того, чтобы Вам было удобнее вести расчет мы добавили в сетку схематического продольного профиля две строки под общим заголовком “Время хода, мин”¹¹. Расчет действительного времени хода ведем в таблице 1.3 для продольного профиля, приведенного на вклейке – приложение 5 части 1 пособия.

Таблица 1.3

Ведомость времени хода по первому варианту трассы

№ элемента	Длина элемента, $l_{эл}$, км	Приведенный уклон элемента, i_k , ‰		Время хода на 1 км, мин / км		Время хода на элементе, мин			Суммар. накопл. время хода в обе стороны к концу элемента, мин
		туда	обрат.	туда	обрат.	туда	обрат.	туда + обрат.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2,250	0,0	0,0	1,11	1,11	2,50	2,50	5,00	5,00

¹¹ В реальной сетке профиля этих строчек нет. Они добавлены нами по двум причинам: во-первых, во время расчета Вам необходимо дополнительно «разбивать» элементы профиля, когда они попадают на кривые, даже, если Вы не смягчаете сам действительный уклон – см. элементы 1, 2, 3 в таблице 1.3 и на схематическом продольном профиле (приложение 5 части 1 пособия); во-вторых, нижняя из этих двух строк – это *суммарное время хода в обе стороны, накопленное к концу элемента* – именно эту величину Вам необходимо контролировать при размещении площадки раздельного пункта, поэтому удобнее иметь ее перед глазами на профиле.

1. РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

2	0,500	0,4	0,4	1,20	1,20	0,60	0,60	1,20	6,20
3	1,750	0,0	0,0	1,11	1,11	1,94	1,94	3,88	10,08
4	1,500	-1,0	1,0	0,89	1,33	1,34	2,00	3,34	13,42
5	1,500	-2,0	2,0	0,75	1,62	1,13	2,43	3,56	16,98
6	2,500	-5,0	5,0	0,60	2,72	1,50	6,80	8,30	25,28
7	0,550	-6,0	6,0	0,60	3,00	0,33	1,65	1,98	27,26

Продолжение табл.1.3

№ элемента	Длина элемента, $l_{эл}$, км	Приведенный уклон элемента, i_k , ‰		Время хода на 1 км, мин / км		Время хода на элементе, Мин			Суммар. накопл. время хода в обе стороны к концу элемента, мин
		туда	обрат.	туда	обрат.	туда	обрат.	туда + обрат.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	1,450	-5,6	6,0	0,60	3,00	0,87	4,35	5,22	32,48
9	0,300	-3,8	4,2	0,60	2,46	0,18	0,74	0,92	33,40
10	3,200	-4,0	4,0	0,60	2,40	1,92	7,68	9,60	43,00
11	0,300	-2,0	2,0	0,75	1,62	0,23	0,49	0,72	43,72
12	1,700	-1,6	2,4	0,81	1,77	1,38	3,01	4,39	48,11
13	3,000	-1,0	1,0	0,89	1,33	2,67	3,99	6,66	54,77
14	3,000	0,0	0,0	1,11	1,11	3,33	3,33	6,66	61,43
15	2,750	3,0	-3,0	2,00	0,60	5,50	1,65	7,15	68,58
16	1,550	2,0	-2,0	1,62	0,75	2,51	1,16	3,67	72,25
17	2,550	1,0	-1,0	1,33	0,89	3,39	2,27	5,66	77,91
18	1,300	0,0	0,0	1,11	1,11	1,44	1,44	2,88	80,79
Ось разъезда № 1 расположена на ПК 313 + 50									
1	1,200	0,0	0,0	1,11	1,11	1,33	1,33	2,66	2,66
2	3,500	-2,0	2,0	0,75	1,62	2,63	5,67	8,30	10,96

И так далее - расчет продолжается до следующего разъезда или до конца варианта трассы.

Приведем некоторые пояснения к расчету.

Графа 1 – нумерация элементов, по которым рассчитывают время хода, начинается с №1 и заканчивается там, где размещается ось раздельного пункта, затем опять начинается с №1. Элементы для расчета времени хода не совпадают с действительными элементами профиля, которые намечены при проектировании.

Графа №2 – длина элемента записывается с профиля в **км** с точностью до 50 м (1 мм в горизонтальном масштабе профиля).

Графы №3 и *№4* – приведенные уклоны туда и обратно рассчитываются по формуле (1.2). Посмотрим пример - элемент № 8 в таблице 1.3 :

$$\text{туда } i_k = i_0 + i_{жк} = -5,8 + 0,2 = -5,6 \text{ ‰};$$

$$\text{обратно } i_k = i_0 + i_{жк} = 5,8 + 0,2 = 6,0 \text{ ‰}.$$

Графы № 5 и *№ 6* принимаются по таблицам П.1.1 – П.1.8 приложения 1 пособия в зависимости от типа локомотива, величины руководящего (ограничивающего) уклона и значений приведенного уклона (при необходимости – выполняют линейную интерполяцию). Например, для $i_k = 0,4 \text{ ‰}$ покилометровое время хода определится так (см. табл.П.1.1 из прил. 1 для ТЭ3): $(1,33 - 1,11) \cdot 0,4 + 1,11 = 1,20$ мин/км.

Графы № 7 и *№ 8* определяются путем умножения значений граф №5 и №6 на длину элемента профиля, выраженную в **км** – графа №2.

Графа № 9 – представляет собой сумму граф № 7 и № 8; значения графы № 9 выписывают на профиль в графу “Время хода, мин” в верхнюю строчку: $t^{\text{туда}} + t^{\text{обратно}}$.

Графа № 10 – накопленное к концу данного элемента суммарное (в обе стороны) время хода, мин. Значения графы № 10 выписывают на

схематический продольный профиль в графу “Время хода, мин” в нижнюю строчку: $\sum (t^{\text{туда}} + t^{\text{обратно}})$.

Таким образом, Вы сразу видите – где именно должна быть ось раздельного пункта с остановкой.

При необходимости расположения площадки раздельного пункта на другом участке трассы - с лучшими условиями плана и профиля - разрешается размещать ось раздельного пункта на 1 – 2 минуты раньше по времени хода (но не позже), см. /2, с.146-147/, тем самым создается некоторый запас пропускной способности и не нарушается идентичность перегонов по времени хода (в пределах погрешности расчетов на данном этапе).

Если по заданию первый перегон примыкает к участковой станции, то расчетное время хода по этому конкретному перегону уменьшается на 4 минуты, см. /2, с.147/; расчет выполняют по формуле

$$t_{p(\text{прим-участ})} = t_p - 4,00 \text{ .} \quad (1.3)$$

На перегоне, примыкающем к участковой станции, ось первого разъезда «ищут», сравнивая $t_{p(\text{прим-участ})}$ с t_0 ; на последующих перегонах оси раздельных пунктов размещают, ориентируясь, как всегда, на величину t_p .

Если продольный профиль какого-либо перегона, ограниченного раздельными пунктами с остановками напоминает по общему виду “яму”, образованную уклонами, близкими к ограничивающему, то расчетное время хода по такому перегону может быть увеличено на 6 – 8 минут при тепловозной тяге и на 4 – 5 минут при электрической тяге, см. /2, с.146/, /6, с.18/. Тем самым учитывается кинетическая энергия поезда, использование которой на перегонах с ямообразным очертанием продольного профиля позволяет сократить время хода (мин/км) по

сравнению со значениями, рассчитанными по равновесным (установившимся) скоростям и приведенными в табл. П.1.1 – П.1.8.

1.4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА И ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ НА РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТАХ

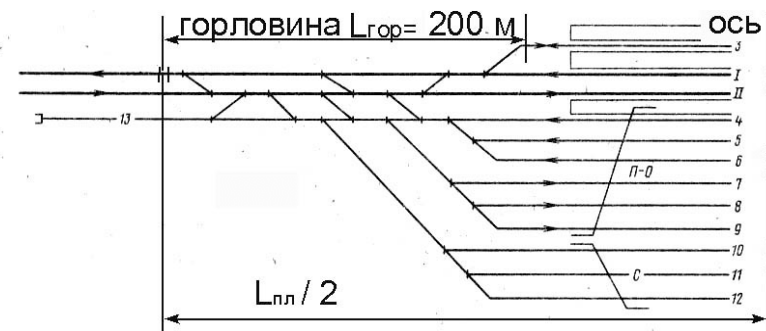
Итак, Вы определили положение оси раздельного пункта с остановками. Теперь необходимо запроектировать (или откорректировать) план и продольный профиль трассы в пределах раздельного пункта. Основные требования изложены в СТН /1/, п. 4.37 – 4.57/, см. также часть 2 учебного пособия. Примеры проектирования приведены в работах /2, п.5.8/, /4, п. 2.5/, /6, п.2.5/, /11, п.3.7/. Ниже приведены основные рекомендации по проектированию плана и продольного профиля на раздельном пункте.

1.4.1. Проектирование плана трассы на раздельном пункте

Наилучший план трассы – это прямая, а наилучшая схема расположения приемо-отправочных путей – продольная. Если необходимо расположить раздельный пункт на кривой или на нескольких кривых, то следует внимательно изучить требования СТН /1/ к рекомендуемым схемам раздельных пунктов, к величинам радиусов, направлению кривых (если их несколько), а также требования к расположению стрелочных переводов на главных путях (стрелочных горловин).

Для того, чтобы получить на плане или на профиле *примерное положение стрелочных горловин*, следует от оси раздельного пункта отложить в обе стороны величины, равные половине площадки

раздельного пункта¹², которая принимается по табл. 8 СТН /1/, $L_{пл}/2$, м, а затем, отложить от найденных точек *обратно к оси раздельного пункта по 200 м*. В курсовом проекте условно считается, что ось раздельного пункта – это всегда (при любой схеме) – середина его площадки. Тогда, участки по 200 м от концов площадки раздельного пункта являются зонами *стрелочных горловин*¹³, рис.1.1.



▲ Рис.1.1. Схема стрелочной горловины станции: П-О – приемо-отправочный парк; С – сортировочный парк

Чтобы обеспечить в трудных условиях при расположении раздельного пункта на кривой (на кривых) *безусловное расположение стрелочных горловин на прямых участках пути*, следует предусмотреть

¹² Если внимательно изучить и проанализировать схемы раздельных пунктов с путевым развитием, приведенные в учебнике /2, рис.5.16 – 5.20/, /11, рис.3.11 – 314/, то можно прийти к заключению, что откладывая от оси раздельного пункта, которая, как известно, проходит через середину пассажирского здания, половину площадки раздельного пункта, мы подразумеваем поперечную схему, т.к. при полупродольной и, тем более, при продольной схеме расположения приемо-отправочных путей ось раздельного пункта не совпадает с «геометрической серединой», однако в курсовом проекте такое допущение может быть использовано.

¹³ Зону, в которой уложены стрелочные переводы, соединяющие пути и парки между собой называют стрелочной горловиной станции. Конструкция горловин, их план и продольный профиль должны обеспечивать необходимую пропускную способность, безопасность, плавность и бесперебойность движения поездов.

прямые не менее 200 м с обоих концов площадки раздельного пункта (в эти прямые не должны попадать даже переходные кривые), рис. 1.2.

Рассмотрим пример размещения разъезда с поперечным расположением приемо-отправочных путей в сложных топографических условиях. На рис. 1.2 приведены (снизу вверх):

трасса на плане в горизонталях (высота сечения горизонталей 10 м; показаны километровые знаки: 28 - 30; дана привязка к сторонам света; на плане раздельного пункта показана схема расположения приемо-отправочных путей, показаны значки тангенсов круговых кривых, указаны условными знаками центры стрелочных переводов; пассажирское здание расположено с нагорной стороны; на приемо-отправочном пути 2 условно показан состав грузового поезда; состав остановлен для пропуска встречного четного поезда);

прямые и кривые в плане (условными обозначениями показаны прямые и круговые кривые с указанием их длин и радиусов кривых в м);

проектные уклоны и расстояния (указаны проектные уклоны в ‰, расстояния в м);

проектная линия и линия земли (тонкой сплошной линией показана линия земли – фактические данные; толстой сплошной – проектная линия; указаны расстояния от оси разъезда до концов его площадки $L_{пл}/2$; показаны тангенсы вертикальных кривых, которые повлияли, или могли бы повлиять, на увеличение длины уклона 0‰ на разъезде).

Размещение разъезда выполнено на проектируемой линии III категории, полезная длина приемо-отправочных путей $l_{по} = 1050$ м.

Проанализируем принятые решения.

Продольный профиль - запроектирован правильно. Длина площадки разъезда с поперечным расположением приемо-отправочных путей при $l_{по} = 1050$ м на линии III категории $L_{пл} = 1450$ м /1, табл.8/.

Тангенсы вертикальных кривых, которые могли бы повлиять на профиль разъезда, равны: с запада $T_a = 5 \cdot \Delta i = 5 \cdot 3 = 15$ м; с востока $T_a = 5 \cdot \Delta i = 5 \cdot 4 = 20$ м. Западный тангенс не повлиял на длину уклона 0‰, запроектированного на разъезде (перелом профиля далеко от оси разъезда), а восточный тангенс – повлиял на длину уклона 0‰ и она была увеличена. Это было сделано для того, чтобы обеспечить расположение восточной горловины разъезда на площадке - *за пределами вертикальной кривой* (вертикальные кривые на профиле не показаны). Что касается объемов земляных работ, то они тоже не вызывают возражений. На запад от разъезда в сухом логу размещена водопропускная труба, для которой обеспечена необходимая высота насыпи. Сам разъезд расположен, в основном, на насыпи (или на полунасыпи-полувыемке, поперечников мы не видим); по оси разъезда небольшая выемка. Разъезд немного “повис” на насыпи в восточную сторону, не столько из-за необходимости увеличения площадки на длину $T_a = 20$ м, сколько по причине сложного рельефа данного участка.

1. РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

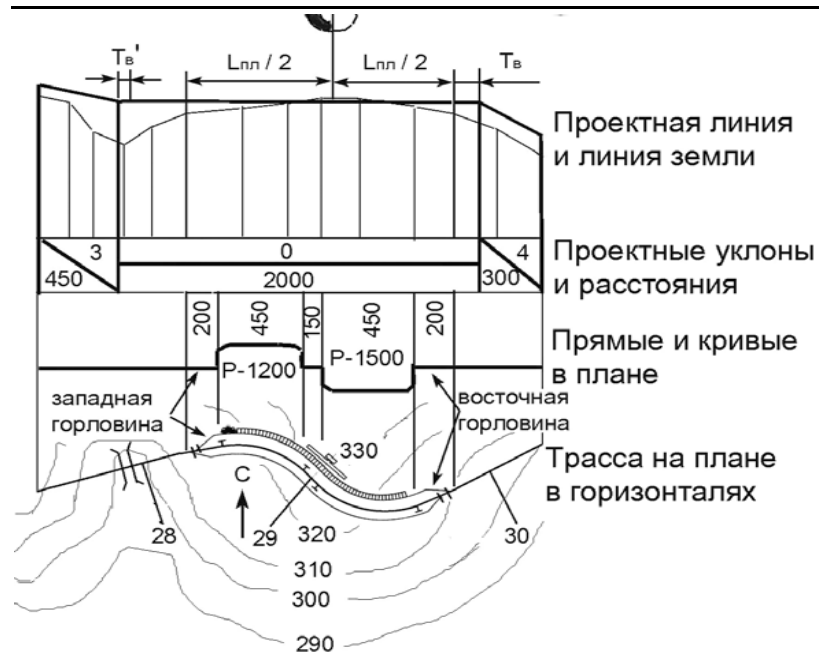


Рис.1.2. Размещение разъезда с поперечным расположением прямо-отправочных путей в сложных топографических условиях

План - запроектирован неудачно. Грубых нарушений норм проектирования нет. Действительно, в исключительных случаях на железнодорожных линиях III и IV категорий при соответствующем обосновании в проекте допускается размещать разъезды на обратных кривых, так, чтобы стрелочные переводы на главных путях располагались на прямых участках пути /1, п.4.53 – 4.54/, однако, такое решение очень неблагоприятно скажется на условиях эксплуатации разъезда /2, с.158-159/.

Для окончательного вердикта – плохо запроектировано или нет - нам не хватает общей картины данного участка. Если бы была

1. РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

возможность в данном примере поработать на карте, то мы могли бы рассмотреть несколько вариантов размещения разъезда.

Первый вариант – запроектировать на разъезде прямую и посмотреть - к какому увеличению работ это приведет; может быть, несколько отклониться от кратчайшего направления, но постараться обеспечить хороший план линии.

Второй вариант – предусмотреть на разъезде только одну кривую и так, чтобы горловины располагались на прямых;

Третий вариант – если нет возможности “обойтись” одной кривой – попробовать две, но направленные в одну сторону.

Четвертый вариант – оставить две разнонаправленные кривые, но применить продольную (полупродольную) схему расположения путей, обеспечив расположение каждого из прямо-отправочных путей в пределах одной кривой, а стрелочных переводов – на прямых участках пути.

Пятый вариант – пойти на некоторое ухудшение профиля площадки разъезда и подходов к ней, но выиграть что-нибудь в плане. Ведь допускается располагать разъезды без производства маневровых операций на уклонах (1,5 ‰; 2,5 ‰; даже до 10 ‰ – при условии проверки по $i_{трос}$ ‰, $i_{торм}$ ‰, см. ниже п.1.4.2 и СТН /1, п.4.37/).

Подведем итог. План разъезда – “плохой”, сложный в эксплуатации, но запроектирован “в пределах правил” для сложных топографических условий: радиусы примененных кривых для III категории соответствуют СТН /1, п.4.51/ - не менее 1200 м; прямая вставка между кривыми обеспечена; стрелочные горловины размещены на прямых. Если, действительно, поблизости (3 – 4 км) нет лучшей площадки для размещения разъезда, а удлинение трассы для хорошего размещения разъезда (и связанное с таким удлинением увеличение

строительной стоимости и эксплуатационных расходов) не дает возможности получить выигрыш от улучшения эксплуатационных условий на разъезде (тем более, что в рублях их очень сложно выразить), то следует признать решение, принятое проектировщиком – обоснованным. Он сознательно пошел на ухудшение плана разъезда (в пределах норм СТН), но зато обеспечил хороший профиль на разъезде (что тоже является сложной задачей).

1.4.2. Проектирование продольного профиля раздельного пункта

Наилучший продольный профиль раздельного пункта с остановочным скрещением поездов – площадка, т.е. уклон 0 ‰. И таким должен быть уклон профиля на промежуточной станции *A*, в трудных условиях – 1,5 ‰, в особо трудных – 2,5‰. По всей вероятности, со станцией *A* у Вас не будет особых проблем, т.к. руководитель курсового проектирования старается задавать положение начальной станции *A* в хороших топографических условиях.

Другое дело – разъезд (разъезды). Дело в том, что при необходимости размещения разъезда на напряженном ходу, Вам придется располагать его на уклоне или отклоняться от кратчайшего направления “вдоль горизонтали” таким образом, чтобы можно было расположить разъезд на площадке (на уклоне 0 ‰). Такое отклонение уже при наметке трассы (при прокладывании “циркульного хода” – линии нулевых работ) вполне возможно и, если сделать это заранее, то затем Вам не придется переделывать всю трассу на большом протяжении. Вы сможете немного откорректировать трассу, перенеся площадку разъезда туда, где она необходима по времени хода, см. /6, с.11, рис.6/, /4, п.2.5, рис.2.5, с.40/.

И все-таки, такое отклонение не всегда возможно и не всегда целесообразно (когда вызывает значительное удлинение линии). Поэтому в курсовом проекте *при необходимости* (в трудных условиях) *Вы можете размещать разъезды* (оговорившись в пояснительной записке, что на таких разъездах не предусматривается производство маневровых операций) *на уклонах вплоть до руководящего уклона* (разумеется со смягчением, если это потребуется из-за плана линии). При этом Вам необходимо выбрать – **наименьший из трех уклонов:** $i_{прог}$, ‰, $i_{орм}$, ‰ и $i_{точ}$, ‰ ($i_{точ} = 10$ ‰ – обеспечивает точную остановку поезда, следующего на спуск, в пределах полезной длины приемо-отправочных путей).

Если раздельный пункт расположен на кривой, то из значения $i_{прог}$, ‰, необходимо вычесть $i_{эк}$, ‰, - уклон эквивалентный дополнительному сопротивлению от кривой (о размещении раздельных пунктов на уклонах – см. также часть 2 пособия, п.1.4). Уклон $i_{орм}$ на величину $i_{эк}$, ‰, как правило, не увеличивают – для *повышения надежности удержания поезда тормозами локомотива*.

Для определения уклонов $i_{прог}$, ‰, $i_{орм}$, ‰, Вы можете воспользоваться графиком /2, рис.5.22, с.160/, либо рассчитать их по нижеприведенным формулам из работы /6, формулы (5) и (6), с.20/.

Наибольшая крутизна среднего под поездом приведенного уклона $i_{прог}$, ‰, обеспечивающая трогание его с места, для полновесных поездов может быть определена по формуле

$$i_{прог} = 1,35 \cdot i_p - 3,50 - i_{эк}, \quad (1.4)$$

где i_p – величина руководящего уклона, ‰;

$i_{эк}$ – величина уклона, эквивалентного дополнительному сопротивлению от кривой, ‰, если на раздельном пункте запроектировано несколько кривых, то принимают $i_{эк(ср)}$.

1. РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

Наибольшая крутизна уклона $i_{\text{торм}}$ ‰, обеспечивающего удержание поезда расчетной массы вспомогательными тормозами локомотива, может быть определена по формуле

$$i_{\text{торм}} = 0,45 \cdot i_p + 1,50. \quad (1.5)$$

При одиночной тяге и $i_p \leq 5,5$ ‰ ограничивающим является условие трогания поезда с места (1.4), а при $i_p > 5,5$ ‰ – условие удержания поезда тормозами локомотива (1.5).

При кратной тяге поездов $i_{\text{торм}}$ является ограничивающим при любых значениях i_p и может быть определен по формулам из /6, формулы (7) и (8), с.20/

при двойной тяге

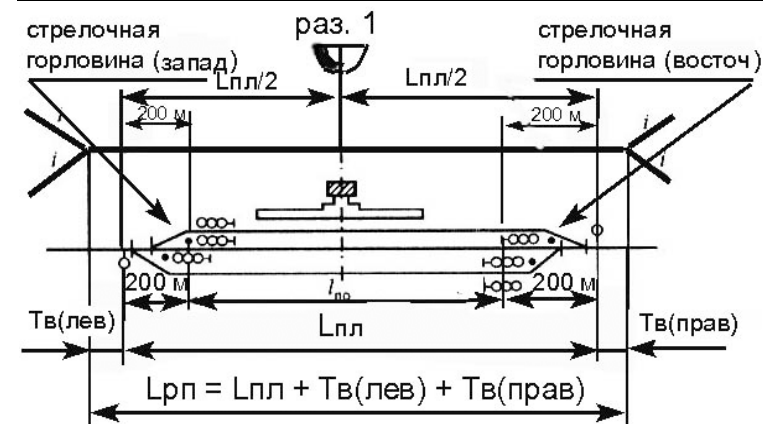
$$i_{\text{торм}} = 0,80 \cdot i_p + 2,30; \quad (1.6)$$

при тройной тяге

$$i_{\text{торм}} = 1,20 \cdot i_p + 2,80. \quad (1.7)$$

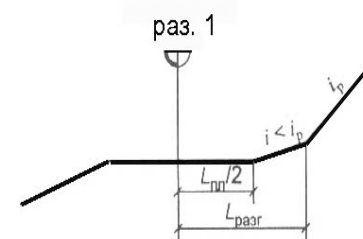
При проектировании продольного профиля раздельных пунктов следует помнить о том, что длина площадки раздельного пункта $L_{\text{пл}}$, определенная по табл.8 СТН /1/, должна быть увеличена в обе стороны от оси на величины тангенсов вертикальных кривых T_e (если они есть) для того, чтобы избежать расположения стрелочных переводов на вертикальных кривых, см. рис.1.3; часть 2 пособия, с.24, /2, с.157/, /11, с.94/.

1. РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ



▲Рис.1.3. Определение длины площадки раздельного пункта с учетом тангенсов вертикальных кривых

Замечание. В данном пункте перечислены лишь некоторые требования к плану и профилю раздельных пунктов. Чтобы не допустить ошибок, Вам необходимо внимательно изучить СТН /1, раздел 4/, учебник /2, п.5.8/ и п. 1.4 части 2 пособия. Если Вам задан электровоз постоянного тока (ВЛ10, ВЛ11, ВЛ82) проверьте длину участка разгона перед затяжным ограничивающим подъемом, рис.1.4, см. также пояснения и формулу (1.1) в части 2 пособия или /2, с.158/, /11, с.97/.



◀Рис.1.4. Схема разгонного участка у раздельного пункта; длина разгонного участка $L_{\text{разг}}$ м, определяется по формуле $L_{\text{разг}} = 4,17 \cdot v_p^2 / (1,1 \cdot i_{\text{огр}} - i_{\text{сп}})$; пояснения см. часть 2 пособия, с.25

1.5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАЗДЕЛУ

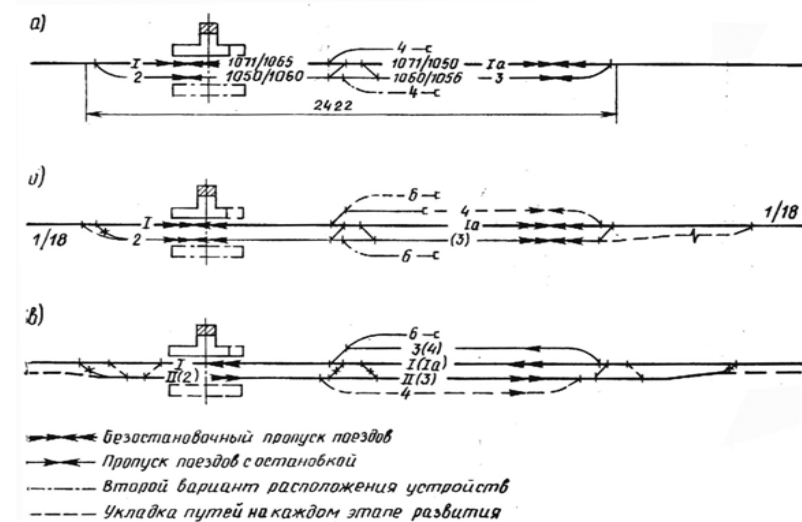
Пятый раздел проекта является очень важным. Если Вы “забудете” разместить раздельный пункт или просто “воткнете” ось разъезда, не позаботившись обо всей площадке (длина, план, профиль), то Вы не обеспечите три важнейших условия: *безопасность, плавность и бесперебойность движения поездов* и, тем самым, поставите под вопрос результат Вашей работы, значительно снизив ее оценку.

Следует добавить, что пятый раздел проекта, конечно, связан с шестым разделом “Размещение искусственных сооружений”. Например, не рекомендуется располагать раздельные пункты с путевым развитием в логах, т.к. это потребует значительных работ по устройству продольных и поперечных водоотводов (труб и канав). Не рекомендуется также размещать раздельные пункты в выемках и на нулевых местах, т.к. это потребует значительных затрат на снегоборьбу; при необходимости такого решения, следует стремиться к расположению трассы в пределах раздельного пункта под углом 90° к направлению преобладающих метелевых ветров (для организации наилучшей защиты от снежных заносов).

Важное замечание. Большое влияние на решение задачи по размещению раздельных пунктов и выбору их схем оказывают климатические, топографические, инженерно-геологические условия района проектирования; размеры, характер, структура и темпы роста грузооборота на расчетные сроки и перспективу. Полный учет этих условий и составление вариантов поэтапного развития (переустройства) раздельных пунктов могут быть заданы в курсовом проекте в качестве элемента УИРС.

Для примера приведем схемы разъездов, которые были рекомендованы ВНИИТС¹⁴ для проектирования на БАМе /36, глава 6/.

На рис.1.5 представлена схема разъездов продольного типа с односторонним расположением приемо-отправочных путей по отношению к главному пути (схема I, вариант 1).



▲ Рис.1.5. Разъезд продольного типа (схема I, вариант 1): а – этап I; б – этап II; в – этап III

На указанной схеме штриховой и штрих-пунктирной линиями показаны:

- на этапе I – варианты расположения тупиков;
- на этапе II – укладка дополнительного приемо-отправочного пути 4, а затем удлинение разъездного пути 3 до длины двухпутной вставки;

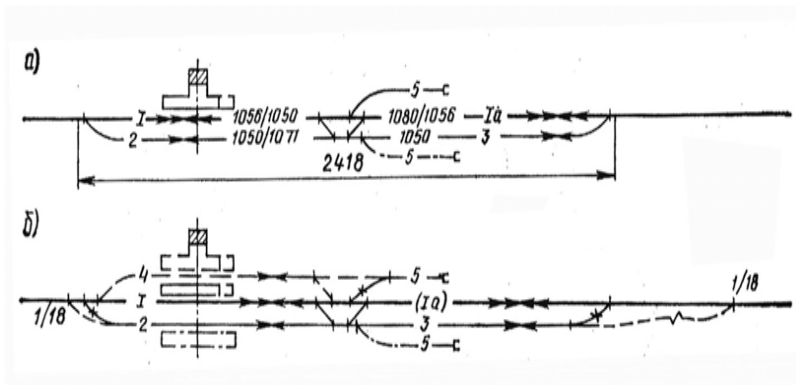
¹⁴ Всесоюзный научно-исследовательский институт транспортного строительства (бывш. ЦНИИС) – ныне Всероссийский научно-исследовательский институт

1. РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

- на этапе III – переустройство разъезда в обгонный пункт поперечного типа с последовательным расположением устройств (платформ) и приемо-отправочных путей для грузового движения.

Предусмотрен следующий порядок скрещения поездов на раздельных пунктах: поезд, прибывающий на разъезд первым, принимают на боковой путь, а встречный поезд пропускают по главному пути с ходу. Примыкание тупика к главному пути, рис.1.5 а, не увеличивает длины площадки (хотя несколько уменьшает полезную длину главного пути l), но увеличивает число стрелок, укладываемых на главном пути. Примыкание тупика к приемо-отправочным путям, рис.1.5 а (пунктир), также имеет недостаток – выход с него возможен, когда свободен путь 2.

Этот недостаток может быть устранен изменением расположения съездов по варианту 2 схемы I, рис.1.6.



▲ Рис.1.6. Разъезд продольного типа (схема I, вариант 2): а – этап I, б – этап II; условные обозначения, см. рис.1.5

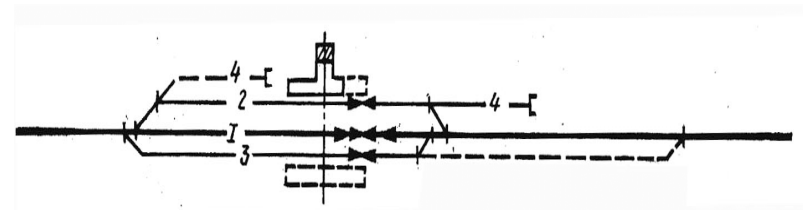
транспортного строительства Корпорации «Трансстрой».

1. РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

Расположение съездов по варианту 2, рис.1.6, дает возможность примыкания тупика к пути 3 с некоторым уменьшением его полезной длины, но так же, как и в варианте 1, без увеличения длины площадки разъезда, обеспечивая при этом прямой выход на главный путь.

Приведенные схемы разъездов рекомендовались для участков магистрали, где земляное полотно отсыпалось сразу под два пути. На таких участках следующим этапом усиления предусматривалось сооружение двухпутных вставок на разъездах. В рекомендованных схемах предусматривалась укладка на главных путях стрелочных переводов марки 1/11, а на приемо-отправочных и прочих – 1/9. Стрелочные переводы пологих марок (1/18) рекомендовались для укладки при сооружении двухпутных вставок. Тупики были необходимы для стоянки снегоочистителей во время пропуска поездов, а также вагонов рабочих поездов или автомотрис. На разъездах, ограничивающих участки подталкивания, кроме указанных тупиков, предусматривались тупики для стоянки подталкивающих локомотивов (локомотивов кратной тяги).

Если на участке не предусматривалось движение сдвоенных поездов и земляное полотно отсыпалось под один путь, то рекомендовалась схема II разъезда с поперечным расположением путей, рис.1.7.



▲ Рис.1.7. Разъезд поперечного типа (схема II); условные обозначения см. рис.1.5

Таким образом, задача размещения раздельных пунктов: определения положения осей; выбора схемы расположения путей;

1. РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

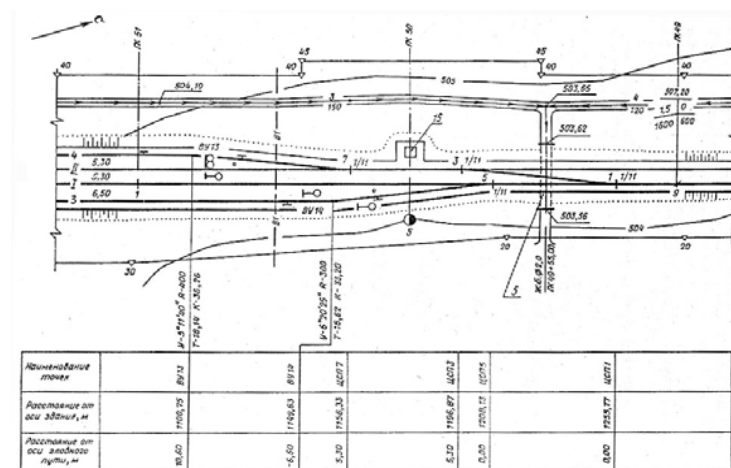
проектирование плана и профиля трассы в пределах площадок раздельных пунктов – это сложная и увлекательная, творческая, многокритериальная, инженерная задача, к которой Вы прикоснетесь в курсовом проекте.

1.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО РАЗДЕЛУ

1. Как определяется положение осей раздельных пунктов при проектировании новой железнодорожной линии?
2. Что такое *расчетное время хода пары поездов по перегону* и *действительное время хода* ?
3. Как определяется приведенный уклон элемента продольного профиля ?
4. Почему расчет действительного времени хода по перегону ведут с учетом *приведенных* уклонов элементов профиля, а не *действительных* – тех которые будут “под колесом”?
5. Какие требования предъявляются в СТН к проектированию плана и продольного профиля площадок раздельных пунктов с путевым развитием? См. /1, раздел 4/.
6. Какие проверки необходимо выполнить при размещении раздельного пункта с путевым развитием на уклоне? См. /2, с.159-161/.
7. Почему площадка (уклон 0‰) является наилучшим решением в продольном профиле для раздельного пункта с путевым развитием?
8. Почему стрелочные горловины рекомендуется располагать в “льготных условиях” плана и профиля и что это за условия?
9. Покажите на рис.1.8: оси главных и приемо-отправочных путей; центры стрелочных переводов; границы полосы отвода;

1. РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

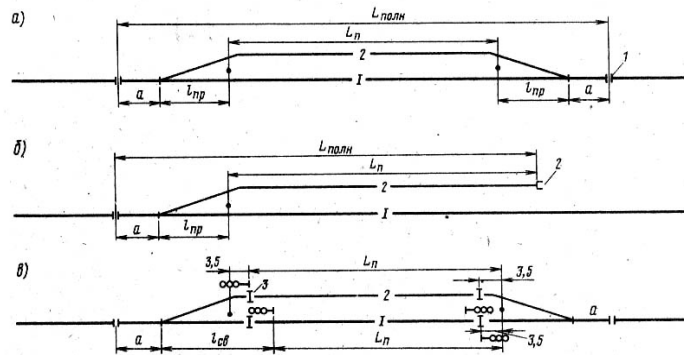
водопрпускную трубу; водоотводную канаву; горизонтали; пикеты; километровый знак; подошвы откосов насыпи.



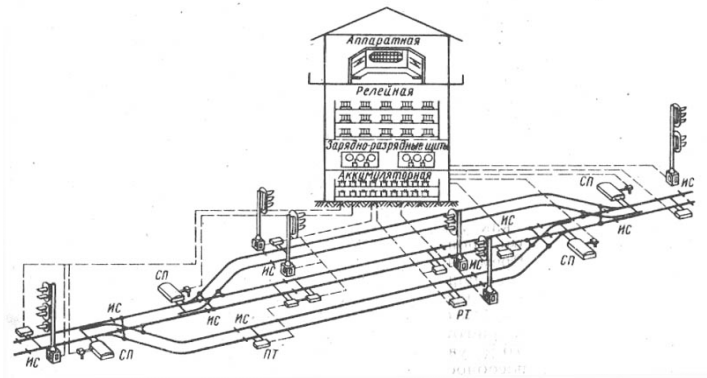
▲ Рис.1.8. Пример оформления плана путевого развития раздельного пункта (фрагмент – нечетная горловина) из /32/

10. Как определить полную и полезную длины сквозного и тупикового пути на путях не оборудованных электрическими рельсовыми цепями (ЭРЦ) и на путях оборудованных ЭРЦ, см.рис.1.9 ? Что обозначено цифрами 1, 2, 3 на этом рисунке? См. /34, с.199/.
11. Покажите на рис.1.10 изолирующие стыки, стрелочные переводы. К какой из схем, изображенных на рис.1.9 относится рис.1.10? Поясните почему? Покажите стрелочную горловину на рис.1.10. Почему к проектированию плана и продольного профиля пути в пределах стрелочных горловин предъявляются повышенные требования?

1. РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ



▲ Рис.1.9. Схемы расположения предельных столбиков, изолирующих стыков и выходных сигналов

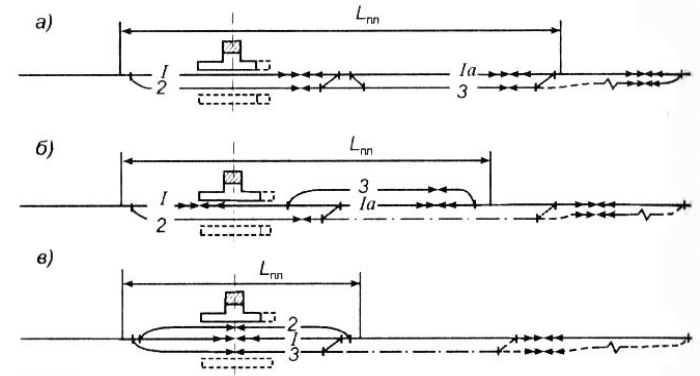


▲ Рис.1.10. Схема оборудования раздельного пункта релейной централизацией

12. На рис.1.11 приведены три различные схемы разъездов. Назовите их. Поясните условные обозначения. Дайте характеристику этим схемам. Какая из этих схем считается основной для применения на новых железнодорожных линиях, где в перспективе предусматривается сооружение двухпутных

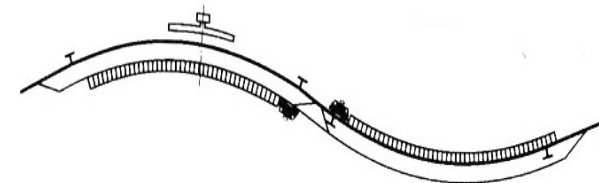
1. РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗДЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

вставок и второго главного пути или организуется пропуск длинносоставных и соединенных поездов? См. /11, с.91-92/.



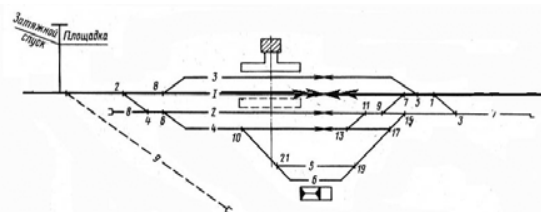
▲ Рис.1.11. Схемы разъездов

13. На рис.1.12 приведена схема разъезда, расположенного на двух обратных кривых. Правильно ли запроектирован план разъезда? Какие радиусы кривых допускается применять при проектировании плана раздельных пунктов? Прямую вставку какой длины следует обеспечить для примера, изображенного на рис.1.12? См. /2, с.158/, /11, с.98/.



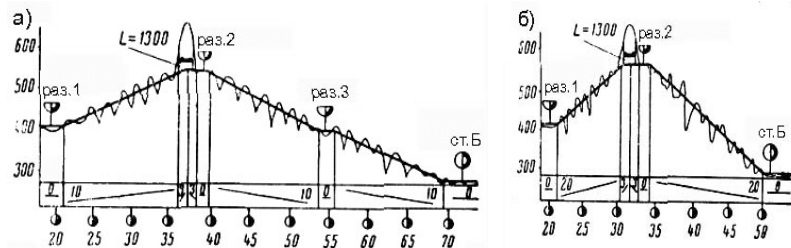
▲ Рис.1.12. Расположение разъезда на обратных кривых

14. На рис.1.13 приведена схема раздельного пункта. Что это за раздельный пункт? Поясните назначение путей и условные обозначения на схеме. См. /34, с.197/.



◀ Рис.1.13. Схема раздельного пункта

15. Почему в примере, изображенном на рис.1.14 по варианту а понадобилось размещать три разъезда и станцию, а по варианту б – только два разъезда и станцию?



▲ Рис.1.14. Два варианта трассы при пересечении горного хребта



Конец раздела
Размещение раздельных пунктов

2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ НА ПОСТОЯННЫХ ВОДОТОКАХ

2.1. ВВЕДЕНИЕ В РАЗДЕЛ

В шестом разделе курсового проекта необходимо выполнить размещение искусственных сооружений¹⁵. Искусственные сооружения (в дальнейшем – ИССО) относятся ко 2-ой подсистеме 1-го порядка, которая называется «Несущие конструкции»¹⁶.

В курсовом проекте основными ИССО, которые Вам потребуется разместить будут: мосты и водопропускные трубы. Возможно также, что Вы столкнетесь с необходимостью размещения путепроводов, переездов, тоннелей, виадуков и эстакад. Размещение других ИССО: подпорных стен, галерей, селеспусков, фильтрующих насыпей, лотков и т.д. (см. прил.2) может быть задано в качестве элемента УИРС.

Размещение искусственных сооружений рассмотрено в трех частях учебного пособия:

- в части 4 – размещение мостов на постоянных водотоках;
- в части 5 – размещение водопропускных сооружений на периодических водотоках;
- в части 6 – размещение тоннелей, виадуков, эстакад, путепроводов и переездов.

¹⁵ Основные типы искусственных сооружений, проектируемые на железных дорогах, представлены в приложении 2 в виде таблицы.

¹⁶ Сложная техническая система «Железная дорога» делится на 9 подсистем 1-го порядка /2, п.1.3/

В настоящем разделе учебного пособия даны рекомендации по размещению мостов на постоянных водотоках, определению их отверстий, назначению схем и выполнению необходимых проверок.

Основные сведения о мостах изложены в приложении 3.

Обоснование выбора балочно-разрезной статической системы и типов пролетных строений, рекомендуемых для составления схем мостов, приведено в приложении 4.

Большое количество иллюстраций (рисунков, фотографий, схем) в данном разделе и в приложениях к нему преследует цель - дать возможность не только познакомиться с основными типами ИССО, но и представить запроектированные варианты трассы вместе с расположенными на них ИССО в виде *трехмерных моделей сложной технической системы «Железная дорога»*¹⁷.

Исходные данные для курсового проекта (контрольной работы) недостаточны для работы на стадии *проекта* и, тем более, *рабочих чертежей* (в курсовом проекте выдается топографическая карта масштаба 1:50000 без инженерно-геологической информации; в задании на проектирование нет данных морфометрических и гидрометрических работ, необходимых для проектирования мостов). Поэтому все проектные решения, принимаемые в данном разделе, носят приближенный характер, допустимый только в учебном проекте для предварительного сравнения вариантов трассы (*технико-экономического обоснования инвестиций*).

Так как работа над курсовым проектом является самостоятельной творческой работой, Вы можете некоторые вопросы по размещению ИССО проработать более подробно (по согласованию с руководителем).

¹⁷ При написании раздела использованы материалы работ /1/ - /37/.

2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОТВЕРСТИЯ МОСТА

Постоянные водотоки обозначены на карте одной или двумя линиями. Перед тем как делать *описание района проектирования* (раздел 2 курсового проекта) следовало обвести все постоянные водотоки (реки и ручьи) синим карандашом (фломастером), см. раздел 2 части 1 пособия.

Общие рекомендации по назначению места мостового перехода (разумеется, они должны быть учтены еще при трассировании) следующие /2, п.8.2, с.269/:

- 1) следует стремиться к наименьшему отклонению места перехода от кратчайшего направления трассы;
- 2) участок русла реки в месте перехода должен быть устойчивым, прямолинейным или представлять собой плавную излучину;
- 3) на участке перехода поймы должны быть узкими, незаболоченными, без озер, проток и староречий;
- 4) ось перехода не следует располагать на перекатном участке реки, в местах образования наледей, заторов льда, в местах, где река имеет рукава или острова;
- 5) следует избегать пересечения рек непосредственно ниже устья притоков;
- 6) ось перехода следует располагать перпендикулярно к направлению руслового и пойменного потоков при расчетном паводке.

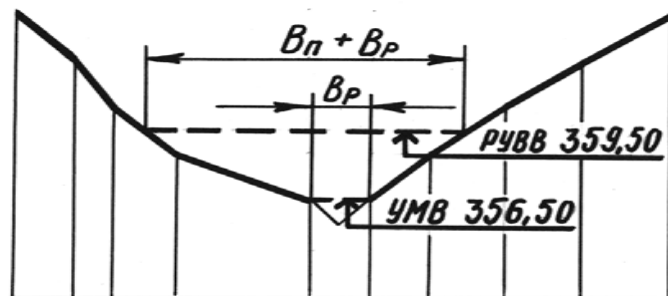
По топографической карте может быть определена ширина реки в уровне меженных (низких) вод (*УМВ*). В курсовом проекте отверстие моста $L_{отв}$, м, может быть определено по *приближенной* формуле из /6, с.24/; см. также

$$L_{отв} = B_p + 0,08 \cdot B_n, \quad (2.1)$$

где B_p – ширина русла реки, измеряемая на уровне меженных вод,

м, т.е. на том уровне, который показан на карте;

B_n – суммарная ширина пойм реки (левой и правой), по границам разлива высоких вод, м.



▲ Рис.2.1. Схема определения ширины русла реки и ширины пойм

На рис.2.1 показана схема определения B_p и B_n . Необходимо на продольном профиле земли по трассе в месте пересечения постоянного водотока (реки или ручья) измерить ширину русла на уровне меженных вод ($УМВ$). Затем провести горизонтальную пунктирную линию на высоте 3 м (для масштабе M_b 1:1000 3 м = 3 мм) от $УМВ$. Эта линия обозначает *расчетный уровень высокой воды* ($ПУВВ$), см. п.18 задания на проектирование в приложении 1 части 1 пособия. Возвышение $ПУВВ$ (всех вероятностей превышения) над $УМВ$ равно 3,00 м задано *условно* одинаковым для всех постоянных водотоков в любом месте их пересечения, для всех типов местности, представленных различными топографическими картами¹⁸. В прил.5 части 1 пособия на схематическом продольном профиле при пересечении р.Кема

¹⁸ Об определении уровней воды различных вероятностей превышения и других гидрологических характеристик при морфометрических и гидрометрических изысканиях мостовых переходов, а также о точных методах расчета отверстий мостов см. /2, глава 8/, /4, п.4.5/, /9, главы 4, 5, 6/, /10, главы 7, 9, 11/.

(ПК2212+50) допущена опечатка: УМВ равен **47,00** (вместо записанных 48,00).

На уровне $ПУВВ$ необходимо из всей ширины разлива реки при высокой воде (см. рис.2.1) равной $(B_n + B_p)$ вычесть величину B_p ; оставшееся значение будет равно суммарной ширине пойм B_n (сторонность пойм: левая или правая – определяется по направлению течения реки, для расчета значения $L_{омв}$ сторонность пойм не имеет значения).

Все расчеты необходимо производить в метрах, учитывая горизонтальный масштаб карты. Необходимо свои измерения B_p и B_n округлять до целых миллиметров и переводить в метры, например, 1мм = 50 м; 2 мм = 100 м и т.д. – при горизонтальном масштабе профиля M_r 1:50000; тогда, минимальная ширина русла реки или ручья, которую можно определить по карте, будет равняться $B_p = 50$ м (1 мм).

Допустим, что для рис.2.1 получены следующие значения: $B_p = 100$ м; $(B_n + B_p) = 550$ м, следовательно, $B_n = (B_n + B_p) - B_p = 550 - 100 = 450$ м. Тогда, минимально необходимое отверстие моста может быть рассчитано по формуле (2.1): $L_{омв} = 100 + 0,08 \cdot 450 = 136$ м.

Напоминаем, что когда Вы определяете отметку $УМВ$ реки по карте, чтобы нанести на профиле границы русла реки, то интерполировать Вам следует *вдоль русла реки*, см. рис.2.2.



▲ Рис.2.2. Определение отметки уровня меженных вод путем интерполяции вдоль русла реки: $УМВ = 356,50$ м

На рис.2.2. показано, как определяется отметка **УМВ** путем интерполяции вдоль русла реки. Если бы Вы приняли отметку **УМВ** = 360,00 м – это было бы ошибкой! Вы необоснованно завысили бы отметку **УМВ**, от которой в проекте ведутся все расчеты. Но тогда и высота подходной (пойменной) насыпи стала бы на 3,50 м выше, чем необходимо, и высота опор тоже и, возможно, длина всего моста стала бы больше. То есть увеличилась бы стоимость всего комплекса мостового перехода. Это увеличение выжалось бы в миллионах рублей! И все из-за одной ошибки при определении отметки **УМВ**. Поэтому будьте особенно внимательны при определении отметок **УМВ** на пересечениях постоянных водотоков.

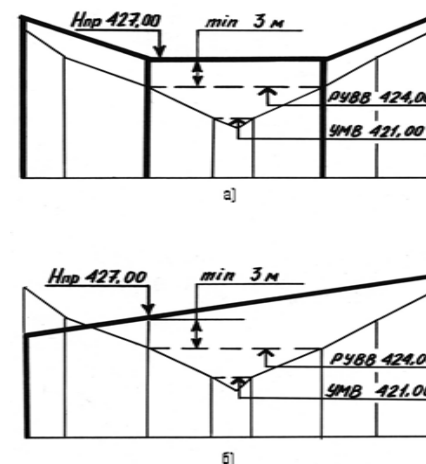
Отметку дна реки Вы определить не сможете. На продольном профиле дно реки следует показать условно на «глубине» примерно 1 – 2 м¹⁹.

2.3. ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ В ПРЕДЕЛАХ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА

Проектная линия должна быть в пределах всей ширины разлива высоких вод **не менее чем на 3 м выше** расчетного уровня высоких вод

¹⁹ Таким образом, непосредственно с карты на продольный профиль «переходит» только одна отметка – отметка уреза воды («зеркала воды») на уровне меженных вод – отметка **УМВ** (интерполировать следует вдоль русла реки, с учетом его извилистости, с точностью до см, как и отметки земли на профиле). Высота подходной насыпи к мосту h_n рассчитывается от отметки **УМВ** до проектной линии. Отметка дна реки не определяется (поперечный профиль реки изображается условно). Отметка расчетного уровня высокой воды **РУВВ** берется условно на 3 м выше **УМВ**, чертится и подписывается на продольном профиле (с ее помощью определяется ширина разлива реки при высокой воде, границы получают графически на продольном профиле). На некоторых учебных картах с индексом «м» (мостовики) показан створ моста и на врезке дан профиль по створу с таблицей уровней высоких вод за 15-летний период. Не обращайтесь на эти данные. Если только Ваша трасса пересечет реку именно по этому створу, Вы можете

РУВВ, который должен быть показан на продольном профиле, см. рис.2.3.



◀Рис.2.3. Варианты проектной линии в пределах мостового перехода и минимальное превышение проектной отметки $H_{пр}$ над отметкой расчетного уровня высоких вод **РУВВ**: а – на площадке; б – на уклоне

Тогда будут выполнены два основных условия, обеспечивающие безопасность, бесперебойность и плавность движения поездов в пределах мостового перехода:

- 1) низ пролетного строения на несудоходных и несплавных реках должен возвышаться над уровнями высоких вод (расчетным **РУВВ** и наибольшим **НУВВ**) соответствующих вероятностей превышения, а также над наивысшим уровнем ледохода **НУЛ** не менее, чем на наименьший требуемый запас;
- 2) минимальная отметка бровки земляного полотна в пределах возможного разлива реки должна возвышаться не менее чем на 0,5 м над наибольшим уровнем высокой воды соответствующей вероятности превышения с учетом максимального подпора воды перед насыпью, ветрового нагона и наката волны на откос насыпи.

воспользоваться отметкой **УМВ** (проверьте интерполяцию отметок, т.к. у Вас мог быть изменен масштаб карты и сечение горизонталей).

Соответствующие пояснения, формулы и рисунки приведены в работах: /2, п.8.7/, /9, п.2.3/, /10, п.12.1/, /11, п.5.4/.

Ниже приведены формулы для расчета минимально допустимой отметки проектной линии на мосту для несудоходных и несплавных рек $H_{min(uc)}$ в соответствии с работой /10, п.12.1, формулы (12.2) - (12.4), с.395/.

$$H_{min(uc)} = PУВВ_{p\%} + M_{PУВВ} + c - d, \quad (2.2)$$

$$H_{min(uc)} = HУВВ_{p\%} + M_{HУВВ} + c - d, \quad (2.3)$$

$$H_{min(uc)} = УВЛ_{p\%} + M_{УВЛ} + c - d, \quad (2.4)$$

где $PУВВ_{p\%}$, $HУВВ_{p\%}$, $УВЛ_{p\%}$ - расчетный, наивысший уровни высокой воды и уровень высокого ледохода соответствующих $p\%$ - ных вероятностей превышения, м;
 $M_{PУВВ}$, $M_{HУВВ}$, $M_{УВЛ}$ - нормируемые возвышения низа пролетных строений над соответствующими уровнями, м;
 c - наибольшая строительная высота пролетного строения моста, отсчитываемая от низа конструкции в полете до подошвы рельса на мосту, м;
 d - разность отметок бровки земляного полотна подходной насыпи и подошвы рельса на мосту, м.

В курсовом проекте приняты такие значения величин c , м, и d , м, входящих в формулы (2.2) - (2.3), чтобы обеспечить выполнение требуемых запасов M при худшем сочетании c и d , возможном в проекте.

Значения нормируемых возвышений M (на железных дорогах общей сети) приняты для условий: глубина подпертой воды свыше 1 м, на реке нет заторов льда, карчехода и селевых потоков /10, табл.12.1, с.397/).

Максимальная строительная высота принята для балочного пролетного строения из предварительно напряженного железобетона полной длиной $l_n = 34,20$ м, $c_{max} = 2,94$ м /12, прил.1, с.30/.

Разность отметок бровки подходной насыпи и подошвы рельса на мосту d_{min} , м (минимально возможная в курсовом проекте - рассчитана для условий проектирования железнодорожной линии IV категории):

- для деревянных шпал III типа /13, рис.1.4.58, с.191/ $d_{шп} = 0,15$ м;
- при гравийно-песчаном балласте без песчаной подушки /1, табл.13/ $d_{бал} = 0,30$ м;
- для земляного полотна однопутной линии с трапециевидальной сливной призмой /1, п.5.12/ $d_{сл.п.} = 0,15$ м;

откуда $d_{min} = 0,15 + 0,30 + 0,15 = 0,60$ м.

Таким образом, были приняты или рассчитаны следующие значения и превышения, входящие в формулы (2.2) - (2.4), все величины выражены в метрах:

- 1) $HУВВ_{max} = PУВВ + 0,50$ (принято одинаковым для всех рек);
- 2) $УВЛ_{max} = PУВВ - 0,50$ (принято одинаковым для всех рек);
- 3) $M_{PУВВ} = 0,50$;
- 4) $M_{HУВВ} = 0,25$;
- 5) $M_{УВЛ} = 0,75$;

6) $c_{max} = 2,94$;

7) $d_{min} = 0,60$.

Следовательно, расчетные формулы (2.2) – (2.4) могут быть переписаны в виде

$$H_{min(uc)} = PУВВ_{p\%} + M_{PУВВ} + c - d = PУВВ_{p\%} + 0,50 + 2,94 - 0,60 = PУВВ_{p\%} + 2,84, \quad (2.5)$$

$$H_{min(uc)} = HУВВ_{p\%} + M_{HУВВ} + c - d = PУВВ_{p\%} + 0,50 + 0,25 + 2,94 - 0,60 = PУВВ_{p\%} + 3,09, \quad (2.6)$$

$$H_{min(uc)} = УВЛ_{p\%} + M_{УВЛ} + c - d = PУВВ_{p\%} - 0,50 + 0,75 + 2,75 - 0,60 = PУВВ_{p\%} + 2,59. \quad (2.7)$$

Так как из рассчитанных по формулам (2.5) – (2.7) отметок $H_{min(uc)}$ следует выбирать наибольшую, то минимальный «запас» проектной линии на мосту над расчетным уровнем высоких вод должен быть не менее 3,00 м, см. формулу (2.6) – округленно с учетом неточности масштаба карты.

Для выполнения второго требования – незатопления бровки земляного полотна – расчеты минимальной отметки проектной линии на поймах $H_{min(n)}$ следует выполнять по формуле /2, формула (8.16), с.294/

$$H_{min(n)} = HУВВ_{p\%} + z + h_{н.в.} + 0,5, \quad (2.8)$$

где z – величина подпора воды перед мостом, м;

$h_{н.в.}$ – высота наката волны на откос насыпи, м.

Величина подпора (при отсутствии струенаправляющих дамб) определяется по формуле /2, п.8.7, с.296, рис.8.34 б/

$$z = z' + i_e (l - L_{омб}), \quad (2.9)$$

где z' – возвышение гребня подпора в продольном направлении

над бытовым уровнем воды, м;

i_e – уклон подпертого потока вдоль земляного полотна с верховой стороны перехода, м;

l – расстояние от точки пойменной насыпи, где требуется определить отметку бровки земляного полотна, до речной грани ближайшего устоя моста, м;

$L_{омб}$ – отверстие моста в свету, м.

Величина z' может быть определена по формуле /2, формула (8.13), с.285/

$$z' = \eta \cdot v_m^2, \quad (2.10)$$

где η – коэффициент, зависящий от доли расчетного расхода, пропускаемого поймами;

v_m – средняя скорость течения воды под мостом, м/с.

Для определения необходимого «запаса» над отметкой $HУВВ_{p\%}$, который можно было бы рекомендовать в курсовом проекте для расчета минимальной отметки проектной линии на поймах, условно приняты следующие значения величин, входящих в формулы (2.9) и (2.10):

1) $\eta = 0,14$, согласно /2, с.285/;

2) $v_m = 2,00$ м/с, согласно /14, с.283/;

3) $i_e = 0,0003$ ‰, согласно /14, с.289/;

4) $l = 3L$; согласно /2, рис.8.34 б/;

5) $L_{омб} = 600$ м; приблизительное отверстие моста для больших рек, которые могут встретиться на некоторых учебных топографических картах.

Подставив данные значения в (2.10) и в (2.9), получим $z = 0,92$ м. Это значение подпора условно принимается равным для всех рек и ручьев, что является большим упрощением, допустимым лишь в курсовом проекте.

Высота наката волны на откос насыпи для предварительных расчетов может быть принята $h_{н.в.} = 1,00$ м, по работе /2, табл.8.2, рис.8.36, с.296/ при следующих значениях параметров:

- 1) разгон волн равен 0,8 км;
- 2) скорость ветра равна 20 м/с;
- 3) средняя глубина воды на пойме равна 2 м;
- 4) крутизна откоса насыпи составляет 1:3 (принято самое пологое значение);
- 5) тип укрепления насыпи – бетонирование.

Следовательно, формула (2.8) примет вид (с учетом принятого ранее соотношения $HУВВ_{max} = PУВВ + 0,50$):

$$H_{min(n)} = HУВВ_{p\%} + z + h_{н.в.} + 0,50 = PУВВ_{p\%} + 0,50 + 0,92 + 1,00 + 0,50 = PУВВ_{p\%} + 2,92. \quad (2.11)$$

Таким образом, в пределах всей ширины разлива высоких вод в соответствии с (2.11)- округленно, проектная линия должна возвышаться над $PУВВ$ не менее чем на 3,00 м. Отметку $PУВВ$ необходимо подписывать на продольном профиле в каждом месте пересечения постоянного водотока.

На рис.2.62 (см. выше) показаны два варианта проектной линии в пределах мостового перехода и минимальное превышение проектной отметки H_{np} над $PУВВ$, что соответствует выведенным нами формулам (2.6) и (2.11) – округленно.

При обеспечении запаса в 3 м над $PУВВ$ (для принятых выше допущений) будут выполнены оба требования, предъявляемые к проектной линии в пределах мостового перехода:

- 1) возвышение низа конструкции над уровнями высокой воды (расчетным и наивысшим) и наивысшим уровнем ледохода (конструктивное требование – учитывает то обстоятельство, что пролетные строения свободно лежат на опорных частях и могли бы быть повреждены напором воды,

плывущими предметами, льдом или даже сдвинуты, опрокинуты);

- 2) возвышение бровки земляного полотна над наивысшим уровнем высокой воды (гидравлическое требование – по условию защиты земляного полотна от размыва при переливании высокой воды в наводок, когда значительно возрастают скорости течения, а следовательно, размывающая способность водного потока).

2.4. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ МОСТА

После того, как намечена проектная линия в пределах мостового перехода (выше $PУВВ$ не менее, чем на 3,00 м) следует определить схему моста: выполнить разбивку моста на пролеты и выбрать типы пролетных строений.

В курсовом проекте рекомендуется следующая последовательность определения схемы моста.

1. По продольному профилю определяют высоту насыпи возле устоев моста. Для этого от геометрической середины русла реки откладывают в обе стороны величины $L_{отк} / 2$, м. Графически (с точностью до 1,00 м = 1мм на миллиметровке) определяют высоты насыпи по концам моста (вычитая из проектных отметок отметки земли), складывают их и делят пополам. Полученная величина и будет средней высотой насыпи возле устоев моста h_n , м.
2. Задаются числом пролетов моста. Число пролетов n назначают нечетным, чтобы в средней, предположительно, самой глубокой части реки не было промежуточных опор. Все пролетные строения принимают одинаковой длины.

Статическая схема – балочная разрезная. Устои принимают обсыпные с постоянной крутизной откоса 1:1,5. Обоснование рекомендуемой балочно-разрезной системы см. прил.4 пункт П.4.3.

3. По приближенным формулам рассчитывают два значения минимально необходимой полной длины пролетных строений $l_{n(min)}$, м, в зависимости от определенной средней высоты насыпи возле устоев h_n , м, назначенного числа пролетов n и потребного отверстия моста $L_{омс}$, м:

- 1) исходя из условия обеспечения потребного отверстия моста в свету между откосами конусов уклоном 1:1,5 (при ширине устоев по фасаду $l_y = 4,00$ м – каждый устой) на отметке **ПУВВ** (ниже низа пролетных строений на 1,00 м) за вычетом суммарной ширины промежуточных опор (шириной по фасаду $l_{оп} = 3,00$ м – каждая опора), без учета суммарной величины деформационных зазоров:

$$l_{n(min)Loms} = (L_{омс} - 6 + 3 \cdot n) / n, \quad (2.12)$$

- 2) исходя из условия обеспечения необходимого уклона откосов конусов обсыпных устоев, равного 1:1,5 при высоте насыпи h_n , м и ширине главного русла реки на уровне меженных вод B_p , м :

$$l_{n(min)Bp} = (B_p + 3 \cdot h_n - 6) / n. \quad (2.13)$$

Пояснение. Из двух значений минимально необходимой полной длины пролетного строения $l_{n(min)}$, м, определенной по формулам (2.12) и (2.13), *следует выбрать большее значение.*

Для условий примера, рассмотренного выше: $L_{омс} = 136$ м, $n = 3$, $B_p = 100$ м; $h_n = 6,00$ м расчет будет следующим:

по формуле (2.12)

$$l_{n(min)Loms} = (L_{омс} - 6 + 3 \cdot n) / n = (136 - 6 + 3 \cdot 3) / 3 = 46,30 \text{ м};$$

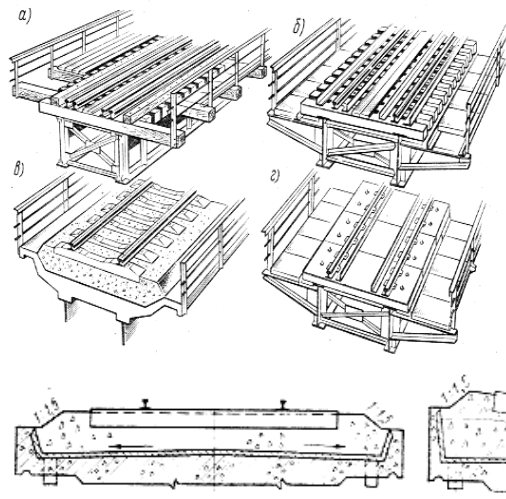
по формуле (2.13)

$$l_{n(min)Bp} = (B_p + 3 \cdot h_n - 6) / n = (100 + 3 \cdot 6,00 - 6) / 3 = 37,30 \text{ м}.$$

Следовательно, *необходимо подобрать пролетные строения полной длиной не менее 46,30 м.*

4. Для выбора типа и длины пролетного строения используют приложения 5 – 8, в которых указаны типы пролетных строений и некоторые их характеристики из /12, прил.1/, /15, прил.1 – прил.7/ и /16, прил.2, с.30/. В соответствии с работой /15, с.8/ и СТН /1/ могут быть даны следующие *рекомендации*:

- 1) так как на всех постоянных водотоках в районе проектирования (на всех реках и ручьях, указанных на карте сплошными линиями) условно принято, что *возможен средний ледоход* с толщиной льда от 0,5 до 1,0 м, то длины пролетных строений должны приниматься *не менее 15,00 м*;
- 2) при высотах насыпи *свыше 10 м* следует применять пролетные строения *большой длины*, назначая небольшое число пролетов;
- 3) если при проектировании плана трассы в месте перехода необходимо запроектировать кривую, то следует учесть, что *мосты с ездой по балласту* (приложения 5, 6, 7) *разрешается располагать в плане на кривых радиусом не менее 300 м*, а *мосты с ездой по деревянным поперечинам* (прил.8) – *должны быть расположены только на прямых участках пути*, т.к. на них сложно обеспечить требуемое возвышение наружного рельса, см. рис. 2.4 и 2.5;
- 4) если на мосту необходимо запроектировать уклон круче 4 ‰ или вертикальную кривую, то необходимо использовать *только пролетные строения с ездой по балласту*, рис.2.5, т.к. на них допускается применение уклонов вплоть до ограничивающих, а за счет регулирования толщины балласта под шпалами может быть устроено плавное изменение положения головки рельса в вертикальной плоскости, необходимое при устройстве вертикальных кривых, и, что важно, продольный профиль головок рельсов в виде такой вертикальной кривой на мосту несложно поддерживать в проектном положении при текущем содержании и ремонтах пути.



▲ Рис. 2.4. Конструкции железнодорожного пути на металлических мостах с пролетными строениями – сплошными главными балками с ездой сверху: а – по деревянным поперечинах (мостовым брусьям), б – по же, в – по балласту, уложенному в железобетонное балластное корыто, г – по мостовым железобетонным плитам

▲ Рис. 2.5. Поперечное сечение железобетонного балластного корыта с верхним строением пути: а – балластная призма на прямом участке пути, б – балластная призма на кривой (выполнено возвышение наружного рельса)

Пояснения к методике составления схемы моста.

Казалось бы, для условий примера, при $l_{n(min)L_{омб}} = 46,30$ м можно выбрать комбинированные железобетонные пролетные строения с ездой понизу с полной длиной $l_n = 55,80$ м (см. прил. 7).

Но, принимая во внимание то обстоятельство, что в прил. 7 есть типовые пролетные строения длиной *немного меньше* минимально потребной $l_{n(min)L_{омб}} = 46,30$ м, а также учитывая рекомендации /15, с. 9/ о том, что отверстие моста может отличаться от определенного по формуле (2.1) не более чем на 8%, *следует рассмотреть вариант*: пролетные строения того же типа, но меньшей длины $l_n = 44,80$ м (см. прил. 7).

Тогда, отверстие моста $L_{омб(обеспеч)}$, м, которое будет обеспечено при выбранной схеме (числе пролетов n и полной длине пролетных строений l_n , м) может быть определено по формуле

$$L_{омб(обеспеч)} = (l_n - 3) \cdot n + 6. \quad (2.14)$$

Подставим возможные варианты l_n , м, в формулу (2.14)

$$1) L_{омб(обеспеч)1} = (l_{n1} - 3) \cdot n + 6 = (55,80 - 3) \cdot 3 + 6 = 164,40 \text{ м};$$

$$2) L_{омб(обеспеч)2} = (l_{n2} - 3) \cdot n + 6 = (44,80 - 3) \cdot 3 + 6 = 131,40 \text{ м}.$$

Как видим, первый вариант обеспечивает необходимое отверстие моста $L_{омб(обеспеч)1} = 164,40 \text{ м} > L_{омб} = 136,00 \text{ м}$; а второй вариант не обеспечивает $L_{омб(обеспеч)2} = 131,40 \text{ м} < L_{омб} = 136,00 \text{ м}$. Это не означает, что от второго варианта, который может дать экономию в строительной стоимости, следует сразу же отказаться.

Выполним *проверку допустимости применения подобранной схемы моста* для второго варианта (с пролетными строениями меньшей длины $l_{n2} = 44,80$ м, обеспечивающими отверстие моста равно $L_{омб(обеспеч)2} = 131,40$ м) по формуле, отражающей *требование*: относительная разница между отверстиями моста необходимым $L_{омб}$ и обеспеченным подобранной схемой $L_{омб(обеспеч)}$ не должна превышать 8% $|(L_{омб} - L_{омб(обеспеч)}) / L_{омб}| \leq 0,08$, $|(L_{омб} - L_{омб(обеспеч)2}) / L_{омб}| = |(136,00 - 131,40) / 136,00| = 0,03 < 0,08$.

Таким образом, для условий примера *может быть принята следующая схема моста*: трехпролетный мост с комбинированными пролетными строениями (арка с затяжкой) из предварительно напряженного железобетона $l_n = 44,80$ м (см. прил. 7), езда понизу по балласту, статическая схема – разрезная балочная (арочная внешне безраспорная), схема моста $3 \times 44,80$ ²⁰.

²⁰ В одних работах в обозначении схемы моста указывают расчетные пролеты (расстояния между центрами опорных частей) /16, с. 24/, /34, с. 58/. В других работах

Длина моста L_m , м между наружными (задними) гранями устоев (при ширине устоев по фасаду равной $l_y = 4,00$ м; без учета величины деформационных зазоров между пролетными строениями) может быть определена по формуле

$$L_m = n \cdot l_n + 2 \cdot l_y = n \cdot l_n + 8. \quad (2.16)$$

Тогда, для условий примера (после расчета по формуле (2.16) следует округлить длину моста до целых метров в большую сторону):

$$L_m = n \cdot l_n + 8 = 3 \cdot 44,80 + 8 = 142,40 \sim 143 \text{ м}$$

Следует учесть, что при выборе пролетных строений с ездой по поперечинам (прил.8) необходимо убедиться, что мост расположен на прямом участке пути, на площадке (или на уклоне не круче 4 ‰), причем, на мосту не должно быть переломов профиля, для которых предусматривается устройство вертикальных кривых, т.к. при езде по деревянным поперечинам кривую в вертикальной плоскости выполнить (и содержать) очень сложно.

Для того, чтобы проверить названные условия необходимо на продольном профиле от геометрической середины реки отложить расстояния, равные половине длины моста $L_m / 2$, определенной по формуле (2.16), в обе стороны (в масштабе), причем сумма длин устоев не вычитается из L_m , а идет в запас (хотя, в пределах устоев путь, как правило, укладывают на балласте). Определив таким образом границы моста, следует убедиться в выполнении требований к плану и профилю трассы в пределах моста²¹.

в схеме моста указывают полные длины пролетных строений /2, с.261/, /11, с.196/. В данном учебном пособии в схемах мостов указаны полные длины пролетных строений.

²¹ Ранее при определении средней высоты насыпи у моста h_n , м (см. первый пункт последовательности составления схемы моста) границы моста были определены через величину $L_{омс} / 2$, а не через величину $L_m / 2$. Новые, уточненные границы моста, конечно, повлияют на высоту насыпи и тем сильнее, чем больше уклоны

В случае, если при расчете по формулам (2.12) и (2.13) большее значение получилось по формуле (2.13) - $l_{n(min)Bp}$, и Вы решили попробовать ближайшее, но более короткое пролетное строение, то проверку следует выполнять по нижеприведенной формуле, аналогичной (2.15)

$$|(B_p - B_{p(обесеч)}) / B_p| \leq 0,08, \quad (2.17)$$

где $B_{p(обесеч)}$ – ширина главного русла реки “обеспечиваемая” при выбранной схеме моста, м; определяется по формуле (2.18)

$$B_{p(обесеч)} = l_n \cdot n - 3 \cdot h_n + 6. \quad (2.18)$$

Убедившись по формуле (2.17) в том, что подобранная схема моста при средней высоте насыпи h_n , м обеспечивает допустимую «погрешность» в пределах 8%, расчет L_m следует выполнять по той же формуле (2.16).

В прил.9 даны рекомендации по составлению схем моста; приведены примеры составления различных вариантов схемы для одних и тех же исходных данных; приведены рисунки мостов таких схем, которые могут быть запроектированы в курсовом проекте.

поверхности земли по оси мостового перехода. Однако, в курсовом проекте допускается оставлять подобранную схему моста без изменения. Следует лишь представлять, что последовательность определения схемы моста, рекомендованная в курсовом проекте, весьма приближительна. В реальной практике составления схем мостов используют подробные профили земли по оси мостового перехода в масштабах от 1:500 до 1:100 (сравните – в данном проекте горизонтальный масштаб 1:50000), совмещенные с инженерно-геологическими профилями. Разбивку моста на пролеты выполняют попытками, назначая несколько вариантов и выбирая лучший на основе технико-экономического сравнения. Учитывая ограниченный объем времени, отводимый в данном курсовом проекте на решение задачи по составлению схемы моста, а также большое количество таких задач в отдельных проектах (на некоторых картах нанесена очень развитая гидрографическая сеть) рекомендуется использовать приведенную выше приближенную последовательность определения схем мостов без определения «новой» высоты насыпи (через длину моста, $L_m / 2$). Некоторая погрешность в определении длины моста идет в запас, в чем легко убедиться по формуле (2.13).

2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ НА ПОСТОЯННЫХ ВОДОТОКАХ

2.5. ЗАПОЛНЕНИЕ ВЕДОМОСТИ МОСТОВ

После размещения мостов на постоянных водотоках заполняют ведомость мостов, табл.2.1. Опоры всех мостов принимаются на естественном основании, конуса обсыпные. Статическая система – балочно-разрезная или комбинированная (арка с затяжкой). В четырех строках табл.2.1 приведены результаты расчетов по примеру, рассмотренному выше, и по трем примерам из прил.9, отметки для которых приняты условно.

Таблица 2.1

Ведомость мостов через постоянные водотоки по 1-му варианту трассы

№	ПК оси моста	Ширина русла B_p , м	Отметка уровня меженных вод $УМВ$, м	Отметка расчетного уровня высоких вод $РУВВ$, м	Потребное отверстие $L_{омв}$, м	Средняя высота насыпи возле устоев моста h_n , м	Минимально допустимая отметка в пределах мостового перехода $H_{min(m.n.)}$, м	Минимальная отметка проектной линии в пределах мостового перехода $H_{np(min)}$, м	Схема моста и конструкция мостового полотна	Длина моста L_m , м	Радиус кривой на мосту R , м	Продольный профиль на мосту, ‰	Вертикальная кривая на мосту
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	35 +00	100	421,00	424,00	136	6,00	427,00	427,25	ЖБМ 3× 48,80 езда понизу на балласте	143	800	6	+

2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ НА ПОСТОЯННЫХ ВОДОТОКАХ

2	56 +50	50	365,50	368,50	66	18,00	371,50	383,10	ММ 1× 111,14 езда понизу на поперечи нах	120	-	0	-
3	120 +00	50	342,00	345,00	66	18,00	348,00	360,10	ЖБМ 3× 34,20 езда поверху на балласте	111	1000	8,3	-
4	347 +50	50	358,00	361,00	66	18,00	364,00	372,40	ЖБМ 2× 55,80 езда понизу на балласте	120	1200	8,4	-

Пояснения к табл.2.1.

Графа №1. Нумерация постоянных водотоков, начиная от оси ст.А – ПК00+00.

Графа №2. Пикетаж оси моста принимается по середине русла реки и округляется кратно масштабу, т.е. кратно 50 м.

Графа №3. Ширина русла реки B_p , м, определяется по карте, см. п.2.2 пособия.

Графа №4. Отметка уровня меженных вод $УМВ$, м, определяется по карте и подписывается на продольном профиле, см. п.2.2 пособия.

Графа №5. Отметка расчетного уровня высоких вод $РУВВ$, м, принимается на 3,00 м выше отметки $УМВ$, м, обозначается на продольном профиле, см. п.2.2 и рис.2.1.

Графа №6. Потребное отверстие моста $L_{омв}$, м, определяется по формуле (2.1).

Графа №7. Средняя высота насыпи возле устоев моста h_n , м, определяется графически с использованием величины $L_{омв}/2$, м, см. п.2.4.

Графа №8. Минимально допустимая отметка в пределах мостового перехода $H_{min(m.n.)}$, м, определяется по формуле: $H_{min(m.n.)} = РУВВ + 3,00$, м, см. п.2.3. Эта отметка показывает самую нижнюю границу, ниже которой проектная линия не должна опускаться в пределах мостового перехода, т.е. в пределах разлива высоких вод, на которые указывает $РУВВ$, обозначаемый на профиле.

Графа №9. Минимальная отметка проектной линии в пределах мостового перехода $H_{np(min)}$, м, определяется по продольному профилю в пределах разлива высоких вод. Если $H_{np(min)} \geq H_{min(m.n.)}$, то будут выполнены оба требования, предъявляемые к проектной линии в пределах мостового перехода, см. п.2.3.

Графа №10. Статическая система мостов в курсовом проекте принята балочно-разрезная или комбинированная (арка с затяжкой) разрезная, см. прил.3, 4. Схема моста записывается в виде:

- **ЖБМ** (железобетонный мост), или **ММ** (металлический мост) – в зависимости от материала пролетных строений, из которых составлена схема моста;
- далее, $n \times l_n$, где n – число пролетов моста, l_n – полная длина одного пролетного строения, м, см. примеры в п.2.4 и прил.9;
- конструкция мостового полотна выписывается из прил. 5 – 8.

Графа №11. Длина моста L_m , м определяется по формуле (2.16) и округляется до целых метров в большую сторону.

Графа №12. Радиус кривой на мосту выписывается с продольного профиля (из графы «Прямые и кривые в плане»). Необходимо выписать только одно значение радиуса, самое минимальное, которое используется в пределах моста (об определении границ моста см. п.2.4). Данная графа служит для контроля: если конструкция мостового полотна типового пролетного строения, принятого в схеме моста, с ездой на балласте, то радиус кривой *может быть не менее 300 м*; если с ездой на поперечинах – то *только прямая* (в таблице ставится прочерк), см. /1, п.8.5/.

Графа №13. С продольного профиля выписывается наибольшее значение действительного уклона на мосту, ‰. Графа служит для контроля: если езда на балласте, то *максимально допустимый уклон на мосту $i_{max(m)} \leq i_p$, ‰, или $i_{max(m)} \leq (i_{ор}), ‰$* ; если езда на поперечинах, то $i_{max(m)} = 4 ‰$, см. /1, п.8.5/.

Графа №14. Если в пределах моста есть перелом продольного профиля, который потребует устройства вертикальной кривой, то в графе ставится знак «+», если такого перелома на мосту не запроектировано, то ставится знак «-». Контроль: на мостах с ездой на поперечинах проектирование вертикальных кривых не разрешается, а переломы продольного профиля, требующие устройства вертикальных кривых должны располагаться от концов пролетных строений таких мостов на расстоянии не менее тангенса вертикальной кривой T_e , м, см. /1, п.4.5/.

2.6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАЗДЕЛУ

Из второго раздела четвертой части учебного пособия Вы узнали: как определять отверстие моста; какие требования предъявляются к проектной линии в пределах мостового перехода, а также к плану трассы на мосту; как определять схему моста.

Надеемся, что Вы хорошо усвоили материал пособия. Однако, нам бы хотелось, чтобы Вы не просто ограничились размещением мостов в проекте по предложенной упрощенной схеме, но и обратили внимание на серьезные монографии и нормативные документы по этому вопросу, в которых *проблема изысканий и проектирования мостовых переходов* (в работах: /2/, /9/-/11/, /14/, /24/, /28/-/30/, /35/-/37/) и *проблема*

проектирования мостов (в работах: /17/, /19/-21/, /23/, /31/) *рассмотрены без скидок на условности курсового проектирования.*

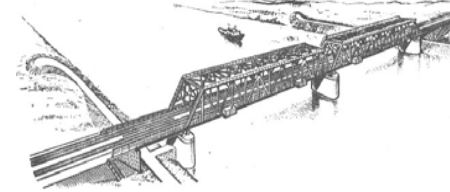
Одним из серьезных упрощений в курсовом проекте является условие, сформулированное таким образом: «Все реки в пределах карты несудоходные и несплавные»²², что позволяет рассчитывать запас над расчетным уровнем высоких вод, см. формулы (2.2) – (2.4), определяя минимальную отметку на мосту без учета подмостового габарита.

Для судоходных рек минимальная отметка на мосту $H_{min(c)}$, м, определяется с учетом отметки расчетного судоходного уровня (**PCY**) и высоты подмостового габарита h , м, зависящего от класса внутреннего водного пути, по формуле /10, с.394/

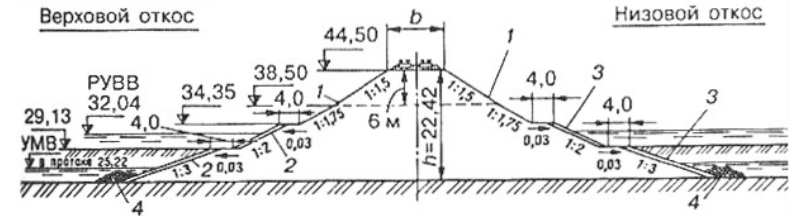
$$H_{min(c)} = PCY + h + c - d. \quad (2.19)$$

Сложность проектирования моста на судоходной реке заключается, конечно, не в определении отметки по формуле (2.19), а в составлении схемы моста и поиске оптимальной проектной линии в пределах всего мостового перехода /2, рис.8.34, с.295/, /9, рис.2.10, с.46/. Следует таким образом подбирать пролетные строения, чтобы обеспечить требуемые высоту и ширину судового хода в пределах одного-двух судоходных пролетов, рис.2.13, 2.15, 2.16 и при этом сэкономить на стоимости подходной насыпи, т.к. она является дорогим сооружением: отсыпается пологими уклонами (до 1:3) и укрепляется, рис.2.14 из /11, с.425/. Задача размещения мостов на судоходных реках решается студентами-строителями в лабораторной работе /38, с.14-21/ или может быть задана в курсовом проекте в качестве элемента УИРС.

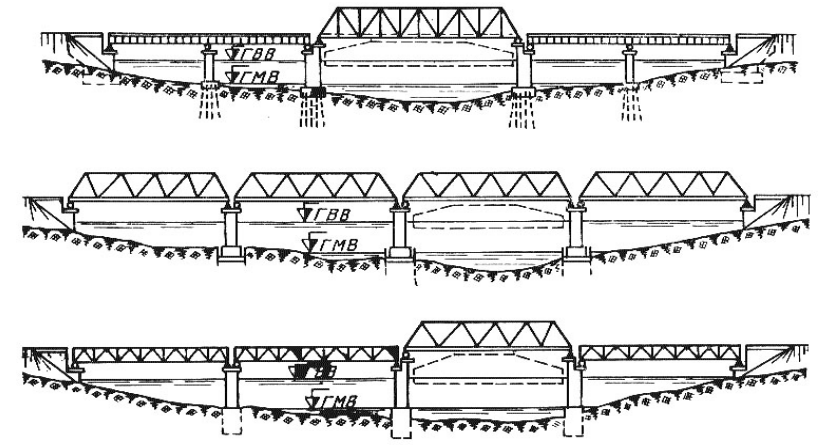
²² У многих из Вас на выданных картах показаны большие реки со средней шириной русла в межень по 500 м и более. Отсутствие судоходства при такой ширине реки, конечно, является упрощением. Хотя, кроме ширины реки следовало бы посмотреть гарантированную и средненавигационную глубины судового хода, от которых



◀ Рис.2.6. Общий вид большого моста с двумя судоходными пролетами, перекрытыми сквозными фермами с ездой понизу

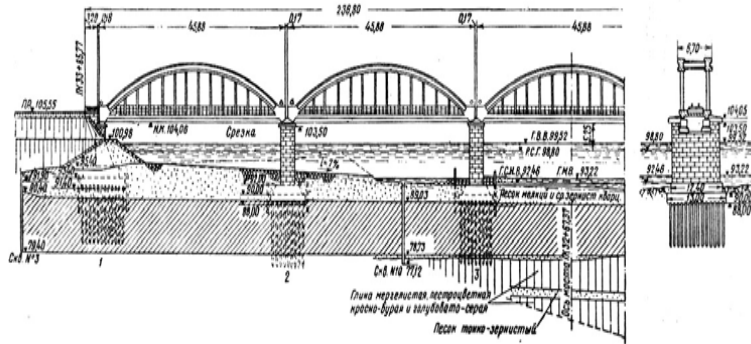


▲ Рис.2.7. Поперечный профиль высокой пойменной насыпи на мостовом переходе через судоходную реку: 1 – одерновка плашмя; 2 – сборные ж/б плиты на слое щебня 0,15 м; 3 – сборные бетонные плиты на слое щебня 0,15 м; 4 – каменная наброска; b – ширина основной площадки



▲ Рис.2.8. Варианты схемы моста на судоходной реке с одним судоходным пролетом, перекрываемым сквозной решетчатой фермой с ездой понизу: а – с применением неразрезных сплошных балок с ездой поверху в несудоходных пролетах; б – с применением балочных ферм одинаковой длины в судоходном и несудоходных пролетах; в – с применением сквозных балочно-разрезных ферм с ездой поверху в несудоходных пролетах

зависит класс внутреннего водного пути /2, табл.8.1, с.289/. Такие данные приводятся в задании на дипломное проектирование.

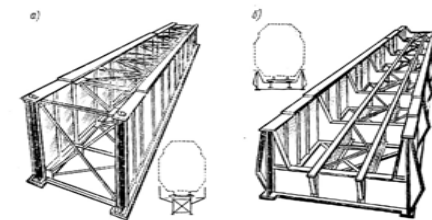


▲ Рис.2.9. Общий вид однопутного железнодорожного моста комбинированной схемы (арка с затяжкой) с инженерно-геологическим разрезом через судоходную реку, схема моста 5x45,88 (фрагмент)

2.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО РАЗДЕЛУ

1. Что называется мостовым переходом, мостом, отверстием моста? См. прил.3 пособия и /2, с.266 – 268/.
2. Что такое вероятность превышения? Какие вероятности превышения расходов паводков и соответствующих им уровней воды на пике паводков, применяемые при проектировании мостовых переходов на железных дорогах, Вы знаете? См. /1, п.8.14/, /2, с.222-224/.
3. Чем отличаются расчетный уровень высокой воды (**ПУВВ**) и наибольший уровень высокой воды (**НУВВ**)? См. /9, главы 4, 5/, /10, главы 7, 9/.
4. Какие требования предъявляются к выбору места мостового перехода? См. /2, с.268 - 270/.

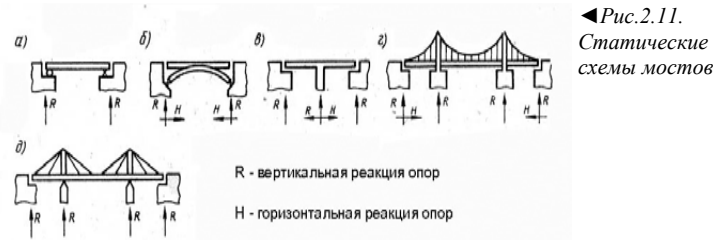
5. Почему не рекомендуется проектировать кривые не только на мосту, но и на пойме? См. /2, рис.8.2, с.270/.
6. Какие требования предъявляются к плану и продольному профилю мостового перехода? См. /1, раздел 8/, /2, п.8.2, 8.7/.
7. От каких величин зависит минимальная отметка проектной линии на мосту? См. /2, п.8.7/.
8. Как определить минимальную отметку проектной линии на пойме? См. /2, п.8.7/.
9. Какие типовые балочно-разрезные пролетные строения (железобетонные и металлические) железнодорожных мостов Вы знаете? См. прил.3 – 6, 8 пособия и работы /15/, /23/.
10. Что такое *строительная высота конструкции*? См. /2, п.8.7/.
11. Какие пролетные строения изображены на рис.2.10?



◀ Рис.2.10. Пролетные строения железнодорожных мостов

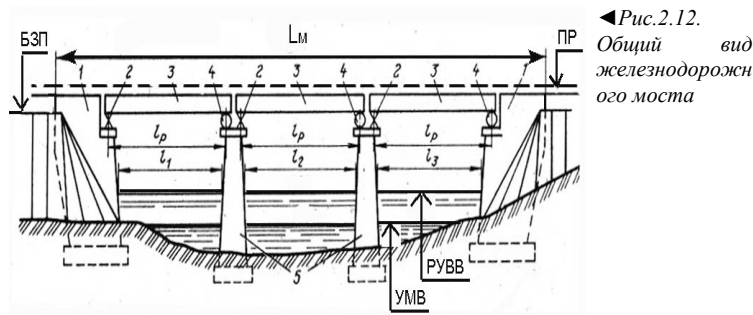
12. Какие схемы мостов изображены на рис.2.11. В чем их преимущества и недостатки? Какая из этих схем применялась Вами в курсовом проекте? См. прил.3 – 8 пособия и /23/.

2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ НА ПОСТОЯННЫХ ВОДОТОКАХ



◀Рис.2.11. Статические схемы мостов

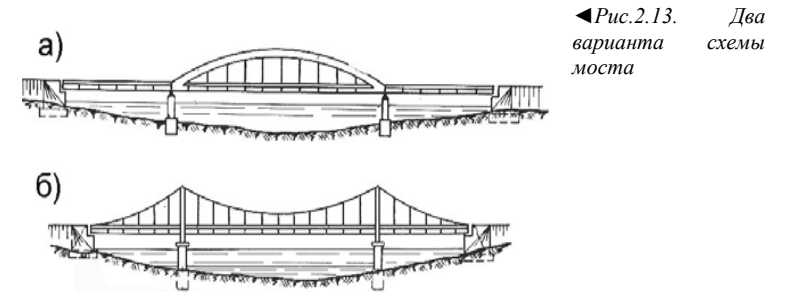
13. Назовите схему моста, изображенного на рис.2.12. Какие части моста обозначены цифрами 1 – 5? Поясните обозначения, использованные на рис.2.18 : L_m , l_p , l_1 , l_2 , l_3 , и отметки: УМВ, РУВВ, БЗП, ПР. Как называется величина равная $(l_1 + l_2 + l_3)$? См. прил.3, 4 пособия и /23/, /34/.



◀Рис.2.12. Общий вид железнодорожного моста

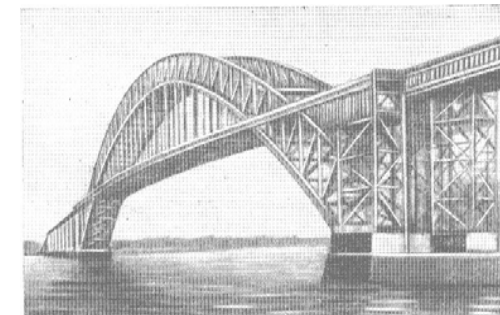
14. На рис.2.13 приведены два варианта схемы моста через несудоходную реку. Какая из этих схем применима для железнодорожного моста? Объясните почему? См. прил.3, 4 пособия, и работу /23/.

2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ НА ПОСТОЯННЫХ ВОДОТОКАХ



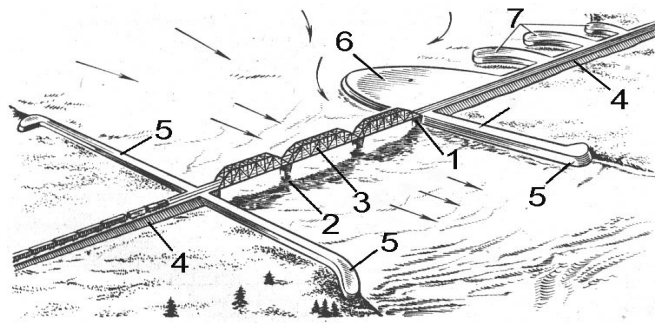
◀Рис.2.13. Два варианта схемы моста

15. Мост какой схемы приведен на рис.2.14? См. прил.3, 4 пособия и работы /21/ - /23/.



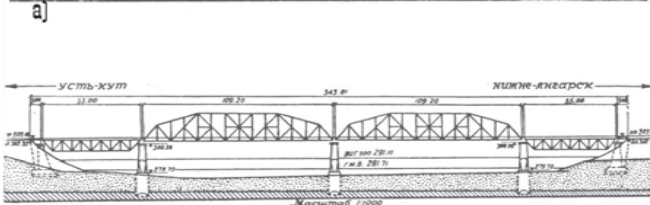
◀Рис.2.14. Большой мост через залив Киллван-Кулл (Нью-Йорк, США) с главным пролетом 503,5 м (проект)

16. На рис.2.15 приведен рисунок мостового перехода с регуляционными сооружениями. Что обозначено цифрами 1 – 7? См. /2, рис.8.1 и 8.25/, /9/, /10/, /34/.

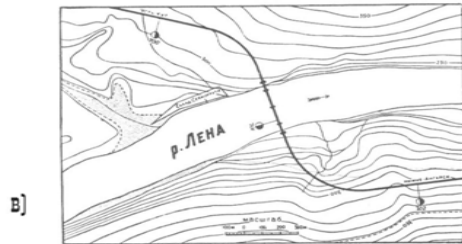


▲ Рис.2.15. Мостовой переход с регуляционными сооружениями

17. На рис.2.16 приведена схема мостового перехода через р.Лена. Проанализируйте трассу подходов и схему моста.



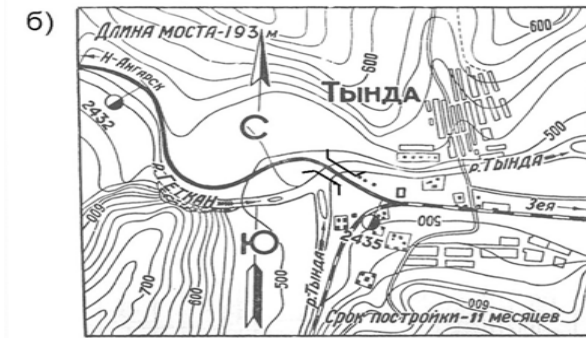
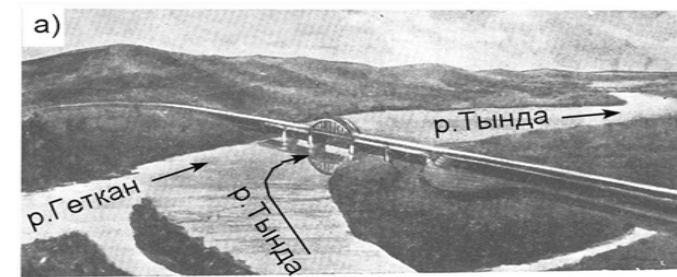
б)



в)

▲ Рис.2.16. Проект мостового перехода через р.Лена (1945 г., БАМпроект, /33/): а - общий вид; б - схема моста $55+2 \times 109,2+55$; $L_m = 344$ м; в - план трассы

18. На рис.2.17 приведена схема мостового перехода через р.Тында. Проанализируйте трассу подходов и схему моста



▲ Рис.2.17. Мостовой переход через р.Тында (1945 г., БАМпроект, /33/): а - общий вид; б - план трассы



Конец раздела
Размещение мостов на
постоянных водотоках

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прочитав четвертую часть учебного пособия, Вы узнали как размещать отдельные пункты с путевым развитием и как размещать мосты на постоянных водотоках. Теперь Вы поняли, что разместить разъезд или мост, это не означает просто начертить ось разъезда или ось моста на плане и продольном профиле, нет, разместить - означает продумать все вопросы, связанные со строительством и эксплуатацией размещаемого элемента.

Размещая какой-либо из элементов сложной технической системы «Железная дорога», Вы должны представлять его функциональное назначение, а также условия, в которых он будет работать²³.

Цена каждого миллиметра горизонтального и вертикального масштабов продольного профиля при пересечении большой реки – это миллионы рублей. От положения проектной линии в пределах мостового перехода и на подходах зависит *безопасность, плавность и бесперебойность движения поездов*, см. прил.10.

²³ *Например, разъезд.* На однопутной линии он необходим для скрещения и обгона поездов. Следовательно, на разъезде следует обеспечить такие уклоны продольного профиля, которые бы позволили грузовым поездам расчетной массы останавливаться, а после стоянки, продолжать движение (с режимами движения поезда, построением кривых скорости и времени хода Вы познакомились при изучении дисциплин «Изыскания и проектирование железных дорог», раздел «Тяговые расчеты при проектировании железных дорог» - студенты специальности 290900, или «Подвижной состав и тяга поездов» – студенты специальности 240100; полученные знания помогут Вам при размещении разъездов). *Или большой мост.* На реке в период максимального паводка мост испытывает значительное воздействие водного потока. Если по мосту будут ограничены скорости движения, то это приведет к нарушению графика движения поездов, а в случае разрушения моста, участок железной дороги будет надолго выведен из строя.

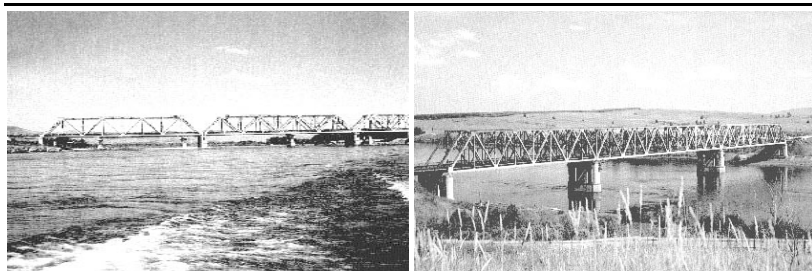
Задача размещения отдельных пунктов и проектирования мостовых переходов по своей сложности может быть отнесена к *многокритериальным недетерминированным динамическим задачам проектирования железных дорог*, см. прил.11.

Мы бы хотели, чтобы тот небольшой опыт, который Вы приобрели при размещении отдельных пунктов и мостов в курсовом проекте, пригодился в дальнейшей учебе, при защите дипломного проекта и далее в Вашей работе.

Ниже приведены фотографии мостов (проект Сибгипротранс, Лентрансост) на железной дороге Абакан-Тайшет: через р.Абакан (построен в 1959г.) и через р.Енисей (построен в 1960г.)

Железная дорога Абакан – Тайшет²⁴ - это 711 км пути (из них 647 км главного), электрифицированного и оснащенного диспетчерской централизацией; объем земляных работ - 47 млн. м³, в том числе 15 млн. м³ скального грунта; 12 тяговых подстанций; 49 станций и разъездов; 9 тоннелей общей протяженностью более 10 км; 5 виадуков (два крупнейшие в России: Козинский и Каспийский – изображены на обложке пособия), 78 мостов (9 больших, 19 средних и 50 малых, общей протяженностью 4220 м) и более 700 других искусственных сооружений. Может быть и в Вашей жизни будет такая дорога!

²⁴ *23.11.1957* – вбит первый кольшпек, наметивший трассу через р.Абакан. *09.12.1965* – председатель Государственной комиссии, начальник ВСЖД А.Т. Головатый подписал акт о сдаче в постоянную эксплуатацию линии Абакан – Тайшет.



Конец заключения

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Строительно-технические нормы МПС РФ. Железные дороги колеи 1520 мм. СТН Ц-01-95. - М.: МПС РФ, 1995. - 276 с.
2. Изыскания и проектирование железных дорог: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / И.В.Турбин, А.В.Гавриленков, И.И.Кантор и др.; Под ред. И.В.Турбина. - М.: Транспорт, 1989. - 479 с.
3. Белозеров А.И. Опыт устройства обходов барьерных объектов при строительстве железных дорог / ДСП - Москва-Новосибирск: Федеральная служба ж.-д. войск РФ, СГАПС, 1996. - 349 с.
4. Гавриленков А.В., Переселенков Г.С. Изыскания и проектирование железных дорог: Пособие по курсовому и дипломному проектированию. - М.: Транспорт, 1990. - 167 с.
5. Проектирование новых железных дорог и реконструкции эксплуатируемых линий: Методические указания к дипломному проектированию / Под общ. ред. И.В.Турбина. - М.: МИИТ, 1986. - 48 с.
6. Кантор И.И., Копыленко В.А., Бучкин В.А., Ларионов А.Д. Выбор направления, руководящего уклона и трассирование участка железной дороги. - Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Изыскания и проектирование железных дорог». - М.: МИИТ, 1980. - 41 с.
7. Космин В.В. Изыскания и проектирование железных дорог: Методические указания к дипломному проектированию для студентов-дипломников специальности «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство». - М.: ВЗИИТ, 1983. - 60 с.
8. Горинев А.В. Проектирование железных дорог. Тяговые расчеты. Основы изысканий и проектирования. - М.: Трансжелдориздат, 1948. - Т. I - 575 с.
9. Проектирование мостовых переходов на железных дорогах: Учебник для вузов / М.И.Воронин, И.И.Кантор, В.А.Копыленко и др.; Под ред. И.И.Кантора. - М.: Транспорт, 1990. - 287 с.
10. Изыскания и проектирование мостовых переходов и тоннельных пересечений на железных дорогах: Учебник для вузов / В.А.Копыленко, В.Ш.Цыпин и др.; Под общ. ред. В.А.Копыленко. - М.: УМК МПС России, 1999. - 688 с.
11. Кантор И.И. Основы изысканий и проектирования железных дорог: Учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. - М.: УМК МПС России, 1999. - 312 с.
12. Устинов В.П. Методические указания к курсовому проекту железобетонного моста. - Новосибирск: НИИЖТ, 1988. - 41 с.
13. Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь: Учебник для вузов ж.-д. трансп. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1987. - 479 с.
14. Болдаков Е.В. Мостовые переходы. - М.: Трансжелдориздат, 1937. - 387 с.
15. Методические указания к дипломной работе «Проект новой железнодорожной линии с разработкой проекта моста». Часть 1. Разработка вариантов моста / Сост. Н.М. Быкова, О.И. Усова. - Иркутск: ИрИИТ, 1989. - 48 с.
16. Поваляев Е.В. Составление и сравнение вариантов металлического моста: Методические указания к курсовому проектированию. - Новосибирск: НИИЖТ, 1978. - 37 с.
17. Устинов В.П. Современные железнодорожные мосты из железобетона со средними и большими пролетами: Учебное пособие. - Новосибирск: НИИЖТ, 1980. - 80 с.
18. Савин К.Д. Искусственные сооружения: Учебник для техникумов ж.-д. транспорта. - М.: Транспорт, 1977. - 256 с.
19. Мосты и тоннели: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / С.А.Попов, В.О.Осипов, А.М.Померанцев и др.; Под ред. С.А.Попова. - М.: Транспорт, 1977. - 526 с.
20. Передерий Г.П. Курс мостов. - Т.Ш. Железобетонные мосты. - М.: Трансжелдориздат, 1951. - 416 с.
21. Евграфов Г.К., Богданов Н.Н. Проектирование мостов: Учебник для вузов ж.-д. транспорта. - М.: Транспорт, 1966. - 664 с.
22. Гибшман Е.Е. Проектирование металлических мостов. - М.: Транспорт, 1969. - 416 с.
23. Мосты и тоннели на железных дорогах: Учебник для вузов / В.О.Осипов, В.Г.Храпов, Б.В.Бобриков и др.; Под ред. В.О.Осипова. - М.: Транспорт, 1988. - 367 с.
24. Горинев А.В. Проектирование железных дорог. - Трассирование и выбор направления железных дорог. - М.: Трансжелдориздат, 1948. - Т. II. - 548 с.

25. Горинов А.В. Проектирование железных дорог. - Комплексное проектирование и организация изысканий. – М.:Трансжелдориздат, 1948. - Т. III. – 438 с.
26. Побожий А.А. Сквозь северную глушь. Записки изыскателя. – М.: Современник, 1978. – 318 с.
27. Кондратченко А.П. Основные вопросы проектирования трассы новых железных дорог. – М.: ВЗИИТ, 1958. – 148 с.
28. Андреев О.В. Основы проектирования регуляционных сооружений на мостовых переходах. – М.: ЦНИИС, 1954. – 75 с.
29. Болдаков Е.В. Проблемы мостовых переходов. – М.: Транспорт, 1972. – 95 с.
30. Пособие к СНиП 2.05.03-84 «Мосты и трубы» по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки (ПМП-91) / Трансстрой, ЦНИИС. – М.: ПКТИТрансстрой, 1992. – 411 с.
31. Строительные нормы и правила. СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы / Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1996. – 214 с.
32. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации железнодорожных путей. ГОСТ Р 21.1702-96 / Минстрой России, ГП ЦНС. – М.: ГУП ЦПП, 1997. – 25 с.
33. Байкало-Амурская железнодорожная магистраль. Сводный проект. Основные показатели / Управление по изысканиям и проектированию БАМ «БАМпроект». – Комсомольск-на-Амуре: Боевая вахта, 1945. - 281 с.
34. Железные дороги. Общий курс: Учебник для вузов / М.М.Филипов, М.М.Уздин, Ю.И.Ефименко и др.; Под ред. М.М.Уздина. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991. – 295 с.
35. Железные дороги в таежно-болотистой местности / Г.С.Переселенков, Е.П.Алексеев, Б.И.Солодовников и др.; Под ред. Г.С.Переселенкова. – М.: Транспорт, 1982. – 288 с.
36. Изыскания и проектирование трассы Байкало-Амурской магистрали / Под ред. Д.И.Федорова. – М.: Транспорт, 1977. – 280 с.
37. Железные дороги в долинах рек / Г.С. Переселенков, В.К. Тавлинов, И.Д. Ткачевский и др.; Под ред. Г.С.Переселенкова. – М.: Транспорт, 1991. – 344 с.
38. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Изыскания и проектирование железных дорог» / О.А. Гнездилова. – Иркутск: ИрИИТ, 1999. – 45 с.
39. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева и др. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.
40. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 168 с.
41. Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике: Пер. с фр. – М.: Радио и связь, 1990. – 288 с.
42. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. – М.: Наука, 1981. – 208 с.
43. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения: Пер. с англ. / Под ред. Р.Р. Ягера. – М.: Радио и связь, 1986. – 408 с.
44. Подвербный В.А. Выбор проектного решения в нечеткой среде на основе индексов ранжирования // Железнодорожный транспорт. – Серия «Строительство. Проектирование»: ЭИ ЦНИИТЭИ МПС. – 2000. – Вып. 2 – 3. С. 34 – 47.
45. Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте / МПС РФ. – М.: МПС РФ, 1998. – 123 с.
46. Волков Б.А. Экономическая эффективность инвестиций на железнодорожном транспорте в условиях рынка. – М.: Транспорт, 1996. – 191с.
47. Подвербный В.А. Выбор варианта железной дороги на основе критерия нечеткой полезности // Транспортное строительство. – 2000. - №7. – С. 10 – 13.

**Конец
библиографического списка**

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

ПОКИЛОМЕТРОВОЕ ВРЕМЯ ХОДА ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ РАСЧЕТНОЙ МАССЫ

Таблица П.1.1

Покилометровое время хода грузовых поездов при тепловозе ТЭ 3

Привед. уклон, $i_k, \%$	Руководящий уклон, $i_p, \%$										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15											3,00
14										3,00	2,85
13									3,00	2,85	2,72
12								3,00	2,85	2,72	2,50
11							3,00	2,85	2,72	2,50	2,30
10						3,00	2,85	2,72	2,50	2,30	2,22
9					3,00	2,85	2,72	2,50	2,30	2,14	2,00
8				3,00	2,72	2,60	2,50	2,22	2,14	1,93	1,87
7			3,00	2,85	2,50	2,30	2,22	2,00	1,87	1,77	1,71
6		3,00	2,60	2,50	2,30	2,06	2,00	1,76	1,71	1,62	1,54
5	2,93	2,72	2,40	2,22	2,00	1,87	1,76	1,58	1,50	1,43	1,40
4	2,60	2,40	2,14	1,93	1,80	1,62	1,54	1,40	1,33	1,30	1,25
3	2,22	2,00	1,80	1,66	1,54	1,43	1,33	1,22	1,18	1,15	1,11
2	1,87	1,62	1,54	1,40	1,30	1,25	1,15	1,09	1,05	1,03	0,98
1	1,50	1,33	1,30	1,18	1,11	1,09	1,00	0,94	0,90	0,92	0,87
0	1,20	1,11	1,07	1,00	0,93	0,92	0,87	0,84	0,80	0,81	0,77
-1	0,98	0,89	0,87	0,84	0,81	0,79	0,76	0,74	0,72	0,72	0,70
-2	0,80	0,75	0,74	0,70	0,70	0,68	0,66	0,66	0,64	0,63	0,62
-3	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПОКИЛОМЕТРОВОЕ ВРЕМЯ ХОДА ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ

Таблица П.1.2

Покилометровое время хода грузовых поездов при тепловозе 2ТЭ10М

Привед. уклон, $i_k, ‰$	Руководящий уклон, $i_p, ‰$										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15											2,55
14									2,55	2,35	
13								2,55	2,35	2,18	
12							2,55	2,35	2,17	2,02	
11						2,55	2,33	2,16	2,00	1,88	
10					2,55	2,31	2,14	2,00	1,85	1,71	
9				2,55	2,29	2,11	1,83	1,79	1,67	1,58	
8			2,55	2,28	2,03	1,83	1,74	1,62	1,52	1,43	
7		2,55	2,26	2,00	1,79	1,64	1,54	1,46	1,38	1,29	
6	2,55	2,22	2,00	1,76	1,58	1,43	1,40	1,33	1,22	1,15	
5	2,55	2,18	1,90	1,71	1,54	1,40	1,29	1,19	1,13	1,09	1,01
4	2,07	1,82	1,62	1,45	1,33	1,21	1,13	1,05	1,02	0,95	0,90
3	1,67	1,50	1,33	1,21	1,13	1,03	0,95	0,89	0,85	0,83	0,78
2	1,33	1,22	1,09	1,02	0,92	0,87	0,82	0,77	0,75	0,71	0,69
1	1,05	0,98	0,88	0,85	0,77	0,74	0,70	0,66	0,63	0,63	0,61
0	0,82	0,77	0,71	0,68	0,64	0,62	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60
-1	0,65	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
-2	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

Таблица П.1.3

Покилометровое время хода грузовых поездов при тепловозе 2ТЭ121

Привед. уклон, $i_k, ‰$	Руководящий уклон, $i_p, ‰$										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15											2,22
14									2,22	2,03	1,90
13								2,22	2,00	1,88	1,76
12							2,22	1,99	1,88	1,71	1,64
11						2,22	1,98	1,88	1,71	1,62	1,54
10					2,22	1,97	1,80	1,66	1,56	1,43	1,35
9				2,22	1,96	1,76	1,64	1,54	1,43	1,33	1,28
8			2,22	1,94	1,76	1,58	1,46	1,35	1,28	1,17	1,09
7		2,22	1,90	1,71	1,56	1,40	1,33	1,24	1,14	1,07	1,03
6	2,22	1,90	1,67	1,50	1,35	1,21	1,14	1,07	1,01	0,94	0,88
5	1,82	1,56	1,43	1,28	1,18	1,07	1,02	0,95	0,90	0,85	0,83
4	1,50	1,33	1,20	1,09	1,00	0,94	0,85	0,82	0,77	0,73	0,70
3	1,20	1,07	1,00	0,91	0,84	0,79	0,75	0,67	0,69	0,66	0,64
2	0,97	0,88	0,82	0,76	0,71	0,61	0,64	0,60	0,60	0,60	0,60
1	0,75	0,70	0,67	0,63	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
0	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
-1	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
-2	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПОКИЛОМЕТРОВОЕ ВРЕМЯ ХОДА ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ

Таблица П.1.4

Покилометровое время хода грузовых поездов при электровозе ВЛ10 (ВЛ11)

Привед. уклон, $i_k, ‰$	Руководящий уклон, $i_p, ‰$										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15											1,28
14										1,28	1,03
13									1,28	1,03	1,02
12								1,28	1,03	1,01	0,99
11							1,28	1,03	1,01	0,99	0,98
10						1,28	1,03	1,00	0,98	0,95	0,95
9					1,28	1,03	1,00	0,97	0,94	0,93	0,92
8				1,28	1,03	0,99	0,96	0,94	0,90	0,88	0,85
7		1,28	1,02	0,99	0,95	0,92	0,90	0,88	0,83	0,81	0,79
6	1,28	1,02	0,97	0,94	0,91	0,88	0,84	0,81	0,79	0,76	0,75
5	1,02	0,97	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71
4	0,95	0,90	0,86	0,82	0,81	0,77	0,74	0,72	0,70	0,68	0,67
3	0,87	0,82	0,80	0,76	0,73	0,71	0,70	0,68	0,66	0,65	0,64
2	0,79	0,75	0,72	0,69	0,68	0,67	0,64	0,60	0,60	0,60	0,60
1	0,70	0,67	0,65	0,63	0,62	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
0	0,64	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
-1	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
-2	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

Таблица П.1.5

Покилометровое время хода грузовых поездов при электровозе ВЛ82

Привед. уклон, $i_k, ‰$	Руководящий уклон, $i_p, ‰$										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15											1,18
14										1,18	1,00
13									1,18	0,99	0,97
12								1,18	0,99	0,97	0,95
11							1,18	0,99	0,97	0,95	0,93
10						1,18	0,99	0,96	0,94	0,92	0,91
9					1,18	0,99	0,96	0,94	0,92	0,90	0,89
8				1,18	0,98	0,95	0,93	0,91	0,89	0,88	0,87
7			1,18	0,98	0,95	0,92	0,90	0,89	0,87	0,86	0,84
6		1,18	0,98	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,85	0,83	0,81
5	1,18	1,00	0,94	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83	0,81	0,79	0,78
4	1,07	0,93	0,90	0,87	0,86	0,83	0,81	0,79	0,77	0,76	0,75
3	0,91	0,88	0,86	0,83	0,81	0,78	0,77	0,75	0,74	0,72	0,71
2	0,87	0,83	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70	0,69	0,68	0,66
1	0,80	0,77	0,74	0,72	0,70	0,68	0,67	0,62	0,60	0,59	0,56
0	0,72	0,70	0,68	0,64	0,60	0,59	0,58	0,57	0,57	0,56	0,55
-1	0,60	0,57	0,58	0,57	0,56	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
-2	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПОКИЛОМЕТРОВОЕ ВРЕМЯ ХОДА ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ

Таблица П.1.6

Покилометровое время хода грузовых поездов при электровозе ВЛ180^Т

Привед. уклон, i_k , ‰	Руководящий уклон, i_p , ‰										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15											1,36
14									1,36	1,04	1,04
13								1,36	1,04	1,01	1,02
12							1,36	1,04	1,01	0,98	
11							1,36	1,03	1,01	0,98	0,96
10					1,36	1,03	1,00	0,98	0,94	0,92	
9				1,36	1,03	1,00	0,96	0,93	0,91	0,89	
8			1,36	1,03	0,98	0,95	0,92	0,90	0,87	0,85	
7		1,36	1,03	0,98	0,94	0,91	0,90	0,86	0,83	0,81	
6	1,36	1,02	0,97	0,92	0,88	0,83	0,82	0,81	0,78	0,76	0,74
5	1,01	0,96	0,90	0,87	0,83	0,80	0,78	0,75	0,74	0,71	0,70
4	0,94	0,90	0,84	0,81	0,78	0,74	0,72	0,71	0,69	0,67	0,65
3	0,86	0,83	0,78	0,74	0,71	0,70	0,68	0,66	0,64	0,63	0,61
2	0,76	0,74	0,71	0,67	0,66	0,63	0,62	0,61	0,60	0,57	0,56
1	0,68	0,66	0,63	0,61	0,58	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
0	0,60	0,59	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
-1	0,60	0,59	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
-2	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55

Таблица П.1.7

Покилометровое время хода грузовых поездов при электровозе ВЛ180^Р

Привед. уклон, i_k , ‰	Руководящий уклон, i_p , ‰										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15											1,38
14										1,38	1,06
13									1,38	1,06	1,03
12								1,38	1,06	1,02	1,00
11							1,38	1,05	1,02	0,99	0,96
10					1,38	1,05	1,01	0,97	0,94	0,92	0,90
9				1,38	1,05	1,00	0,97	0,93	0,91	0,88	0,87
8			1,38	1,04	1,00	0,96	0,92	0,89	0,87	0,85	0,83
7		1,38	1,04	0,99	0,94	0,91	0,88	0,86	0,83	0,81	0,79
6	1,38	1,03	0,97	0,93	0,89	0,87	0,84	0,81	0,79	0,77	0,76
5	1,02	0,96	0,91	0,88	0,85	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71
4	0,94	0,89	0,86	0,82	0,79	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68	0,67
3	0,87	0,82	0,79	0,76	0,73	0,71	0,68	0,67	0,65	0,63	0,62
2	0,78	0,75	0,72	0,69	0,67	0,65	0,63	0,61	0,60	0,59	0,58
1	0,69	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58	0,56	0,55	0,55	0,55
0	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
-1	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
-2	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПОКИЛОМЕТРОВОЕ ВРЕМЯ ХОДА ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ

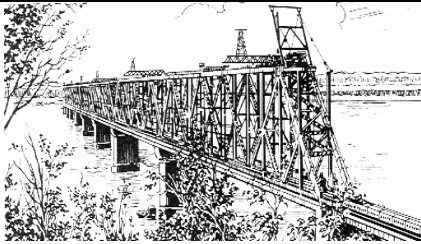
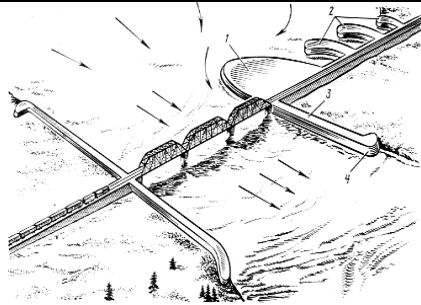
Таблица П.1.8

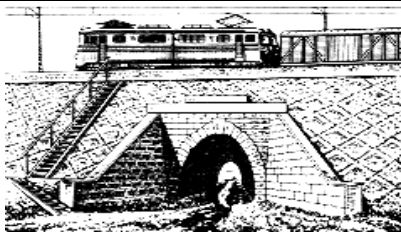
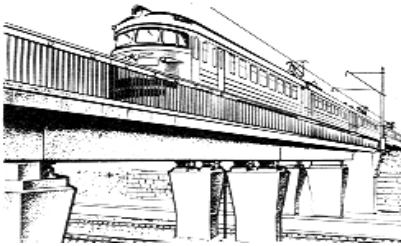
Покилометровое время хода грузовых поездов при электровозе ВЛ185

Привед. уклон, i_k , ‰	Руководящий уклон, i_p , ‰										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15											1,20
14										1,20	1,13
13									1,20	1,09	1,03
12								1,20	1,09	1,00	0,96
11							1,20	1,11	1,02	0,97	0,92
10					1,20	1,09	1,10	0,97	0,92	0,92	0,89
9				1,20	1,09	0,98	0,95	0,92	0,90	0,87	0,87
8			1,20	1,07	0,98	0,94	0,91	0,88	0,86	0,82	0,82
7		1,20	1,07	0,97	0,94	0,90	0,87	0,86	0,82	0,80	0,80
6		1,20	1,03	0,95	0,92	0,89	0,87	0,83	0,81	0,79	0,77
5	1,20	1,00	0,95	0,91	0,87	0,83	0,82	0,80	0,77	0,76	0,73
4	1,03	0,94	0,89	0,86	0,82	0,79	0,78	0,75	0,73	0,71	0,70
3	0,92	0,87	0,83	0,81	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65
2	0,88	0,81	0,74	0,74	0,71	0,69	0,67	0,66	0,64	0,62	0,62
1	0,78	0,74	0,71	0,67	0,65	0,63	0,62	0,61	0,60	0,60	0,60
0	0,68	0,65	0,62	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
-1	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
-2	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

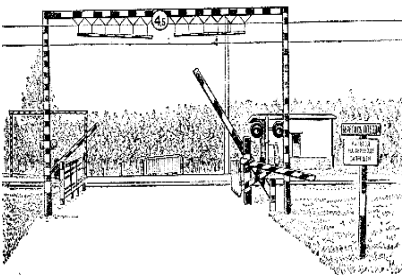

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ, ПРОЕКТИРУЕМЫЕ
НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ


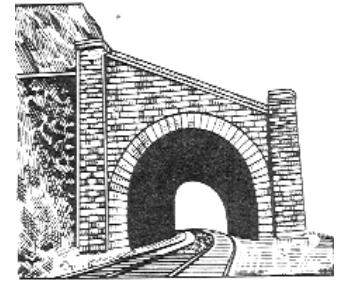
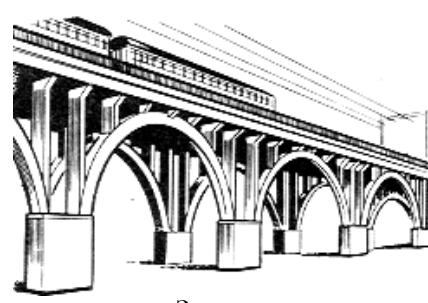
Общий вид ИССО	Назначение	В курсовом проекте
1	2	3
 <p>Мост (большой металлический мост с ездой понизу, через реку Амур)</p>	<p>Сооружается при пересечении трассой железнодорожной линии проливов, рек, каналов, ручьев, озер, водохранилищ, оврагов, сухих логов и др. постоянных и периодических водотоков. Русск. «мост» идет от «мостить» – делать различной рода выкладки и выстилки, настилать, покрывать.</p>	<p>В КП мосты, в основном, железобетонные (свайно-, стоечно-эстакадные или с массивными опорами и обсыпными устоями) проектируются на периодических водотоках, а средние и большие мосты (ж/б и металлические) – на постоянных водотоках</p>
 <p>Мостовой переход Регуляционные сооружения:</p>	<p>Мостовой переход комплекс сооружений, возводимых в границах разлива высоких вод при пересечении трассой ж.-д. линии постоянного водотока или другого водного препятствия мостом и состоящий из моста, подходов (пойменных) насыпей и регуляционных</p>	<p>В КП мостовые переходы при пересечении крупных рек предусматриваются (в пояснительной записке необходимо упомянуть регуляционные сооружения, но проектировать и рассчитывать их не надо). Любое пересечение водотока мостом</p>

1, 3, 4 – струнаправляющие дамбы, 2 - траверсы	сооружений	имеет пойменные насыпи, следовательно, является мостовым переходом
1	2	3
 <p>Водопропускная труба (каменная коробовая одноочковая труба с раструбным оголовком)</p>	<p>Трубы проектируют на пересечениях трассой небольших постоянных водотоков (если нет карчехода, ледохода, селевых потоков, наледей), а также на периодических водотоках (в сухих логах)</p>	<p>В КП размещение водопропускных труб необходимо выполнить с учетом расходов воды, режимов работы труб и положения проектной линии в районе размещения трубы (с проверкой допускаемой высоты насыпи)</p>
 <p>Путепровод (железобетонный балочный путепровод для пропуска электрифицированной железной дороги над железной дорогой)</p>	<p>Путепроводы проектируют в местах пересечения трассой ж.-д. линии существующих железных дорог, автомобильных дорог, троллейбусных и трамвайных линий и др. путей сообщения, когда необходимо обеспечить их пересечение в разных уровнях</p>	<p>В КП путепроводы проектируют при пересечении существующих железных дорог (встречается редко) и автомобильных дорог высоких категорий (выше IV категории)</p>


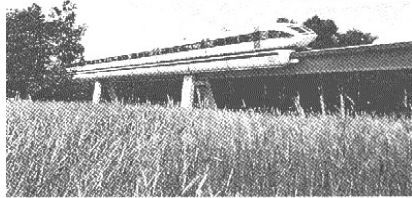
**ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ,
ПРОЕКТИРУЕМЫЕ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ**

	<p>Переезды (пересечения проектируемой железнодорожной линии в одном уровне с автомобильной дорогой IV или V категории). Переезды могут быть регулируемыми (с дежурным или без дежурного) или нерегулируемыми</p>	<p>В КП при пересечении трассой проектируемой ж.-д. линии автодороги низкой категории (определяется в зависимости от расчетной приведенной интенсивности движения, авт/сутки) проектируются переезды (на плане и профиле указывается знак переезда и его категория), см. вклейки-приложения в части 1 пособия</p>
	<p>Виадуки сооружают вместо высокой насыпи при пересечении трассой ж.-д. линии глубоких долин, оврагов и ущелий (для уменьшения объемов земляных работ). Виадуки также пропускают поверхностные воды, но это не является их основным – назначением. Лат. via – путь, дорога, discus – вести.</p>	<p>В КП в сложных топографических условиях (предгорная или горная местность) вместо высоких насыпей (высотой более 20 м) целесообразно рассмотреть вариант замены насыпи виадуком, длина и средняя высота которого определяются по профилю, а строительная стоимость принимается ориентировочно как для ж/б моста</p>


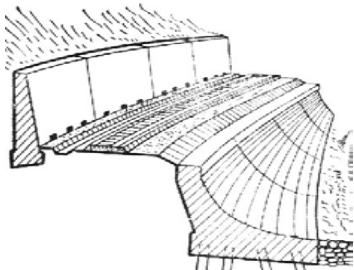
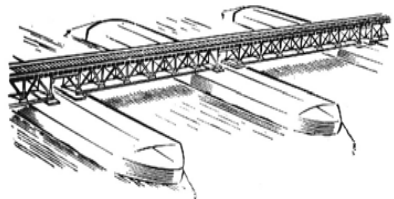
**ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ,
ПРОЕКТИРУЕМЫЕ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ**

	<p>При пересечении горных хребтов или мысов (отрогов горных хребтов, резко падающих в воду) вместо глубоких выемок сооружают тоннели (перевальные или мысовые, односкатные или двухскатные). Фр. Tonnelle (тонель) – коробовый свод</p>	<p>В КП в сложных топографических условиях возможно проектирование тоннелей. Часто тоннели и виадуки приходится проектировать в комплексе (обычно их проектируют на спрямляющих вариантах трассы в горной местности).</p>
	<p>Галереи проектируют в горной местности для защиты пути от камнепада, обвалов, снежных лавин, выносов породы с горных склонов. Фр. Galerie (галъри) – переход, коридор, штольня</p>	<p>В КП галереи не проектируются, но так как в горной местности вероятность их сооружения весьма высока, то в пояснительной записке следует упомянуть о них. В местах возможных селевых (грязекаменных) потоков проектируют селеспуски – ИССО, подобные галереям.</p>
	<p>Эстакады устраивают взамен больших насыпей в городах, где они меньше стесняют улицы и не препятствуют проезду и проходу под ними, на ценных сельскохозяйственных землях (для уменьшения площади занимаемых земель), а также на</p>	<p>В КП эстакады обычно не проектируют, но в случаях, перечисленных в графе 2, – могут проектироваться в разделе УИРС (учебно-исследовательская работа студентов). Кроме того, эстакады часто применяются при проектировании скоростных и,</p>


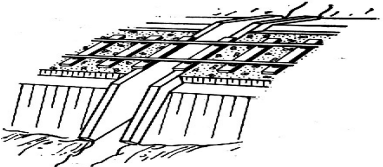

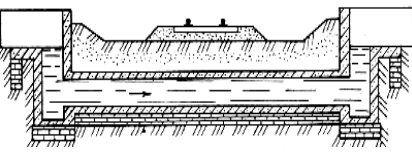
**ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ,
ПРОЕКТИРУЕМЫЕ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ**

<p>электрифицированной железной дороги над ценными землями)</p>  <p>Скоростная специализированная пассажирская магистраль «Синкансен» (Япония). Для наименьшего занятия ценных земель путь уложен на эстакадах, около 25 % протяженности линии)</p>  <p>Магнитная скоростная дорога «Transrapid» (Германия) располагается на эстакаде, благодаря чему хорошо вписывается в ландшафт и не занимает ценных земель (максимальная скорость до 500 км/ч, конструкция «Transrapid» позволяет преодолевать подъемы до 100 % и следовать по кривым радиуса 4000 м со скоростью 400 км/ч)</p>	<p>подходах к большим мостам через реки с широкими поймами, вместо пойменных насыпей. Кроме того эстакады проектируют на складах с самотечной разгрузкой подвижного состава (например, вагонов с углем), при пересечении трассой площадок промышленных предприятий, парков ж.-д. путей на крупных станциях, на крутых неустойчивых косогорах и болотах со значительным уклоном минерального дна. Фр. Estacade – мост или мол на сваях.</p>	<p>особенно, высокоскоростных специализированных пассажирских магистралей (ВССПМ) для безусловного обеспечения пересечения в разных уровнях любыми путями сообщения, а также для обеспечения высокой стабильности пути, даже на ранних послепостроечных этапах эксплуатации (что сложно обеспечить при устройстве земляного полотна). При движении по ВССПМ пассажирских поездов с невысокими осевыми нагрузками – устройство пути на эстакадах в районах мегаполисов является конкурентоспособным решением.</p>
1	2	3

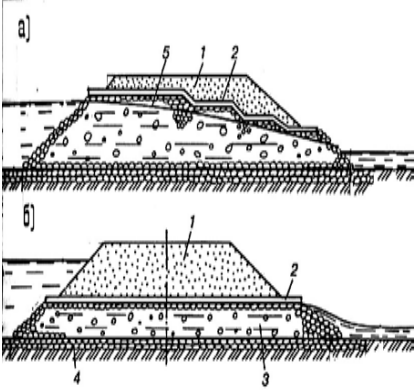

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ,
ПРОЕКТИРУЕМЫЕ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ**

 <p align="center">Подпорная стена</p> <p>(подпорная стена на однопутной линии с тепловозной тягой сооружена для удержания в равновесии грунтовых массивов, лежащих выше пути)</p>  <p align="center">Конструкции верхней и нижней подпорных стен на однопутной железной дороге</p>	<p>Подпорные стены сооружают для предотвращения обрушения откосов или подмыва грунта у оснований насыпей на крутых косогорах, берегах морей и рек, а также для уменьшения полосы отвода при высоких насыпях в пределах ценных земель.</p> <p>Греч. Steno – теснина, Stino – воздвигать, ставить.</p>	<p>В КП подпорные стены не проектируют, но в случае, если категория сложности рельефа III или IV (т.е. в предгорной и горной местности), то в пояснительной записке к проекту, обязательно следует назвать участки трассы, на которых может потребоваться возведение подпорных стен.</p> <p>Кроме того, при проектировании ВССПМ вместо эстакад может быть применено земляное полотно в виде насыпей, а для уменьшения полосы отвода (и площади отводимых земель) – подпорные стены. Такое решение при определенных условиях может быть конкурентоспособным</p>
 <p align="center">Наплавной мост</p>	<p>В наплавных мостах опорами служат баржи, заанкеренные в дно русла якорями, а пролетные строения размещены на баржах непрерывно для передачи поездов при отсутствии на реке льда и ледохода</p>	<p>В КП наплавные мосты не проектируются. Расчет и проектирование наплавного моста, паромной или ледяной переправы может быть задано в качестве элемента УИРС</p>

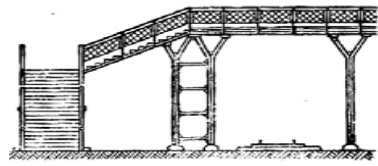
**ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ,
ПРОЕКТИРУЕМЫЕ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ**

1	2	3
 <p align="center">Селспуск на однопутной железной дороге с тепловозной тягой</p>	<p>Селспуски подобно галереям защищают железную дорогу от разрушения.</p> <p>Сель – грязекаменный горный поток, образующийся при сносе в долины рыхлых наслоений на склонах в результате ливней, интенсивного снеготаяния и т.д.</p>	<p>В КП селспуски не проектируются. В пояснительной записке следует указать участки трассы, на которых может потребоваться их сооружение (при проектировании линии в горном районе)</p>
 <p align="center">Лоток (поперечный водопропускной лоток в ж.-д. насыпи)</p>  <p>Продольный водоотводной деревянный лоток на наледоопасном участке (631 км Центрального участка БАМа). Лоток деформирован и заилен грунтом, в результате чего произошли размывы обочин земляного полотна</p>	<p>При низких насыпях (до 2 м) и небольших расходах притекаемой воды на станциях, в стесненных условиях устраивают поперечные водопропускные лотки (обычно – ж/б, сборные, отверстием 0,75 м). Для продольного водоотвода, как канавы, могут использоваться ж/б или деревянные лотки (укрепленные распорками)</p>	<p>В КП поперечные и продольные лотки (канавы) не проектируются.</p> <p>Расчет продольных лотков – канав (длина, уклоны, поперечное сечение) может быть задан в качестве элемента УИРС</p>
 <p align="center">Дюкер (дюкер устроен на однопутной)</p>	<p>Дюкер – водоотводное устройство, предназначенное для сброса воды с нагорной стороны в подгорную сторону выемки или невысокой насыпи.</p>	<p>В КП дюкеры не проектируются, т.к. обычно их предусматривают при пересечении напорного участка трубопровода или канала оросительной системы (в КП</p>

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ,
ПРОЕКТИРУЕМЫЕ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ**

железнодорожной линии для пропуска оросительного канала под мелкой выемкой)	Лат. ducere – проводить.	системы (в КП таких карт нет).
1	2	3
 <p align="center">Фильтрующая насыпь а) безнапорная; б) напорная</p> <p>1-грунт, 2-изоляция (геотекстиль), 3-фильтрующая часть, 4-укрепление основания, 5-свободная поверхность (кривая депрессии)</p>	<p>Фильтрующие насыпи устраивают при отсутствии явно выраженного лога, при небольших расходах притекаемой воды (без большого количества взвешенных частиц), а также в условиях сурового климата в районах распространения вечномерзлых грунтов. Для их возведения используют слабыветривающиеся скальные грунты (глыбы диаметром не менее 30 см)</p>	<p>В КП проектирование фильтрующей насыпи может быть задано лишь в качестве элемента УИРС, особенно, если в районе проектирования распространены вечномерзлые грунты. Фильтрующие насыпи аккумулируют холод в течение зимнего периода, поэтому они сохраняют грунты основания в мерзлом состоянии и не допускают образования чаш протаивания, в отличие от мостов и труб</p>
 <p align="center">Акведук (арочный лотковый открытый акведук над ущельем в горной местности)</p>	<p>Акведук – сооружение мостового типа для прокладки над пониженными участками местности (логами, ущельями) или над другими преградами (автодорогами, ж.-д. линиями) самотечного водовода в лотке, канале или трубе.</p> <p>Лат. aquaeductus - водовод</p>	<p>В КП акведуки не проектируют</p>

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ,
ПРОЕКТИРУЕМЫЕ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ



Пешеходный мост

Для перехода через пути на больших станциях и пригородных платформах устраивают пешеходные мосты над путями или пешеходные тоннели под ними

В КП пешеходные мосты или тоннели не проектируют

ПРИЛОЖЕНИЕ 3.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МОСТАХ

В приложении 3 приведены основные сведения о мостах, которые необходимы для выполнения раздела 5 «Размещение искусственных сооружений» курсового проекта. Приложение составлено по материалам работ /2/, /9/ - /24/. Приложение, в первую очередь, предназначено для студентов специальности 240100. Студенты специальности 290900 изучают искусственные сооружения более подробно в курсе «Сооружение и эксплуатация мостов, тоннелей и труб». Ссылки даны на общий библиографический список.

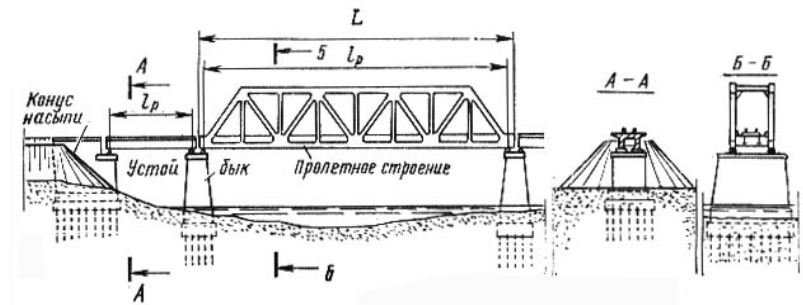
Мостом называется сооружение, обеспечивающее пропуск транспортной магистрали над препятствием.

По виду преодолеваемого препятствия различают (см. прил.2):

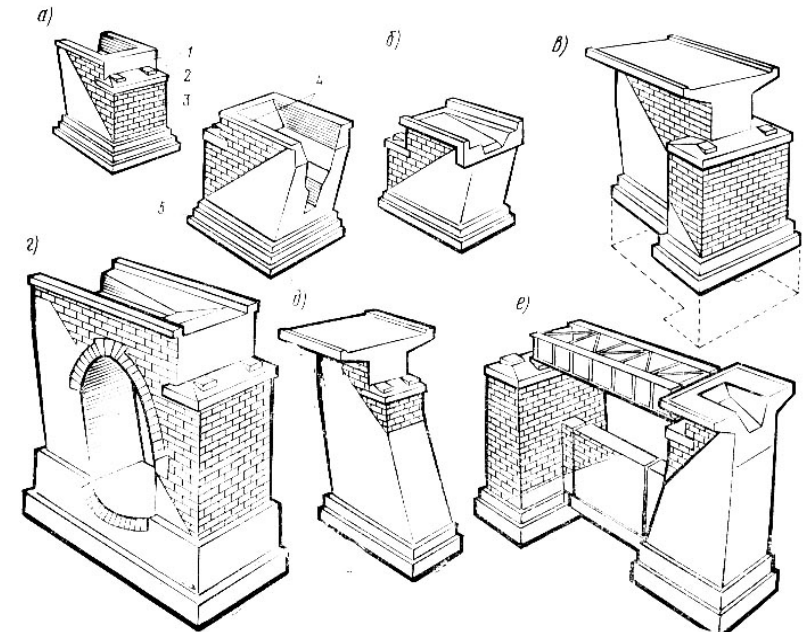
- мост (пересечение водотока);
- путепровод (пропуск одной магистрали над другой);
- виадук (пересечение ущелий, оврагов, глубоких долин);
- эстакада (пересечение ценных, застроенных или геологически неблагоприятных земель, например – болот).

Мост состоит из береговых опор (устоев), промежуточных опор (быков) и пролетных строений, перекрывающих пространство между опорами и передающих вес от нагрузок через опоры и фундамент на грунты основания, см. рис. П.3.1, П.3.2, П.3.3 и П.3.4. Следует различать полную длину пролетного строения и расчетный пролет, измеряемый между центрами опорных частей пролетного строения, см. рис.П.3.1.

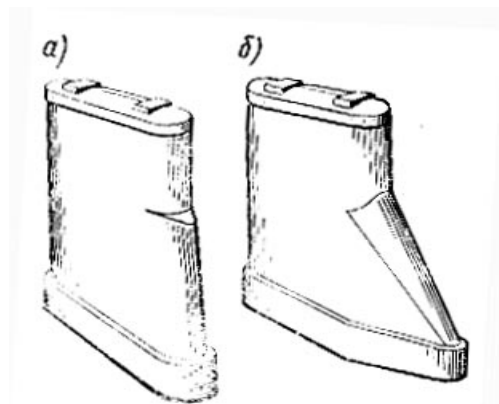
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МОСТАХ



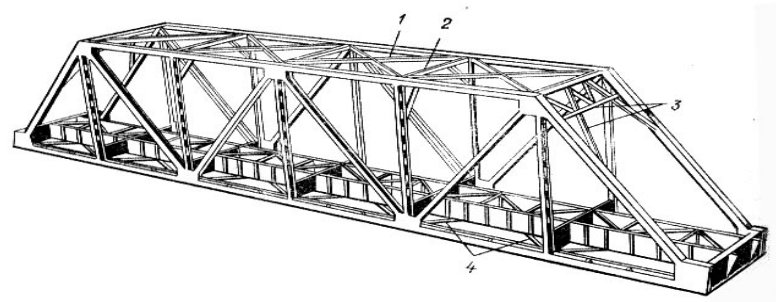
▲Рис.П.3.1. Составные части моста – опоры и пролетные строения:фрагмент трехпролетного моста: статическая схема - балочно-разрезная; крайние пролетные строения – сплошные балки с ездой поверху (см. сечение А-А), центральное пролетное строение – сквозная решетчатая ферма с ездой понизу (см. сечение Б-Б); устои массивные необсыпные, быки массивные, фундамент опор – свайный; l_p - расчетный пролет; l_n – полная длина пролетного строения



▲Рис.П.3.2. Виды устоев: а - с обратными стенками; б - массивный; в - т-образный; г - с проемом; д - обсыпной; е - раздельный; 1 – шкафная стенка; 2 – подферменная плита; 3 – передняя стенка; 4 – обратные стены; 5 – фундамент

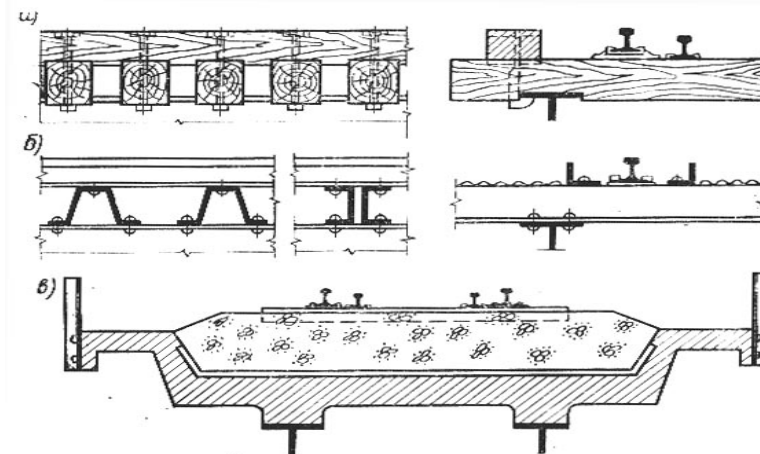


▲Рис.П.3.3. Массивные монолитные быки (каменные или бетонные): а - при среднем ледоходе с водорезом (наклон ребра 10:1); б - при сильном ледоходе с ледорезом (наклон ребра 1:1 - 2:1) с облицовкой тела опоры естественным камнем или блоками из бетона класса не менее б0



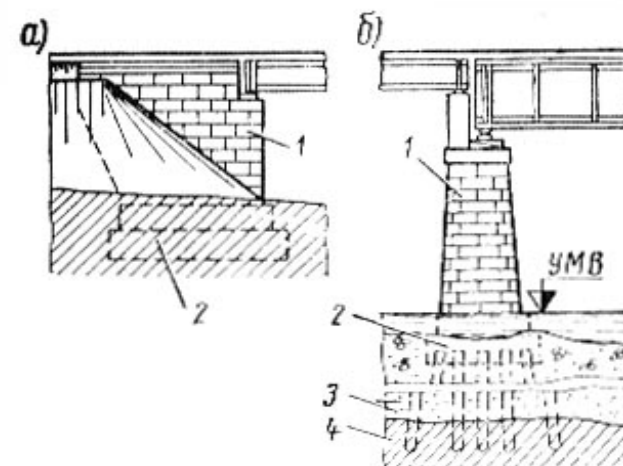
▲Рис.П.3.4. Металлическое пролетное строение: две главные сквозные фермы с параллельными поясами (решетка треугольная с дополнительными стойками и подвесками) объединены в неизменяемую пространственную конструкцию продольными и поперечными связями 1, 2, 3, 4

По пролетным строениям уложено мостовое полотно, по которому осуществляется движение транспортных средств, рис.П.3.5.



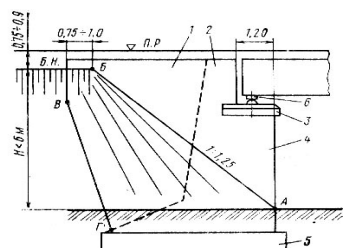
▲Рис.П.3.5. Устройство мостового полотна на металлических мостах: а - на деревянных поперечинах (мостовых брусках); б - на металлических поперечинах; в - балластное корыто (с тротуарными консолями)

Возможны и другие конструктивные решения мостов в зависимости от их статических схем. Устои в отличие от промежуточных опор (быков) поддерживают не только пролетные строения, но и примыкающую к мосту насыпь, предохраняя ее от обрушения, рис.П.3.6.

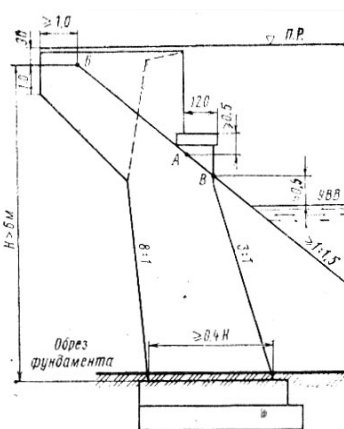


▲Рис.П.3.6. Опоры мостов: а - береговая опора (устой); б - промежуточная опора (бык): 1 - тело опоры; 2 - фундамент; 3 - слабые грунты; 4 - прочные грунты; отметки: УМВ - уровень межених вод

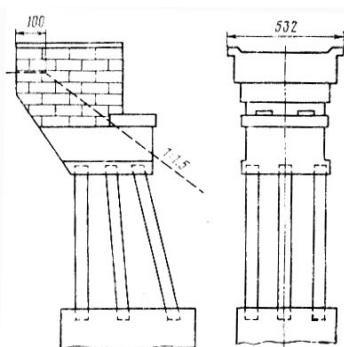
Насыпь у моста заканчивают обычно *конусами*. Они располагаются в пределах длины устоев - *необсыпные устои* (устраивают при высоте насыпи до 6 м, см. рис.2.7) или заходят в пролет моста - *обсыпные устои* (устраивают при высоте насыпи свыше 6 м, см. рис.П.3.8 - П.3.11). Возможны и другие конструкции сопряжения насыпи с устоями (без конусов): с откосными крыльями (см. рис.П.3.21 б), с заборными стенками.



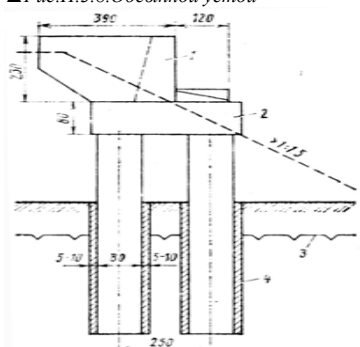
▲Рис.П.3.7. Необсыпной устой: 1 - сопряжение с насытью; 2 - шкафная стенка; 3 - подферменная плита; 4 - передняя стенка; 5 - фундамент; отметки: БН - бровка насыти; ПР - подошва рельса



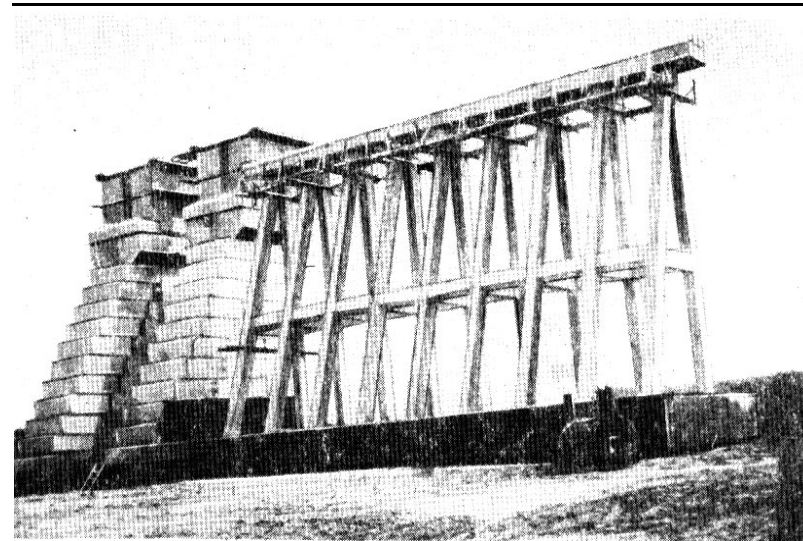
▲Рис.П.3.8.Обсыпной устой



▲Рис.П.3.9. Сборный обсыпной устой козловой типа: три ряда стоек (по три стойки в ряду); два крайних ряда стоек наклонены в сторону русла для восприятия давления грунта подходной насыти

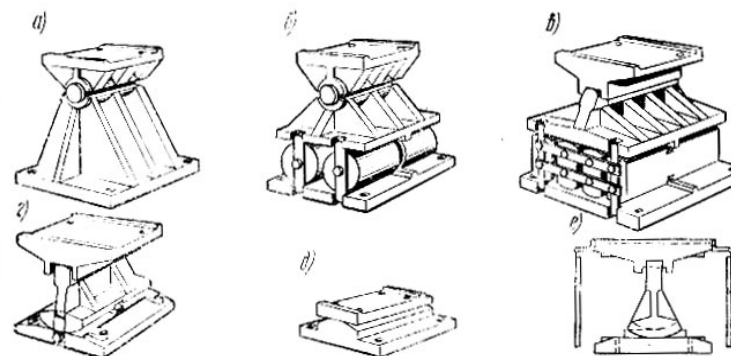


▲Рис.П.3.10. Обсыпной устой столбчатого типа (ж/б столбы сплошного сечения $d = 0,8$ м вводятся в предварительно пробуренные скважины $d = 1,0$ м; после установки столбов зазор заполняется цементно-песчаным раствором): 1- шкафный блок; 2 - насадка; 3 - граница мерзлого грунта; 4 - цементно-песчаный раствор



▲Рис.П.3.11. Сборные устои большого моста под совмещенное движение в одном уровне (фото): 1 - два обсыпных сборных устоя под два железнодорожных пути; 2 - облегченный устой козловой типа для автодорожной части моста

Пролетное строение опирается на опоры через *опорные части*, рис.П.3.12.

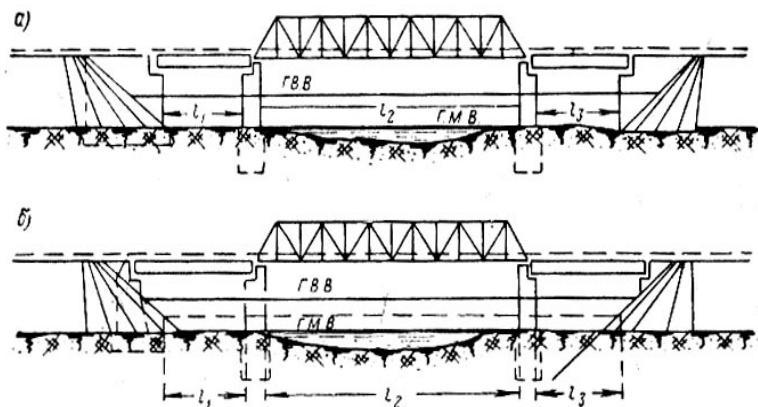


▲Рис.П.3.12. Опорные части мостов: а - неподвижная с шарниром; б - подвижная катковая; в - подвижная со срезанными катками; г - подвижная секторная; д - тангенциальная; е - прикрепление крышек защитного футляра опорной части

Вопрос о том, что считать *отверстием моста*, до сих пор не имеет однозначного ответа. Ниже приведены четыре известных нам определения понятия «*отверстие моста*».

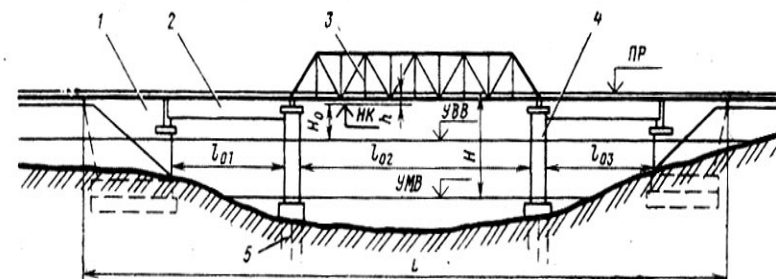
Сразу оговоримся – в настоящем учебном пособии изложение материала ведется в соответствии с первым из этих определений, т.к. именно оно дано в учебнике по дисциплине «Изыскания и проектирование железных дорог» /2, с.283/. В принципе, определения 2 и 3 совпадают с определением 1, когда устои необсыпные и не требуется находить среднюю линию между расчетным уровнем высоких вод (РУВВ) и уровнем меженных вод (УМВ).

1. Согласно /2/, /9/ отверстием моста в свету называют расстояние между передними гранями устоев (при необсыпных устоях) или между откосами конусов (при обсыпных устоях), определяемое на отметке расчетного уровня высокой воды (РУВВ) за вычетом суммарной ширины промежуточных опор (по фасаду).
2. Согласно /21/ отверстием моста называется сумма расстояний между опорами в свету, измеренных по расчетному горизонту воды (при необсыпных устоях); если же рабочая площадь водотока под мостом ограничена не гранями устоев, а конусами насыпи (при обсыпных устоях), то отверстие моста следует считать по средней линии между расчетным высоким горизонтом и меженным горизонтом, чтобы получить ту же рабочую площадь, что и при необсыпных устоях, см. рис.П.3.13.
3. Согласно /23/ отверстие моста – это сумма пролетов в свету по средней линии между уровнем меженных вод (УМВ) и расчетным уровнем высоких вод (РУВВ), см. рис.П.3.14.
4. Согласно /30/ отверстие моста равно ширине подмостового сечения между подошвами конусов, см. рис.П.3.15 из работы /10, рис.11.1/. На рис.П.3.15 показана схема мостового перехода, включающего кроме шестипролетного моста и подходных (пойменных) насыпей также регулирующие сооружения: струенаправляющую дамбу и траверсы. Два главных судоходных пролета моста перекрыты сквозными решетчатыми фермами с ездой понизу; остальные четыре пролета – сплошными балками с ездой поверху, причем, два пролета расположены на уклоне.



▲Рис.П.3.13. Схема трехпролетного моста: (крайние береговые пролеты – сплошные балки с ездой поверху; центральный, главный пролет – сквозная решетчатая ферма с ездой понизу): а - с необсыпными устоями – отверстие моста равно сумме $l_1+l_2+l_3$; б - с обсыпными устоями – отверстие моста, измеряемое по средней линии между ГВВ и ГМВ,

также равно сумме $l_1+l_2+l_3$; ГВВ – горизонт высокой воды, ГМВ – горизонт меженной воды (в учебном пособии вместо термина “горизонт” применяется термин “уровень”)



▲Рис.П.3.14. Схема трехпролетного моста с необсыпными устоями: составные части моста: 1 - устой (на естественном основании), 2 – пролетное строение с ездой поверху (сплошная балка), 3 – пролетное строение с ездой понизу (сквозная решетчатая ферма), 4 – бык, 5 – свайный фундамент быков; отметки: УМВ – уровень меженных вод, РУВВ – расчетный уровень высоких вод, НК – низ конструкции, ПР – подошва рельса на мосту; важнейшие размеры моста: L_m – длина моста, измеряемая между задними стенками устоев, H – высота моста от УМВ до ПР (или уровня проезда – для автодорожных мостов), M – свободная высота под мостом между РУВВ и НК, c – строительная высота от ПР (или проезжей части) до НК

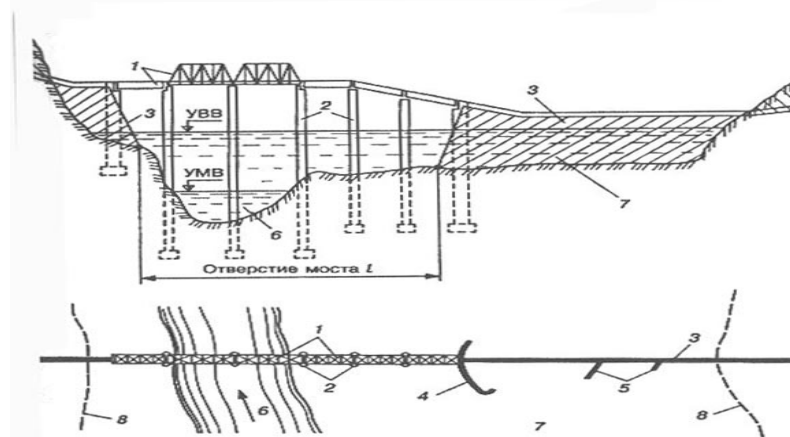
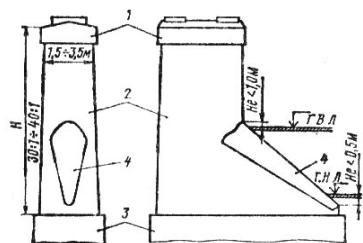


Рис.П.3.15. Схема мостового перехода: а - продольный профиль; б - план; 1- пролетные строения, 2 – опоры, 3 – подходные насыпи, 4 – струенаправляющая дамба, 5 – траверсы, 6 – русло, 7 – пойма, 8 – границы разлива высоких вод

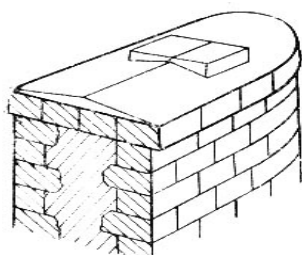
По количеству пролетов мосты делятся на *однопролетные* и *многопролетные*, причем, длины пролетных строений и материал, из которого они сделаны, а также расположение езды могут быть различными для разных пролетных строений в пределах одного моста.

По материалу пролетных строений мосты делятся на *железобетонные, металлические, сталежелезобетонные, бетонные, каменные и деревянные*; в курсовом проекте рекомендуется применять железобетонные или металлические пролетные строения.

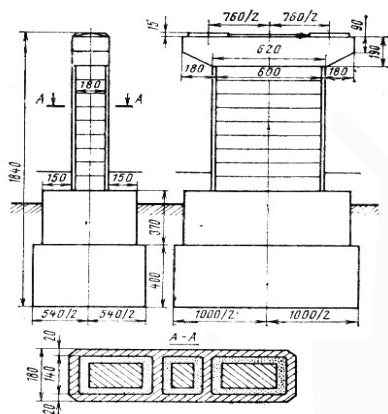
Опоры мостов выполняют из бетона, железобетона (монолитные, сборные или сборно-монолитные), см. рис.П.3.16 - рис.П.3.20; реже – каменные, металлические и деревянные. В курсовом проекте нет данных инженерно-геологической съемки в районе проектирования, поэтому *условно* приняты бетонные и ж/б опоры: сборные опоры на сваях, столбах или стойках в эстакадных мостах и монолитные или сборно-монолитные на естественном основании в остальных мостах.



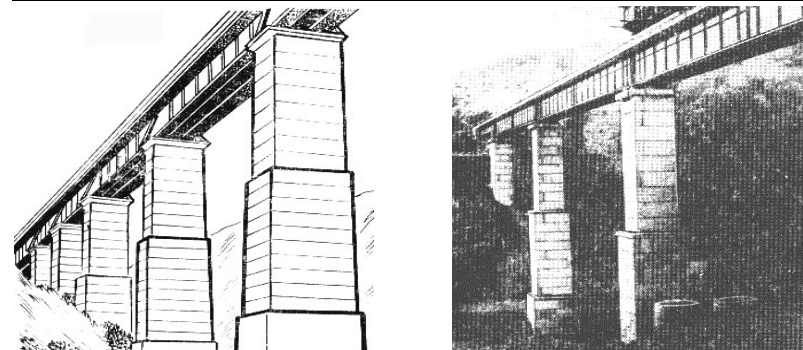
▲Рис.П.3.16. Монолитная бетонная опора с ледорезом: 1 – оголовок; 2 – тело опоры; 3 – фундамент; 4 – ледорез; отметки: Г.В.Л – горизонт высокого ледохода; Г.Н.Л – горизонт низкого ледохода



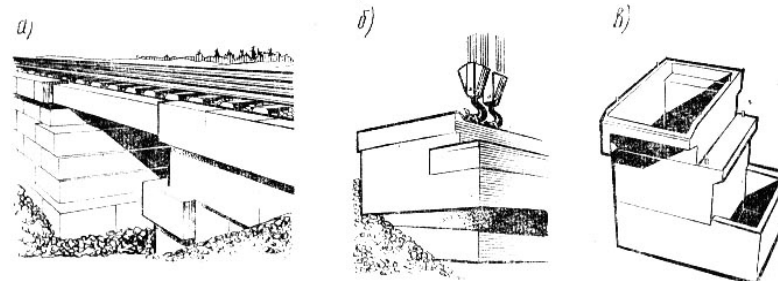
▲Рис.П.3.17. Монолитный, облицованный камнем бык: 1 – бетон класса 20 – 45; 2 – облицовка камнем или бетонными блоками класса не менее 60



◀Рис.П.3.18. Сборно-монолитная опора с железобетонным ригелем: железобетонные облицовочные блоки заводского изготовления служат опалубкой монолитного бетона, см. сечение А - А



▲Рис.П.3.19. Сборно-монолитные опоры железнодорожного виадука, выполненные из железобетонных облицовочных блоков с заполнением бетоном: а - рисунок; б - фото ж.-д. виадука (пролетные строения – металлические сплошные главные балки с ездой поверху)



▲Рис.П.3.20. Сборные устои малых мостов: а - из мелких блоков; б - из крупных блоков; в - из пустотельных блоков (с заполнением после монтажа камнем и щебнем)

По длине мосты делятся на *малые* (полной длиной L_m до 25 м включительно), *средние* (L_m от 25 до 100 м включительно) и *большие* (L_m более 100 м).

По форме подмостового сечения (русла) мосты делятся на *прямоугольные* (с необсыпными устоями) и *трапециевидные* (с обсыпными устоями), см. рис.П.3.21. В курсовом проекте принято, что все мосты – с трапециевидным подмостовым сечением (с обсыпными устоями).

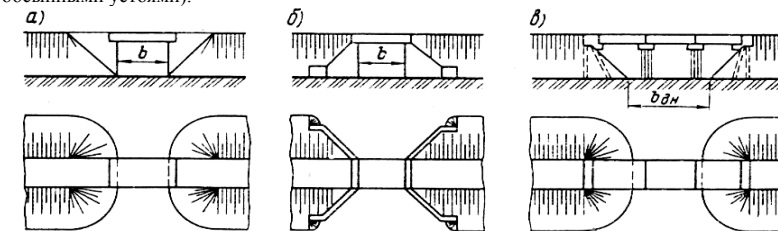
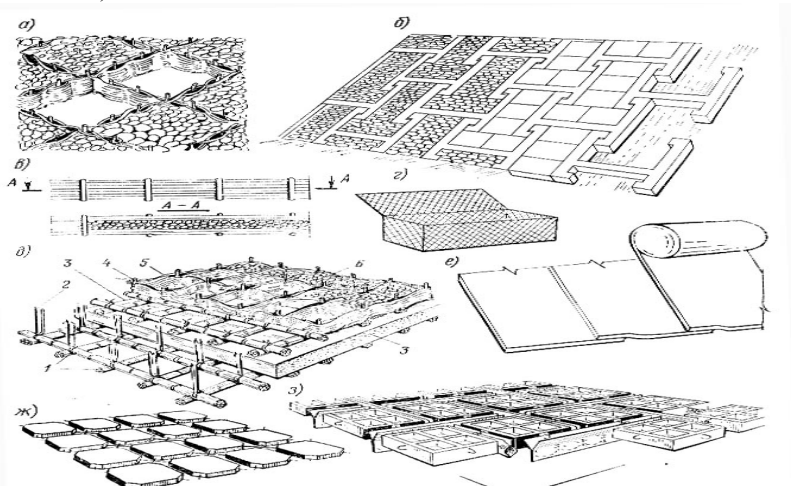


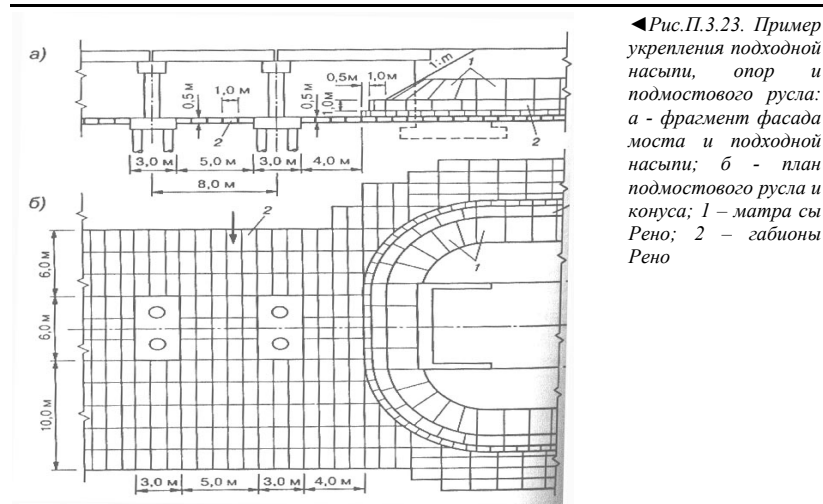
Рис.П.3.21. Типы мостов по форме подмостового сечения: а – однопролетный мост с массивными необсыпными устоями, б – отверстие моста; в – однопролетный мост с

откосными крыльями; в – эстакадный трехпролетный мост с обсыпными устоями, $b_{\text{дн}}$ – ширина русла по дну

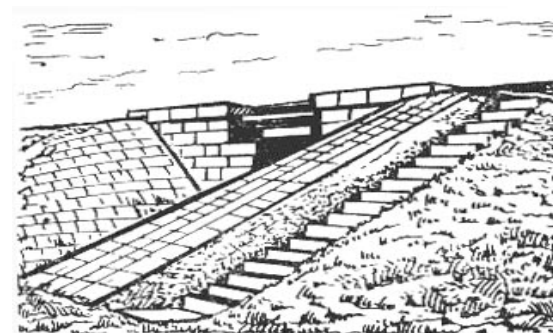
По условиям гидравлической работы мосты могут быть с укрепленным или неукрепленным подмостовым руслом; некоторые виды укрепления русла, откосов, конусов и дамб показаны на рис.П.3.22. В курсовом проекте малые мосты, применяемые на периодических водотоках, относятся к мостам с укрепленным (неразмываемым) подмостовым руслом, см. рис.П.3.23 и П.3.24, а отверстия больших и средних мостов определяются из условия недопущения размыва под мостом, при коэффициенте общего размыва $P=1,00$.



▲ Рис.2.22. Виды укреплений против размыва: а - мощение в плетневом ограждении; б - самосочлаемое сборное покрытие с заполнением камнем или ж/б элементами; в - тяжелая фашина; г - корзина габиона для заполнения камнем; д - фашинный тюфяк; е - асфальтожелезобетонное покрытие; ж - мощение железобетонными плитами; з - контактный ковер из ж/б коробов



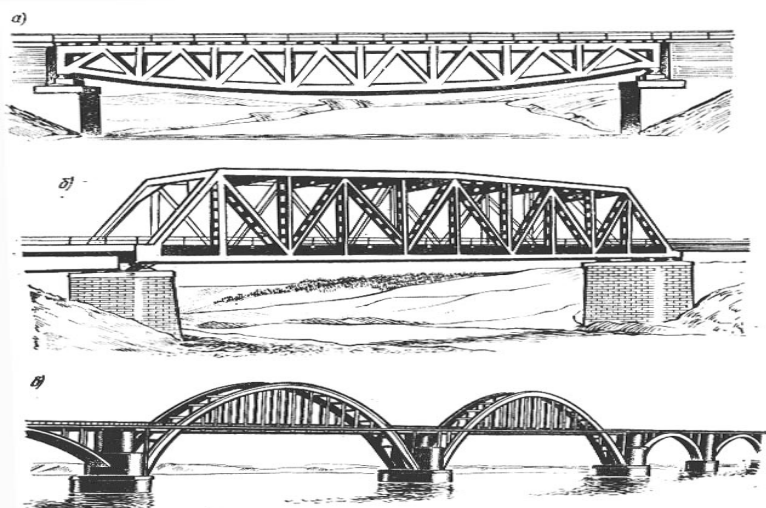
◀ Рис.П.3.23. Пример укрепления подходной насыпи, опор и подмостового русла: а - фрагмент фасада моста и подходной насыпи; б - план подмостового русла и конуса; 1 – матра сы Рено; 2 – габионы Рено



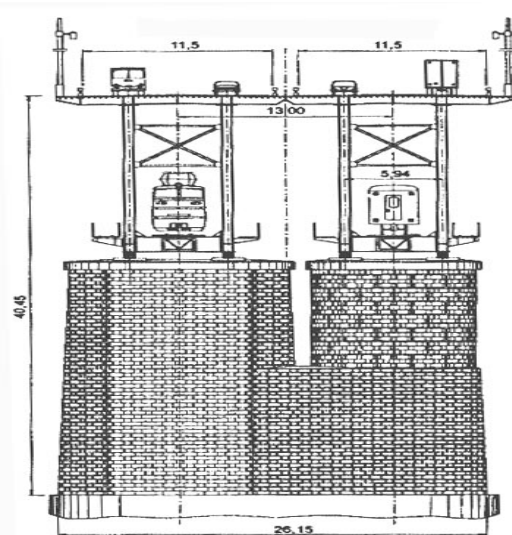
◀ Рис.2.24. Укрепление ж/б плитами русла и откосов конусов малого однопролетного моста со сборными необсыпными устоями

По расположению езды мосты могут быть: с ездой поверху, если уровень езды располагается выше несущей части конструкции (ферм, балок, арок), рис.П.3.25 а; если же проезд находится между фермами, балками или арками и расположен в нижней части пролетного строения, то это будут мосты с ездой понизу, рис.П.3.25 б; в мостах со смешанным расположением езды на части длины пролетного строения езда осуществляется поверху, на остальном протяжении – понизу, такие мосты условно называют мостами с ездой посередине, рис.П.3.25 в. В состав одного и того же моста могут входить различные системы, рис.П.3.25 б, в.

Бывают мосты со смешанным движением: железнодорожным, автодорожным, городским – трамвайным, троллейбусным, и линий метрополитена – одно- и многоярусные, рис.П.3.26.



▲Рис.2.25. Расположение пути на мостах: а - с ездой поверху (однопролетный балочный мост с необсыпными устоями, пролетное строение – металлическая решетчатая ферма с ездой поверху); б - с ездой понизу (трехпролетный балочно-разрезной мост, центральное пролетное строение – металлическая решетчатая ферма с ездой понизу); в - с ездой посередине (большой арочный мост, два центральных, судоходных пролета – с ездой посередине)



◀Рис.П.3.26. Проект реконструкции моста через Амур у Хабаровска в двухпутный железнодорожный мост с совмещенным проездом автотранспорта в верхнем ярусе (на ледорезах существующих опор возводятся опоры под пролетные строения второго пути)

ПРИЛОЖЕНИЕ 4.

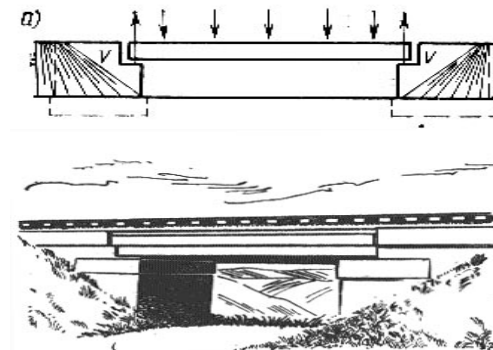
ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КУРСОВОМ ПРОЕКТЕ

В приложении 4 обосновывается выбор балочно-разрезной и комбинированной (арка с затяжкой) систем мостов (виадуков, путепроводов, эстакад) и типов пролетных строений, рекомендованных для составления схем ИССО в курсовом проекте, прил.5–8. Приложение составлено по материалам работ /2/, /9/ - /24/. Приложение, в первую очередь, предназначено для студентов специальности 240100. Студенты специальности 290900 изучают искусственные сооружения более подробно в курсе «Сооружение и эксплуатация мостов, тоннелей и труб». Ссылки даны на общий библиографический список.

П.4.1. Статические системы мостов

По статической системе мосты подразделяют на балочные (разрезные, неразрезные и консольные), арочные, рамные, висячие, вантовые и комбинированные.

Основными несущими нагрузку частями пролетных строений балочных мостов являются балки или балочные фермы, работающие преимущественно на изгиб. В отличие от сплошных балок (см. рис.П.3.19, П.3.25 а) балочные фермы имеют решетчатую конструкцию, состоящую из соединенных между собой стержней (см. рис.П.3.4). Давление от балок и балочных ферм на опоры при вертикальной нагрузке направлено вертикально. Опорные реакции V направлены вертикально вверх, рис.П.4.1.



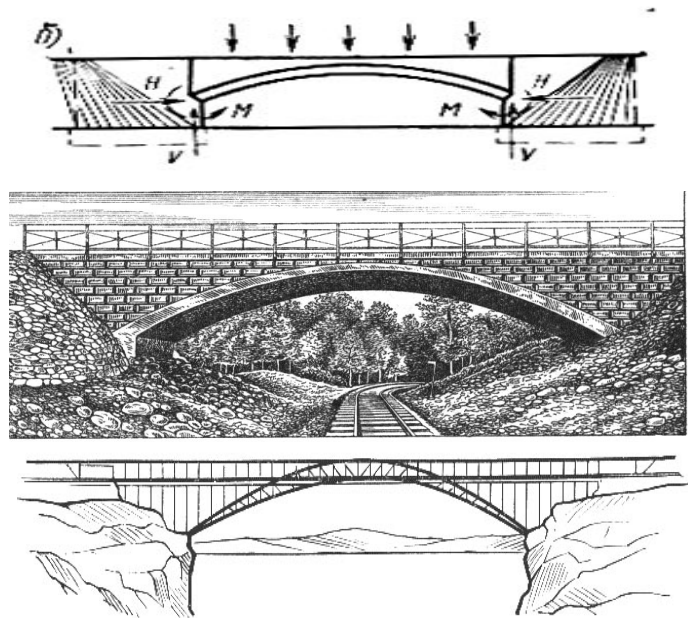
▲Рис.П.4.1. Балочный однопролетный мост: а - статическая схема; б - малый мост на железной дороге

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТЕ

В *арочных мостах* основными несущими нагрузку частями пролетных строений являются *арки, своды* или *арочные фермы*. *Аркой* называют криволинейный брус плавного очертания, работающий преимущественно на сжатие и на изгиб. *Свод* отличается от арок лишь развитием в ширину, достаточным для обеспечения самостоятельной поперечной устойчивости. *Арочные фермы* имеют решетчатую конструкцию, под нагрузкой они также работают на сжатие и на изгиб. В опорах арок и арокных ферм от вертикальной нагрузки может возникать не только вертикальная V , но и горизонтальная реакция H (распор), а также опорный изгибающий момент M , рис.П.4.2.

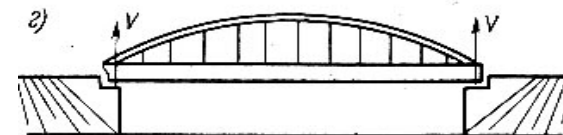
В этом заключается принципиальное отличие арочной системы от балочно-разрезной. Если не закрепить концы арки от сдвига, то под действием вертикальной нагрузки гибкая арка будет разгибаться с неизбежной раздвижкой концов в стороны. Чтобы этого не произошло, опоры должны противодействовать такому распору и вертикальному давлению арки не только вертикальными реактивными силами V , но и горизонтальными, направленными внутрь пролета H . Из-за необходимости противодействия распору быки и особенно устои в арочных мостах более мощные, чем в балочных; исключением являются однопролетные арочные мосты, упертые по концам в высокие скалистые берега, рис.П.4.2 в.

Горизонтальную силу в арочных мостах, т.е. распор H , можно погасить не только опорами, но и *затяжкой*, стягивающей оба конца арки вместе, см. П.4.3 и далее рис.П.4.17 д и П.4.21 а. В таком виде – комбинированная арочная система (арка с затяжкой) по воздействию на опоры и на их основание уже не отличается от балочно-разрезной системы. Благодаря затяжке арка становится внешне (относительно опор и основания) безраспорной.



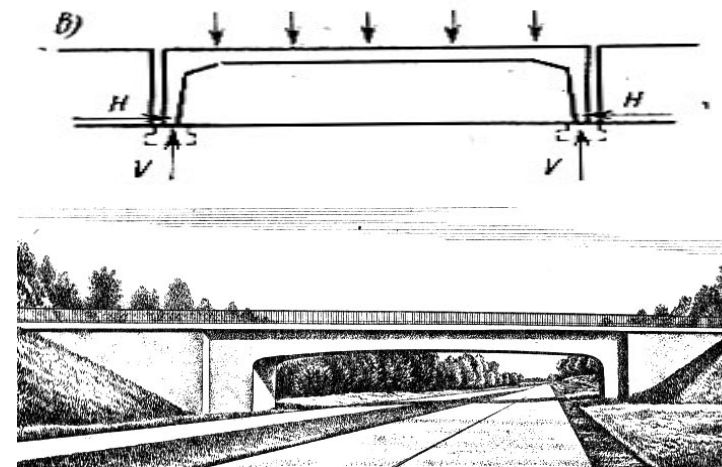
▲ Рис.П.4.2. Арочный однопролетный мост: а - статическая схема; б - арочный каменный виадук над железной дорогой; в - арочный металлический мост (арочные фермы с серповидным очертанием поясов)

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТЕ



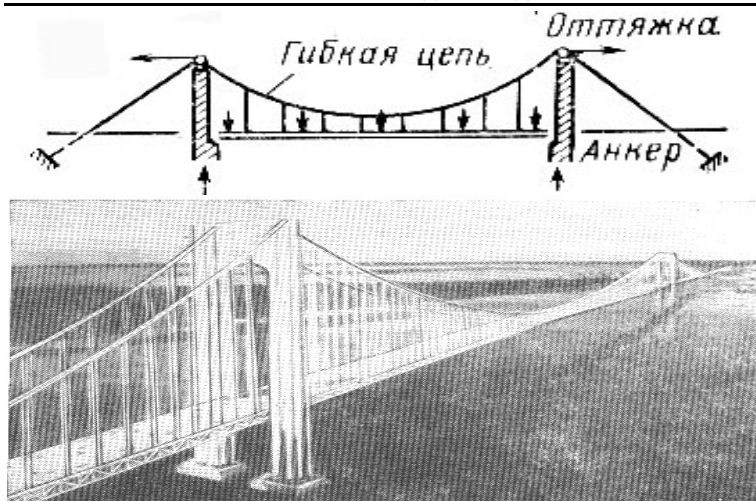
▲ Рис.П.4.3. Комбинированная система – арка с затяжкой (внешне безраспорная)

В *рамных мостах* опоры в виде колонн или стоек составляют одно целое с балками (ригелями), перекрывающими пролеты. По действию пролетного строения на опоры рамная система близка к арочной. За счет жесткого (неизменяемого) соединения ригелей со стойками опор в одну конструкцию, называемую *рамой*, под воздействием вертикальной нагрузки на ригель стойки, опертые на фундаменты, вызывают не только вертикальную V , но и горизонтальную реакцию H , равную распору рамы (подобно распору арки), рис.П.4.4.



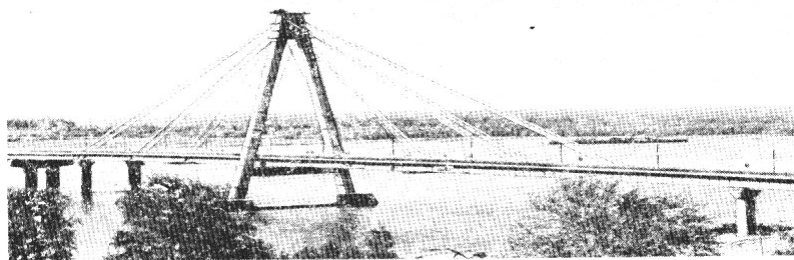
▲ Рис.П.4.4. Рамный однопролетный мост: а - статическая схема; б - рамный однопролетный железнодорожный путепровод над автодорогой

Висячие мосты состоят из гибких элементов – *цепей* или *кабелей*, представляющих собой основную несущую часть конструкции моста, к которой подвешивается проезжая часть, предназначенная для пропуска нагрузки. Для того, чтобы висячий мост меньше прогибался под нагрузкой, устраивают специальную ферму или балку жесткости. В месте закрепления кабеля висячих мостов, так же как и в опорах арочных мостов, от вертикальной нагрузки возникают не только вертикальные, но и горизонтальные опорные реакции (распор), направленные наружу пролета, а не внутрь, как в арочных мостах. Цепи (кабели) по концам оперты на высокие опоры – *пидоны* - и закреплены *оттяжками* от смещения распором внутрь пролета под действием нагрузки. Оттяжки должны быть надежно заделаны (заанкерены) внизу так, чтобы нагруженные цепи (кабели) не могли вырвать их из заделки, рис.П.4.5.



▲ Рис.П.4.5. Висячий мост: а - статическая схема; б - висячий автомобильный мост на входе в Нью-Йоркскую гавань (США) пролетом 1298 м

Вантовые мосты состоят из гибких частей (стальных канатов), образующих вантовые фермы, к которым подвешивается проезжая часть, рис.П.4.6.



▲ Рис.П.4.6. Вантовый мост: а - вантовый однопилонный автомобильный мост; б - статическая схема

В мостах комбинированных систем одновременно используются характерные основные части нескольких систем во взаимной связи, например: арочные фермы с затяжками, воспринимающими распор, балки усиленные арками и другие.

П.4.2. Сравнительный анализ систем мостов и типов пролетных строений

В железнодорожном строительстве при проектировании мостов (виадуков, путепроводов, эстакад) применяют различные системы мостов и типы пролетных строений.

В курсовом проекте (контрольной работе) «Проект участка новой железнодорожной линии» основной упор сделан на проектирование плана и продольного профиля трассы. Задача выбора системы моста (балочная, арочная, рамная, комбинированная и т.д.) и схемы моста (разбивка моста на пролеты, выбор типов пролетных строений и опор) отняла бы много времени.

Студенты специальности 290900 строительного факультета выполняют курсовую работу по дисциплине «Сооружение и эксплуатация мостов, тоннелей и труб» и решают вышеназванную задачу в полном объеме.

Студенты специальности 240100 эксплуатационного факультета, прослушав «Общий курс железных дорог» и ознакомившись с приложениями 3 и 4 настоящего учебного пособия, смогут выполнить необходимые расчеты.

Поэтому, для уменьшения числа вариантов мостов на пересечениях постоянных водотоков, которые необходимо было бы рассмотреть при проектировании вариантов трассы (в зависимости от развития гидрографической сети в районе проектирования число мостов может изменяться от одного до десятков), в учебном пособии в приложении 4 обоснован выбор одной схемы для всех мостов и рекомендован ряд типовых пролетных строений (по возрастанию их полной длины) для разбивки мостов на пролеты.

Большое количество иллюстраций в приложении позволит представить различные схемы мостов, убедиться в том, что в железнодорожном строительстве применяют все рассмотренные выше системы мостов. Висячие мосты применяют для мостов под автомобильную нагрузку и городских мостов, но ведь при проектировании новой железнодорожной линии возникает необходимость в путепроводах над железной дорогой, которые могут быть запроектированы висячими.

На железных дорогах России широко применяют балочные системы с разрезными пролетными строениями:

- преднапряженными железобетонными с ездой поверху на балласте расчетными пролетами до 33,50 м (полной длиной пролетного строения $l_n = 34,20$ м);
- металлическими (со сплошными главными балками с балластным корытом) с ездой поверху на балласте расчетными пролетами до 55,00 м (полной длиной $l_n = 55,80$ м), см. рис.П.3.19;
- металлическими (сквозные решетчатые главные фермы) с ездой понизу на деревянных поперечинах расчетными пролетами до 158,40 м (полной длиной $l_n = 159,66$ м), см. рис.П.3.4 и другие.

Для перекрытия больших пролетов балочными конструкциями используют неразрезные или консольные балки, рис.П.4.7.

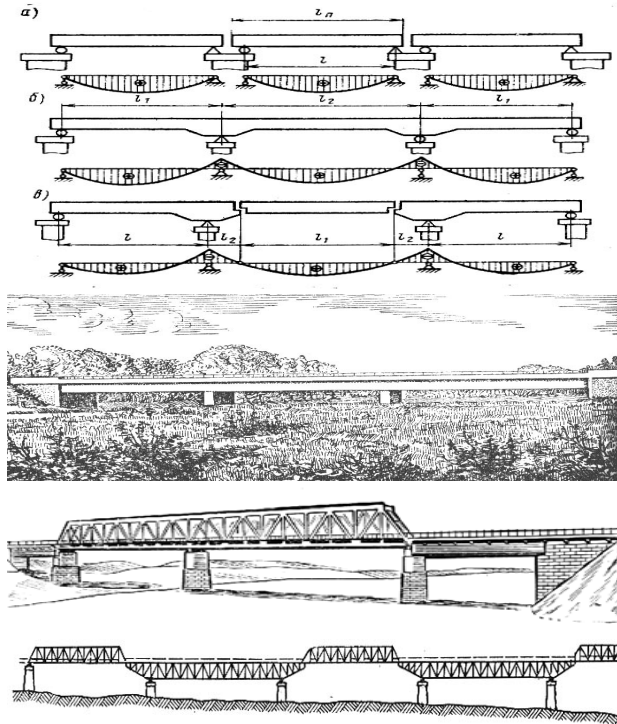
Неразрезная система по сравнению с разрезной экономичнее, требует меньшего расхода материала. Экономия достигается за счет уменьшения значений моментов в пролетах вследствие возникновения отрицательных моментов над промежуточными опорами. Преимуществом неразрезных систем являются плавность линии прогибов и уменьшенные вертикальные деформации.

Отличительной особенностью неразрезных пролетных строений является их статическая неопределимость, вследствие чего при неравномерных осадках опор и под влиянием пластических деформаций возможно возникновение дополнительных напряжений в конструкции, поэтому неразрезные пролетные строения требуют прочного основания.

Балочно-консольные пролетные строения (подвесные и анкерные: с одной или двумя консолями) выполняют в виде сплошностенчатых балок или сквозных ферм, которые являются шарнирными и статически определенными. Преимуществами балочно-консольных

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТЕ

пролетных строений являются: меньшая масса стали по сравнению с балочно-разрезными; отсутствие дополнительных напряжений при неравномерной осадке опор; возможность применения при слабых грунтах; уменьшение объема кладки опор и др., а основными недостатками являются: пониженная вертикальная и горизонтальная жесткость; наличие перелома линии прогибов и значительная величина прогиба конца консолей, что увеличивает динамическое воздействие и ограничивает скорость движения, а также приводит к расстройству сопряжений подвесных пролетов с консолями и другие.

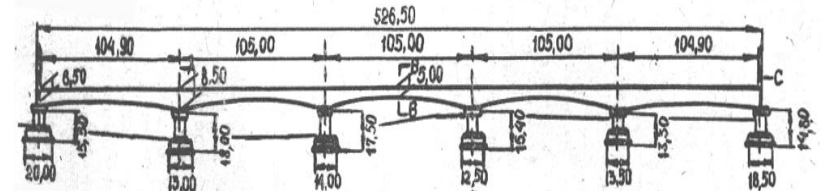


▲ Рис.П.4.7. Балочные мосты: а - балочно-разрезная схема; б - балочно-неразрезная схема; в - балочно-консольная; г - неразрезной трехпролетный автомобильный железобетонный мост; д - балочный четырехпролетный мост, в котором два главных пролета перекрыты балочно-неразрезным пролетным строением – сквозной решетчатой фермой; е - фрагмент балочно-консольного моста со сквозными решетчатыми фермами

Тем не менее неразрезные и балочно-консольные системы широко применяются на практике. Например, в Японии на мосту Абукумагава №2 (магистраль Тохоку) неразрезное пролетное строение из предварительно напряженного железобетона имеет пять пролетов по 105 м каждый (5x105), рис.П.4.8.

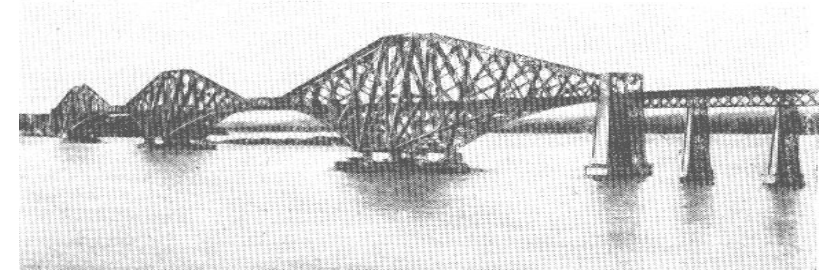
В России типовые пролетные строения с неразрезными сквозными фермами под один ж.-д. путь с ездой понизу имеют пролеты: 2x110; 2x132; 110+132+110 и 132+154+132 м, а с ездой поверху – 2x55 и 2x65 м.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТЕ

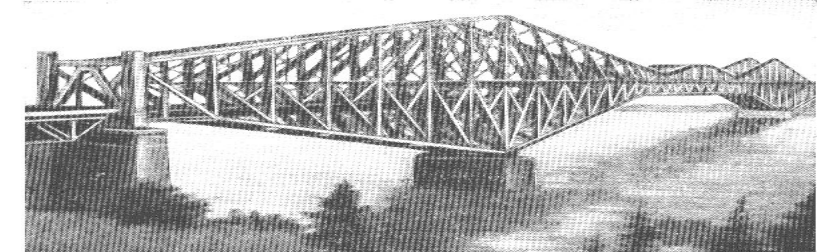


▲ Рис.П.4.8. Балочно-неразрезной мост Абукумагава №2 в Японии на скоростной железнодорожной магистрали Тохоку (Токио – Мариока)

По балочно-консольной системе были построены знаменитые металлические мосты: Фортский (наибольший пролет $l_{max} = 521$ м), рис.П.4.9 и Квебекский ($l_{max} = 549$ м), рис.П.4.10.



▲ Рис.П.4.2.9. Металлический балочно-консольный мост через Фортский залив в Шотландии с наибольшим пролетом в 521 м

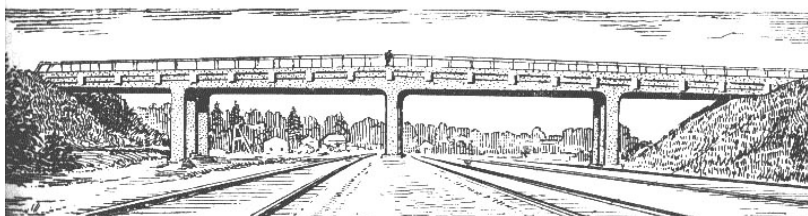


▲ Рис.П.4.10. Металлический балочно-консольный мост через залив Св.Лаврентия (Квебек, Канада) с наибольшим пролетом 549 м

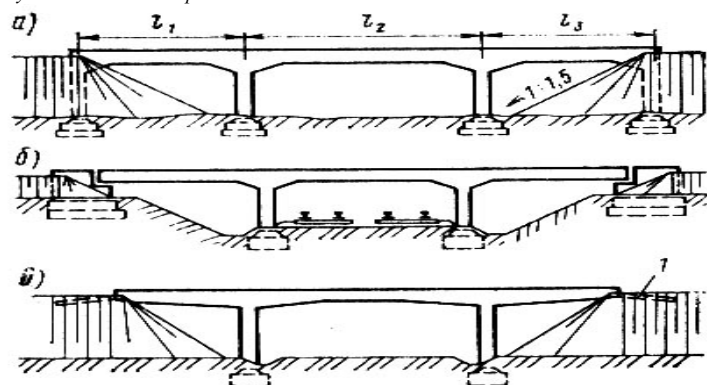
В России построены мосты через реку Волгу в Ярославле и Костроме с равно-консольными и неразрезными балочными пролетными строениями.

Рамные системы за счет совместной работы ригеля с опорой и уменьшения, вследствие этого, изгибающих моментов в пролете, позволяют уменьшить строительную высоту пролетных строений. Опорные стойки рамных мостов имеют меньшие размеры по сравнению с массивными опорами для балочных пролетных строений, поэтому рамные мосты экономичнее балочных по расходу бетона. Рамные пролетные строения имеют разнообразную конструкцию. Они бывают однопролетными, многопролетными, консольными (см. рис.П.4.11), неразрезными, с наклонными стойками или рамно-подкосной системы.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТЕ



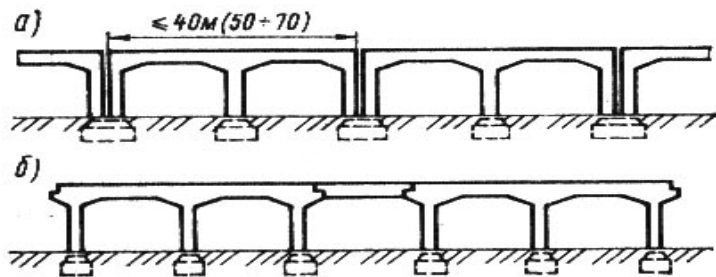
▲ Рис.П.4.11. Четырехпролетный неразрезной рамно-консольный путепровод над многопутной железной дорогой



▲ Рис.П.4.12. Схемы рамных мостов из обычного железобетона: а - с устройством крайних стоек, входящих в насыпь; б - с устоями; в - сопряжение с насыпью посредством консоли

Монолитные рамы, см. рис.П.4.12, применяются при малодеформируемых грунтах в основании опор и небольших длинах мостов.

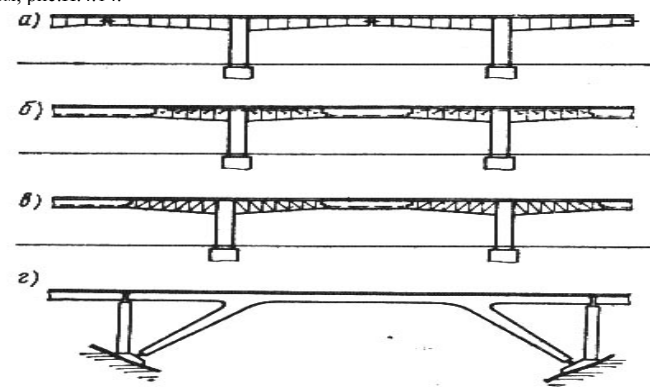
Для того, чтобы исключить возможность возникновения дополнительных изгибающих моментов в конструкции рамных мостов включают деформационные швы, рис.П.4.13.



ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТЕ

▲ Рис.П.4.13. Схемы рамных мостов из обычного железобетона с деформационными швами: а - путем установки двойных стоек; б - за счет устройства подвесных балок с продольно-подвижным опиранием одного из концов

В современных рамных системах из предварительно напряженного железобетона основной конструкции служат Т-образные рамы, ригели которых монтируются навесным способом, рис.П.4.14.



▲ Рис.П.4.14. Схемы рамных мостов из предварительно напряженного железобетона: а - рамно-консольная; б - рамно-подвесная; в - рамно-подвесная со сквозным решетчатым ригелем; г - рамно-неразрезная с наклонными стойками («бегающая лань»)

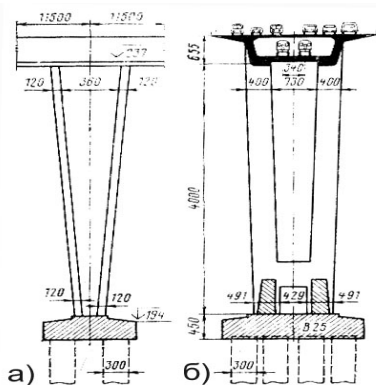
В металлических мостах рамы небольших пролетов и высоты имеют ригели и стойки двутаврового сечения, а больших пролетов – коробчатое сечение или сквозные фермы.

В мостах через реки тонкие железобетонные стойки могут повреждаться льдом или плавучими предметами, поэтому рамные системы хорошо приспособлены для путепроводов, виадуков и эстакад под автомобильную нагрузку в городских условиях, через горные ущелья и долины рек.

Однако известны примеры применения рамной конструкции для железнодорожных мостов. Так во Франции построен однопутный мост через реку Рону. Этот мост включает пять двухшарнирных рам с пролетами по 56 м.

Двухъярусный виадук рамно-неразрезной системы через долину Нусле в Праге (Чехия) имеет длину 485 м и выполнен по схеме 68,25 + 3x115,50 + 68,25, рис.П.4.15.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТЕ

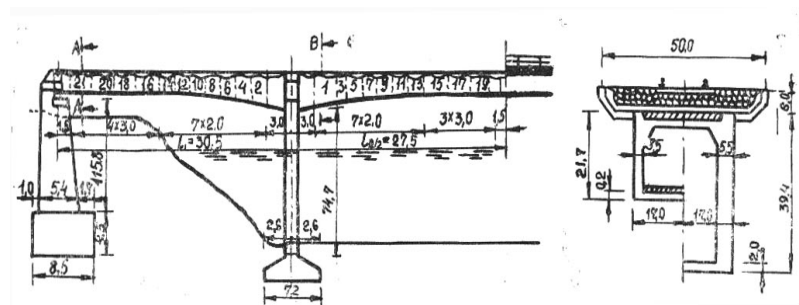


▲Рис.П.4.15. Гибкая опора рамно-неразрезного виадука под совмещенную езду через долину р.Нусле, (г.Прага, Чехия): пролетное строение однокоробчатого сечения с наклонными стенками возведено методом навесного бетонирования; верхняя плита предназначена для шестирядного автомобильного движения, а нижняя – для двух путей метрополитена;
а) фасад; б) поперечное сечение; размеры в см

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТЕ

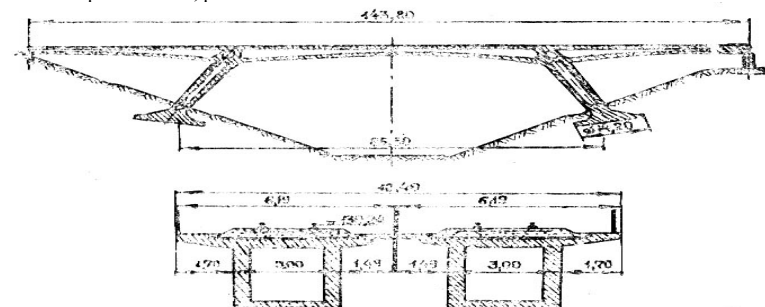
В Словении через р.Горнад сооружен однопутный железнодорожный мост трехпролетной рамной системы с пролетами 30,5+55,0+30,5 м. Ригель рамы коробчатого сечения монтировался методом уравнишенной навесной сборки из отдельных блоков длиной до 3 м и массой до 35 т, рис.П.4.16.

В Австрии на мосту через р.Кремс применена двухшарнирная рамная конструкция из монолитного железобетона с пролетом 31,2 м, ригелем высотой 1,1 м и безбалластной проезжей частью.



▲Рис.П.4.16. Фрагмент однопутного железнодорожного рамного трехпролетного моста через р.Горнад (Словения): а - фрагмент фасада моста; б - коробчатое поперечное сечение ригеля переменной высоты

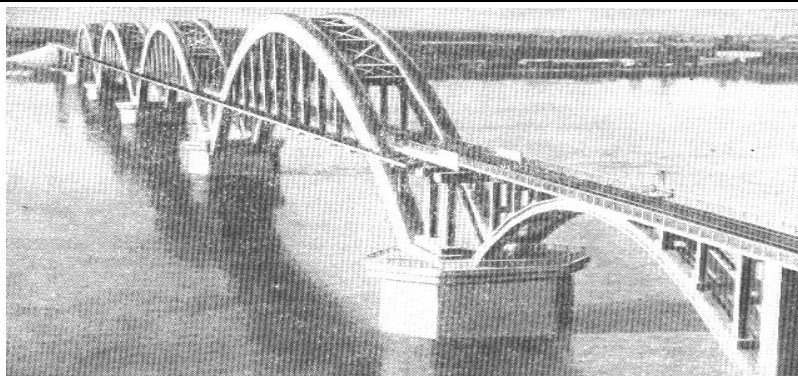
Двухпутный железнодорожный путепровод Хоррем у г.Кельна (Германия) построен на дороге, предназначенной для перевозки бурого угля в специальных вагонах особо большой грузоподъемности с осевой нагрузкой до 300 кН/ось. Тем не менее, для путепровода была выбрана рамная система с наклонными стойками при расстоянии между их пятами равном 89 м, рис.П.4.17.



▲Рис.П.4.17. Двухпутный рамный путепровод под железнодорожную нагрузку до 300 кН/ось с ездой поверху на балласте (г.Кельн, Германия): а - фасад путепровода; б - замкнутое коробчатое поперечное сечение ригеля

Арочные распорные системы (с ездой поверху и посередине) позволяют перекрывать значительные пролеты до 500 м. Например, в СССР были построены: мост под железную и автомобильную дороги через реку Ст. Днепр с пролетом 228 м, а также большой железнодорожный арочный мост из сборного железобетона с главными пролетами по 150 м, рис.П.4.18.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТЕ

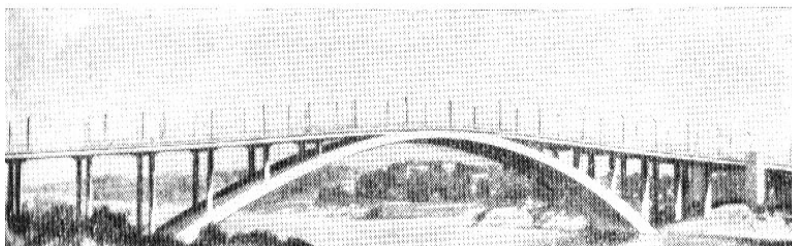


▲ Рис. П.4.18. Железнодорожный арочный мост из сборного железобетона с главными пролетами по 150 м с ездой посередине

На рис. П.4.19 – П.4.21 приведены примеры больших арочных мостов и виадука.

На рис. П.4.22 приведены основные схемы железобетонных арочных пролетных строений.

Металлические арочные фермы имеют серповидное (см. рис. П.4.2 в), параллельное, переменное или порталное очертание поясов.

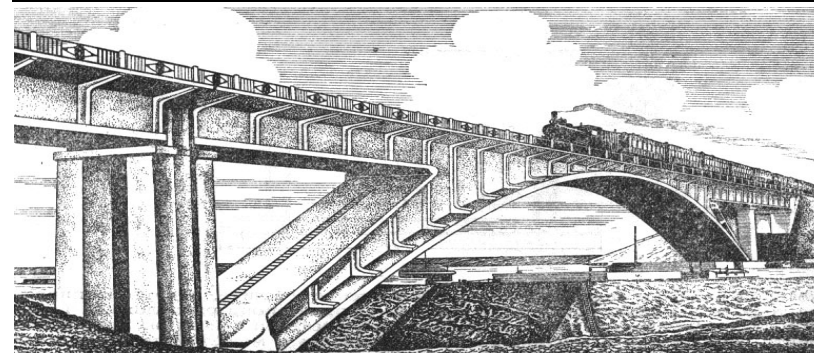


▲ Рис. П.4.19. Большой арочный железобетонный мост через р.Параматта (Сидней, Австралия) с главным пролетом 305 м с ездой поверху

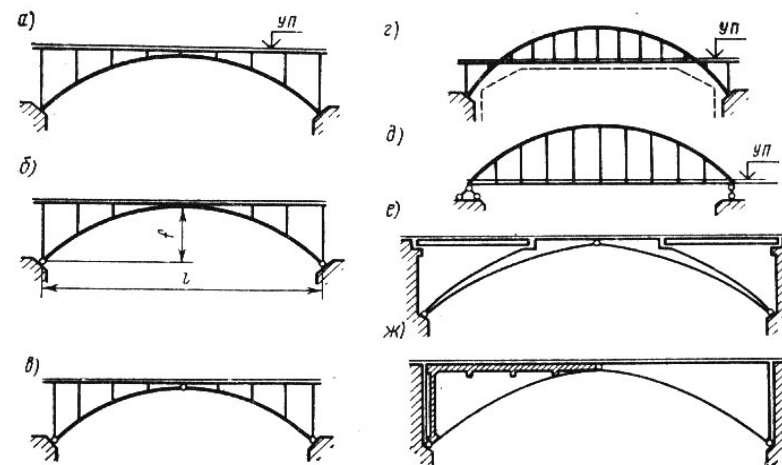


▲ Рис. П.4.20. Галенский арочный виадук в Берне (большой свод пролетом 87 м)

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТЕ



▲ Рис. П.4.21. Арочный двухпутный железнодорожный железобетонный мост через канал им.Москвы (1936 г.) с пролетом 120 м: статическая схема – трехшарнирная арка с опиранием балок на свод и опоры без промежуточных стоек

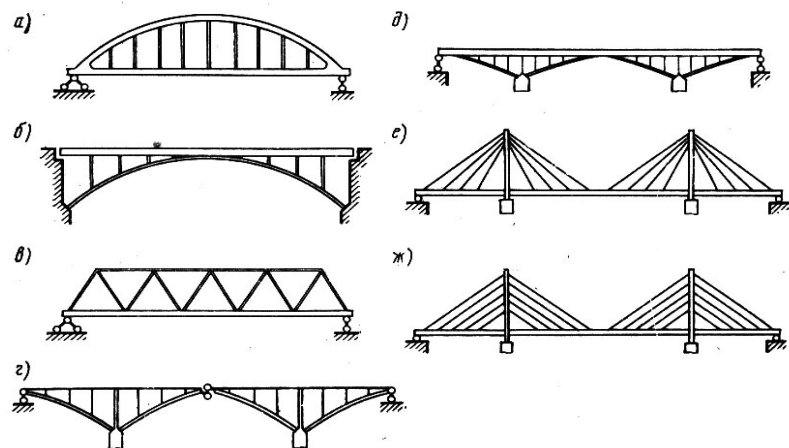


▲ Рис. П.4.22. Схемы железобетонных арочных пролетных строений: а - бесшарнирное с ездой поверху; б - двухшарнирное с ездой поверху; в - трехшарнирное с ездой поверху; г - бесшарнирное с ездой посередине; д - комбинированное безраспорное с ездой понизу (арка с затяжкой); е - с опиранием балок на свод и опоры без промежуточных стоек; ж - с дисковыми арками

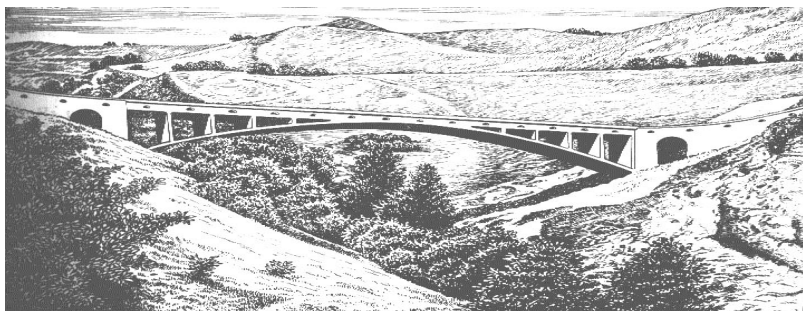
Однако, распорные системы требуют надежного основания, желательно - скального. Арочные пролетные строения с ездой понизу, как правило, выполняют безраспорными (арка с затяжкой, см. рис. П.4.23 а). Пример виадука по комбинированной схеме – «жесткая балка с гибкой аркой» см. рис. П.4.24.

Комбинированными называются пролетные строения, главная несущая часть которых состоит из нескольких объединенных простых систем, совместно воспринимающих нагрузки, см. рис. П.4.23 - П.4.25.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТЕ



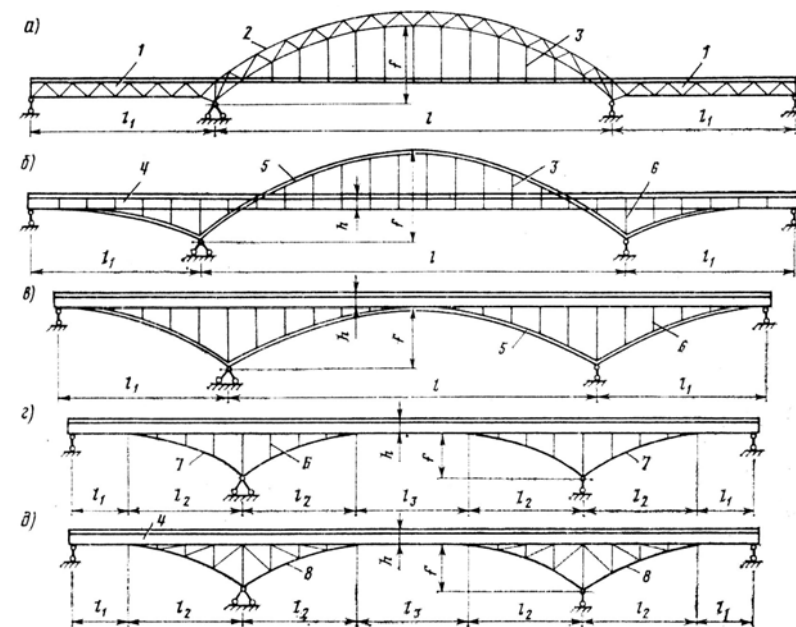
▲ Рис.П.4.23. Схемы комбинированных железобетонных пролетных строений: а - арка с затяжкой; б - жесткая балка и гибкая арка; в - сквозные главные фермы с жестким нижним поясом; г - арочно-консольная (зацементированные в опоры полуарки, объединенные затяжками); д - неразрезная балка, усиленная подпругами; е - вантовый мост с балкой жесткости (с радиальным расположением вант); ж - то же (с параллельными вантами)



▲ Рис.П.4.24. Автодорожный виадук через глубокий лог: статическая система - комбинированная - жесткая балка с гибкой аркой

Комбинированные многопролетные системы металлических мостов, приведенные на рис.П.4.25, обладают высокой вертикальной жесткостью, позволяют регулировать величину и распределение усилий в элементах, что обеспечивает экономию стали. Комбинированные схемы применяются, в основном, для автодорожных мостов: неразрезная арочная, арочно-консольная, веерно-подкосная, балка с гибкими подпругами, неразрезные балки, усиленные вантами.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТЕ



▲ Рис.П.4.25. Схемы многопролетных комбинированных систем металлических мостов: а - балочная и арочная фермы, соединенные в неразрезную конструкцию; б - неразрезная балка с гибкой аркой с ездой посередине; в - то же, с ездой поверху; г - неразрезная балка, усиленная над опорами полуарками-подпругами; д - то же, с усилением фермами; 1 - балочная ферма; 2 - арочная ферма; 3 - подвеска; 4 - сплошнотенчатая неразрезная балка; 5 - гибкая арка; 6 - стойка; 7 - гибкая полуарка (подпруга); 8 - стержневая ферма

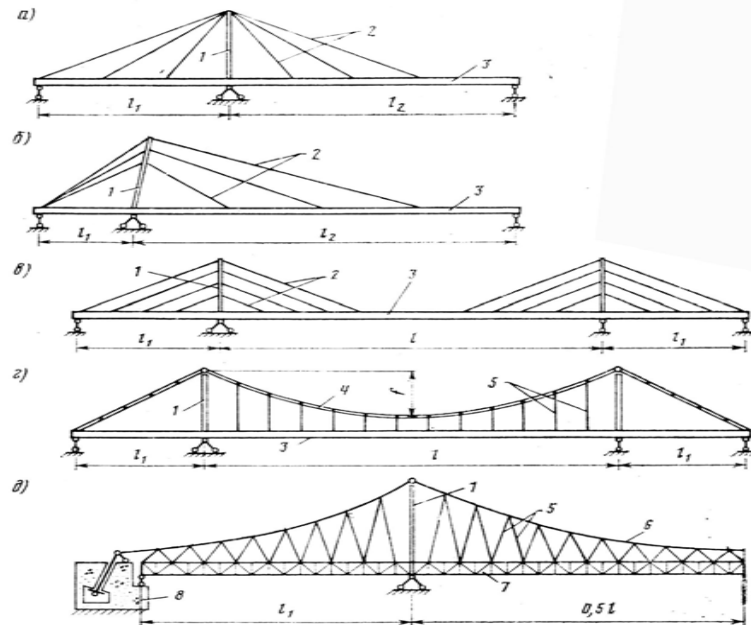
Вантовые системы, рис.П.4.26, имеют перспективы применения не только для автодорожных, но и для железнодорожных мостов. Достоинством вантовых (и висячих) систем является рациональное использование высокопрочных сталей в растянутых элементах; способность перекрывать очень большие пролеты и высокая экономичность конструкций при больших пролетах; возможность навесной сборки и высокие архитектурные качества.

В Англии осуществлено строительство монолитного железнодорожного двухпутного вантового моста с пролетами по 59,37 м с ж/б коробчатой балкой жесткости. Недалеко от Лондона построен вантовый двухпутный путепровод; два пролета величиной по 54,90 м перекрываются двумя неразрезными балками жесткости, которые поддерживаются вантами в каждой трети пролета, рис.П.4.27.

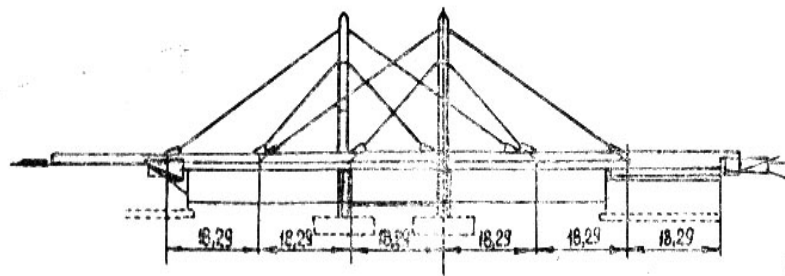
В Германии через реку Майн у Хёхста в 1971 г. был построен вантовый железобетонный мост многолучевой системы под совмещенную нагрузку, рис.П.4.28. Неразрезная преднатяженная балка жесткости коробчатого сечения простирается на шесть пролетов, наибольший из которых равен 148,00 м. Примечательно, что вначале предполагалось строительство стального моста, однако вантовый из железобетона оказался более целесообразным, т.к. выгодно отличался не только лучшими технико-экономическими показателями и более простым способом постройки, но и высокой стойкостью против

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТЕ

коррозии в условиях исключительной агрессивности среды, вызываемой близлежащими химическими заводами.

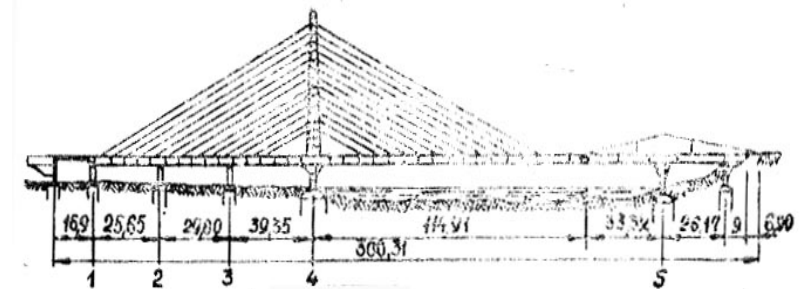


▲Рис.П.4.26. Схемы вантовых и висячих систем: а - вантовый комбинированный мост - балка жесткости, усиленная вантами, имеющими радиальное расположение; б - то же, ванты с верхним расположением; в - то же, ванты с параллельным расположением; г - висячий комбинированный мост с вертикальными подвесками и цепью, закрепленной за балку жесткости; д - висячий комбинированный мост с фермой жесткости с наклонными подвесками и цепью, закрепленной за анкерные опоры; 1 - пилон; 2 - канаты-ванты; 3 - балка жесткости; 4 - цепь; 5 - подвески; 6 - кабель; 7 - ферма жесткости; 8 - анкерная опора



ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТЕ

▲Рис.П.4.27. Железнодорожный вантовый двухпутный путепровод с неразрезными балками жесткости с пролетами по 54,90 м (Англия)



▲Рис.П.4.28. Вантовый железобетонный мост многолучевой схемы под совмещенную нагрузку с неразрезной преднапряженной балкой наибольшим пролетом 148,00 м (Германия)

В Японии через р.Омото построен железнодорожный вантовый мост с неразрезными железобетонными балками жесткости длиной около 400 м. Вантовая часть моста включает три пролета по схеме 46+85+46. На этом мосту впервые в мире ванты выполнены из преднапряженного монолитного железобетона с целью не только защиты металла от коррозии, но и увеличения жесткости конструкции и снижения расхода металла, идущего на изготовление стальных вант.

Таким образом, для железнодорожных мостов, путепроводов, виадуков и эстакад успешно применяют различные системы с различными типами пролетных строений.

П.4.3. Обоснование выбора статических систем и типов пролетных строений мостов, рекомендуемых в курсовом проекте

В курсовом проекте рекомендуются для применения две статические системы для всех ИССО: балочная разрезная и комбинированная (арка с затяжкой), которая по воздействию на опоры и основание аналогична балочной разрезной.

Такое решение позволит, даже не имея инженерно-геологических данных по оси мостового перехода, получить надежную конструкцию (т.к. балочные неразрезные, арочные и рамные системы требуют прочных непросадочных оснований).

Кроме того, размещение ИССО, в первую очередь – мостов, выполняется в курсовом проекте не в условиях городской застройки, когда предъявляются повышенные требования к внешнему виду моста¹ и когда может понадобиться пониженная строительная высота конструкции².

¹ Хорошими архитектурными данными обладают арочные мосты с ездой поверху или посередине, вантовые и висячие мосты, а также рамные неразрезные с наклонными стойками – «бегущая лань».

² По условиям «сопряжения» с существующими автодорогами – улицами городов, поселков, с трамвайными, троллейбусными линиями и линиями метрополитена.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТЕ

Наконец, в курсовом проекте условно принято, что все реки в районе проектирования – несплавные и несудоходные, поэтому перед проектировщиком - студентом не будет стоять задача размещения судоходных и несудоходных пролетов, с учетом подмостовых габаритов, зависящих от класса судоходности реки.

Итак, в курсовом проекте заранее выбраны следующие схемы и типы пролетных строений.

Для проектирования мостов:

- 1) балочная разрезная схема – преднапряженные железобетонные ребристые пролетные строения полной длиной до 34,20 м с ездой поверху на балласте, см. прил.6;
- 2) комбинированная схема (арка с затяжкой) – преднапряженные железобетонные пролетные строения длиной до 67,00 м с ездой понизу на балласте, см. прил.7;
- 3) балочная разрезная - металлические решетчатые сквозные фермы длиной до 159,66 м с ездой понизу на деревянных поперечинах³, см. прил.8.

Для проектирования виадуков, путепроводов и эстакад (под железнодорожную нагрузку):

- 1) балочная разрезная схема – железобетонные пролетные строения длиной до 34,20 м с ездой поверху на балласте, прил.5, 6.

Для проектирования путепроводов (под автомобильную нагрузку):

- 1) балочная разрезная схема – преднапряженные железобетонные ребристые пролетные строения полной длиной до 42,00 м.

Такое решение, конечно, снижает возможность составления различных схем моста для дальнейшего их технико-экономического сравнения и выбора оптимальной схемы. Но в условиях курсового проектирования вполне можно ограничиться приблизительным и безальтернативным составлением схемы моста, разумеется, с обязательным обеспечением главных требований: *безопасности, плавности и бесперебойности движения поездов*⁴.

Что касается выбора материала пролетных строений, то мы постарались таким образом расположить пролетные строения в приложениях 5 - 8 (по возрастанию их полной длины), чтобы *максимально использовать железобетон и особенно – предварительно напряженный железобетон*.

Учитывалась мировая конъюнктура цен, которая, в целом, благоприятна для железобетона⁵. Отношение стоимостей в деле 1 т стали металлического моста к 1 м³ кладки железобетонного моста достигает (при строительстве мостов со средними и большими пролетами) от 1,8 в России до 6,0 во Франции /17/. *Преимущества пролетных строений из предварительно напряженного железобетона:* большая жесткость конструкций, высокая скорость строительства, низкие эксплуатационные расходы и надежная защита металла конструкций от вредного воздействия внешней среды.

Например, в Германии мосты с пролетными строениями из предварительно напряженного железобетона оказываются более экономичными, чем стальные при пролетах до 120 м, а с использованием вантовых систем – до 250 м (под железнодорожную нагрузку) и до 400 м (под автомобильную нагрузку).

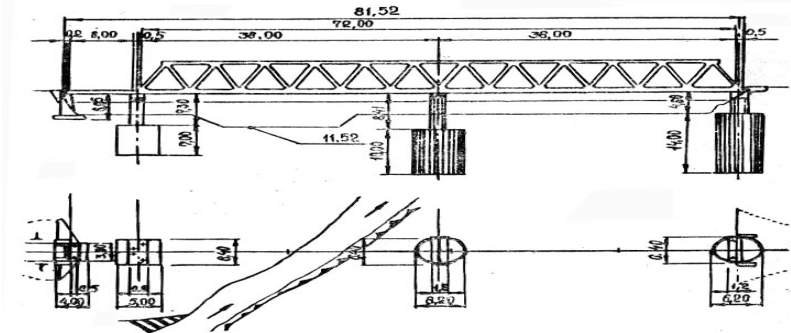
³ Рекомендуется применять при больших величинах отверстия и высоты моста для уменьшения количества промежуточных (руслых) опор.

⁴ Требования будут выполнены при условии выполнения соответствующих проверок. Требование *экономичности* в данном случае не преследуется.

⁵ Для повышения конкурентоспособности железобетона по сравнению со сталью, а именно, для снижения собственного веса железобетонных конструкций используют несколько путей: применение безбалластных конструкций мостового полотна, например, с опиранием рельсов на плиту проезжей части через упругие подкладки; использование высокопрочных бетонов на легких заполнителях или тяжелых сверхпрочных бетонов (марки М:600); применение пролетных строений со сквозными решетчатыми фермами.

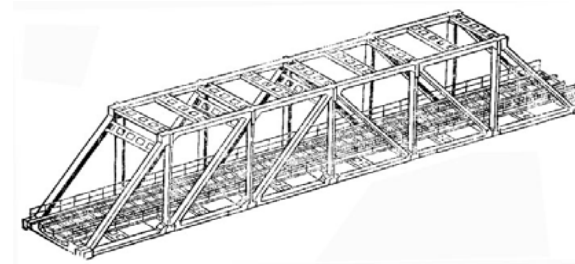
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТЕ

В Японии разработаны типовые проекты *железобетонных пролетных строений* с решетчатыми главными фермами для езды поверху с пролетами 24, 36 и 45 м и для езды понизу с пролетом 45 м. Например, в Японии построен мост с балочно-неразрезным железобетонным пролетным строением в виде сквозных решетчатых ферм с ездой понизу, рис.П.4.29.



▲ Рис.П.4.29. Балочно-неразрезной мост 2x36 со сквозными решетчатыми главными железобетонными фермами, построенный на железнодорожной магистрали в Японии

В России кроме приведенных в приложении 5 типовых преднапряженных пролетных строений комбинированной схемы (арка с затяжкой) полной длиной - 44,80; 55,80 и 67,00 м разработаны *типовые сборные арочные* пролетные строения с напрягаемой при монтаже арматурой полными длинами 46,60; 56,06 и 67,06 м, а также разрабатываются и осуществляются отдельные проекты мостов с *комбинированными преднапряженными (безраспорными арочными)* пролетными строениями до 127 м и *железобетонными решетчатыми главными фермами* длиной до 63 м, рис.П.4.30.



◀ Рис.П.4.30. Пролетное строение из предварительно напряженного железобетона: (расчетный пролет 55 м; две главные сквозные решетчатые фермы, езда понизу на балласте)

Во Франции применение в железнодорожных мостах стальных конструкций вместо *преднапряженных железобетонных* считается целесообразным лишь в висячих мостах с пролетами более 400 м.

В Австрии на железной дороге Тауэрн в районе Линдиш построен арочный железобетонный мост, имеющий пролет 154 м, расположенный на высоте 160 м от поверхности земли.

В Италии железнодорожный железобетонный мост через долину р.Пальи протяженностью 5375 м состоит из 205 *балочных разрезных* пролетных строений по 25 м и 5 арочных с пролетами по 50 м.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТЕ

В Испании в 1975 г. был построен железобетонный мост у г.Героны длиной более 2000 м с пролетами по 20 м.

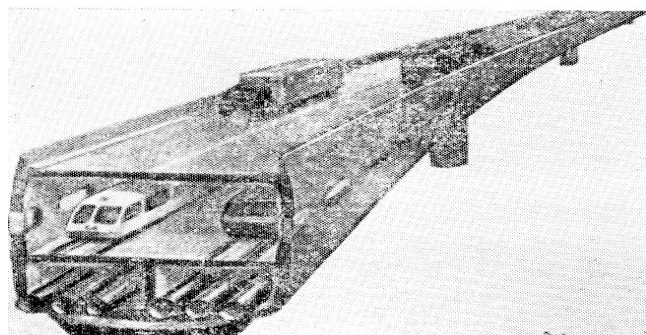
В Португалии из сборного преднапряженного железобетона построены на железной дороге: виадук у Мелидиш длиной 450 м, виадук через долину р.Саду длиной около 2000 м, мост у Каскалейра длиной 550 м и мост через р.Маратека длиной 840 м.

В Турции через р.Мурат построен балочно-разрезной железобетонный мост под совмещенную езду в одном уровне длиной 336 м по схеме 6x44+2x36 м.

В Бразилии на большом мосту под совмещенную езду через р.Сан-Франсиску применено одно из самых длинных железобетонных неразрезных пролетных строений (34,6+11x44,8+34,0 = 561,4 м).

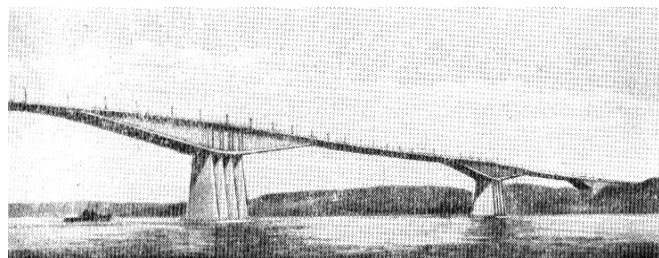
Железобетон применяется также в проектах особо крупных сооружений. Например, для моста через пролив Большой Бельт в Дании подходы к судоходным пролетам на длине более 10 км запроектированы из железобетонных коробчатых пролетных строений длиной по 40 м, объединенных в 6-пролетные неразрезные балки.

Существует проект железобетонного моста через Берингов пролив (шириной около 80 км и глубиной около 55 м) с 220 пролетами по 360 м. Мост предназначен для железной и автомобильной дорог и шести линий нефтепровода, рис.П.4.31.



▲ Рис.П.4.31. Проект железобетонного моста через Берингов пролив

По одному из вариантов железобетонного моста через пролив Босфор главный пролет моста равен 600 м, рис.П.4.32.



▲ Рис.П.4.32. Проект железобетонного моста через пролив Босфор

Таким образом, в приложении 4 сделан обоснованный выбор для целей курсового проектирования статических систем проектируемых мостов: балочно-разрезной и комбинированной (безраспорная арка с затяжкой) и типов пролетных строений: в первую

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОСТОВ И ТИПОВ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЕКТЕ

очередь, рекомендуются для применения – преднапряженные железобетонные ребристые балки, прил.6 или сборные преднапряженные железобетонные арки с затяжками, прил.7.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5.

БАЛОЧНЫЕ ПРОЛЕТНЫЕ СТРОЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МОСТОВ ИЗ ОБЫЧНОГО ЖЕЛЕЗБЕТОНА С НОРМАЛЬНОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ВЫСОТОЙ

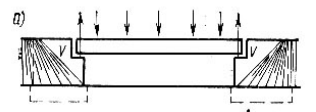
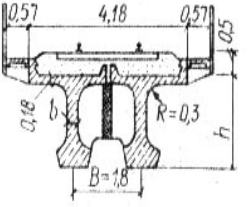
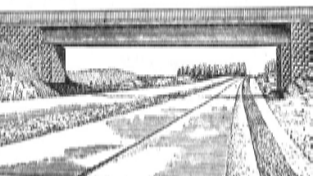
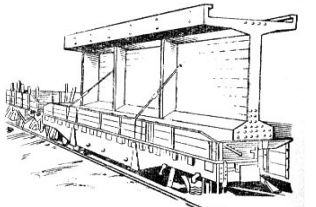
Статическая схема, внешний вид моста и пролетных строений	Поперечное сечение пролетного строения и конструкция мостового полотна	Полная длина l_n , м	Строительная высота в пролете s , м	
<p>Статическая схема – балочная разрезная</p>	<p>Плитное одноблочное с ездой поверху на балласте</p>	2,95	0,80	
<p>Общий вид четырехпролетного балочного моста</p>	<p>Плитное двухблочное с ездой поверху на балласте</p>	4,00	0,85	
		5,00	0,90	
		6,00	0,95	
<p>Плитное одноблочное пролетное строение</p>	<p>Плитное двухблочное пустотное с ездой поверху на балласте</p>	7,30	1,05	
		<p>Ребристое одноблочное (монолитное,</p>	<p>Ребристое двухблочное с ездой поверху на балласте</p>	9,30
				11,50
			13,50	1,70

**ПРИЛОЖЕНИЕ 5. БАЛОЧНЫЕ ПРОЛЕТНЫЕ СТРОЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ
МОСТОВ ИЗ ОБЫЧНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

старой проектировки) пролетное строение		16,50	1,90
---	--	-------	------

ПРИЛОЖЕНИЕ 6.

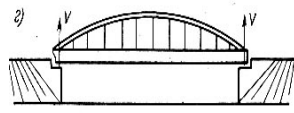
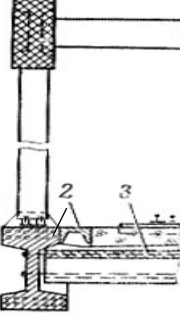
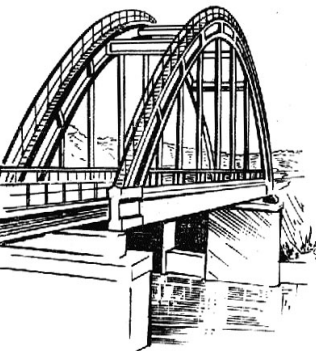
**БАЛОЧНЫЕ ПРОЛЕТНЫЕ СТРОЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ
МОСТОВ ИЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОГО
ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

Статическая схема, внешний вид моста и пролетных строений	Поперечное сечение Пролетного строения и конструкция мостового полотна	Полная длина l_m , м	Строительная высота в пролете c , м
 Статическая схема – балочная разрезная	 Ребристое двухблочное с ездой сверху на балласте	18,70	2,05
 Общий вид однопролетного балочного путепровода над автомобильной дорогой		23,60	2,35
 Ребристое пролетное строение из преднапряженного железобетона транспортируется к месту монтажа		27,60	2,75
		34,20	2,94

**ПРИЛОЖЕНИЕ 7. КОМБИНИРОВАННЫЕ ПРОЛЕТНЫЕ СТРОЕНИЯ Ж.- Д. МОСТОВ ИЗ
ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**


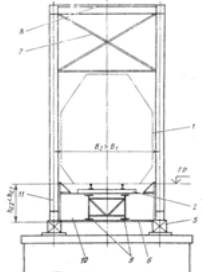
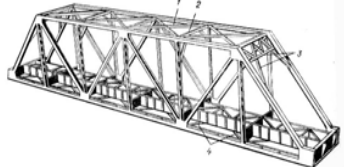
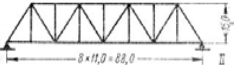

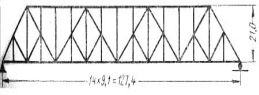
ПРИЛОЖЕНИЕ 7.

**КОМБИНИРОВАННЫЕ ПРОЛЕТНЫЕ СТРОЕНИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МОСТОВ ИЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО
НАПРЯЖЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

Статическая схема, внешний вид моста и пролетных строений	Поперечное сечение пролетного строения и конструкция мостового полотна	Полная длина l_m , м	Строительная высота в пролете c , м
 Статическая схема – комбинированная – внешне безраспорная арка с затяжкой	 1 - арка – железобетонная, сечение двутавровое. 2 – затяжка – балка жесткости – из предварительно напряженного железобетона, сечение – двутавровое. Езда понизу по балласту- 3	44,80	1,65
 Внешний вид железобетонного моста с комбинированным пролетным строением: безраспорная жесткая арка с жесткой затяжкой		55,80	1,65
		67,00	2,05

ПРИЛОЖЕНИЕ 8.

РАЗРЕЗНЫЕ ПРОЛЕТНЫЕ СТРОЕНИЯ МОСТОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ СКВОЗНЫМИ ГЛАВНЫМИ ФЕРМАМИ

Статическая схема, внешний вид моста и пролетных строений	Поперечное сечение пролетного строения и конструкция мостового полотна	Полная длина l_n , м	Строительная высота в пролете s , м
 <p>Статическая схема – балочная разрезная, пролетные строения – сквозные металлические фермы с ездой понизу</p>	 <p>Пояса главных ферм коробчатого сечения (сварные, клепаные), монтажные соединения на высокопрочных болтах. Езда понизу на <i>деревянных поперечинах</i> – 2 (без балласта)</p>	77,96	1,57
 <p>Пролетное строение железнодорожного моста – две <i>сквозные главные фермы</i> – 5, связанные между собой: <i>диагоналями верхних продольных связей</i> – 1, <i>распорками верхних продольных и поперечных связей</i> – 2, <i>портальными поперечными связями</i> – 3 и <i>нижними продольными связями</i> – 4</p>	 <p>Главные фермы с параллельными поясами, решетка треугольная с дополнительными подвесками и стойками</p>	89,14	1,85
 <p>Портал пролетного строения железнодорожного моста: езда понизу на <i>деревянных поперечинах</i></p>	 <p>Главные фермы с параллельными поясами, решетка – шпренгельная</p>	111,14	1,85
		128,54	1,85
		146,60	1,94
		159,66	2,02

ПРИЛОЖЕНИЕ 9.

ПРИМЕРЫ СОСТАВЛЕНИЯ СХЕМЫ МОСТА

В приложении 9 даны рекомендации по составлению схем мостов в курсовом проекте. Приведены три примера составления схемы моста. В приложении использованы материалы работ /18/ - /23/

П.9.1. Рекомендации по составлению схем мостов

Проверку по формулам (2.15) или (2.17) следует производить, если Вы решили попробовать в схеме моста пролетное строение *меньшей длины*, чем рассчитанная по формулам (2.12) или (2.13). Если Вы принимаете пролетное строение равное или большее по длине, то проверку можно не делать, т.к. отверстие или ширина главного русла (уклон конусов моста) будут обеспечены²⁵.

Диапазон типовых пролетных строений с ездой по балласту в настоящее время довольно широк от 2,95 м (прил.5) до 67,00 м (прил.7). Поэтому даже большие мосты могут быть расположены на уклонах и в кривых. Однако не следует злоупотреблять этими возможностями. Средние и большие мосты рекомендуется располагать на прямой в плане и на площадке в профиле. *Именно овладению навыками трассирования подходов к мостам и проектированию трассы в пределах мостового перехода следует уделить наибольшее внимание в курсовом проекте.*

Качество Вашего проекта складывается из достоинств принимаемых решений по отдельным его разделам. Если мостовой переход расположен на кривой или «зажат» в плане между кривыми, если в продольном профиле мост расположен на уклоне на высокой насыпи, то улучшение трассы на последующих стадиях проектирования потребует значительных перепроектировок, что весьма нежелательно. К размещению больших мостов следует подходить также тщательно, как и к размещению отдельных пунктов, бережно вписывая их в рельеф местности.

П.9.2. Примеры составления схемы моста²⁶

Пример №1.

- По продольному профилю графически определяем: ширину русла реки на уровне меженных вод ($УМВ$) $B_p = 50$ м; суммарную ширину разлива высокой воды при расчетном уровне высоких вод ($ПУВВ$) $(B_n + B_p) = 250$ м.
- Рассчитываем суммарную ширину пойменного потока воды при $ПУВВ$: $B_n = (B_n + B_p) - B_p = 250 - 50 = 200$ м.
- По формуле (2.1) определяем требуемое отверстие моста:

²⁵ В дипломном проекте, разумеется, следует обеспечить точное «попадание» выбранной схемы в пределы разрешенных $\pm 8\%$. Этого можно добиться, применяя различные длины пролетных строений в схеме моста, см. рис.П.3.13-П.3.15, или использовать другие типы пролетных строений, кроме указанных в прил.5 – 8. В курсовом проекте значительное, сверх допуска, превышение отверстия (длины) моста *может быть оставлено без изменений* с учетом того, что после выбора одного из вариантов трассы, на стадии *проекта* и далее – *рабочих чертежей* по крупномасштабным планам и материалам полевых изысканий с использованием данных инженерно-геологической съемки схема моста будет уточнена, возможно даже изменена.

²⁶ Исходные данные для примеров №1 - №3 – условные.

- $L_{оме} = B_p + 0,08 \cdot B_n = 50 + 0,08 \cdot 200 = 66 \text{ м.}$
- На профиле откладываем от середины русла реки величину равную половине потребного отверстия моста ($L_{оме} / 2 = 66 / 2 = 33 \text{ м}$) в масштабе округленно 50 м . Определяем графически среднюю высоту насыпи $h_n = 18 \text{ м}$.
 - Намечаем число пролетов моста (учитывая значительную высоту насыпи) $n = 1$ - однопролетный мост без промежуточных опор.
 - Рассчитываем по формуле (2.12) минимально необходимую полную длину пролетного строения из условия обеспечения потребного отверстия моста:
 $L_{n(min)Lоме} = (L_{оме} - 6 + 3 \cdot n) / n = (66 - 6 + 3 \cdot 1) / 1 = 63,00 \text{ м.}$
 - Рассчитываем по формуле (2.13) минимально необходимую полную длину пролетного строения из условия обеспечения ширины главного русла реки:
 $L_{n(min)Bp} = (B_p + 3 \cdot h_n - 6) / n = (50 + 3 \cdot 18,00 - 6) / 1 = 98,00 \text{ м.}$
 - Принимаем по прил.8 пролетное строение – металлическое с двумя сквозными решетчатыми фермами, с ездой понизу на деревянных поперечинах полной длиной $L_n = 111,14 \text{ м}$.
 - Рассчитываем по формуле (2.16) длину моста
 $L_m = n \cdot L_n + 8 = 1 \cdot 111,14 + 8 = 119,14 \text{ м.}$
 - Пробуем «экономить», приняв ближайшее меньшее по длине пролетное строение $L_{n2} = 89,12 \text{ м}$.
 - Рассчитываем по формуле (2.18) обеспеченную величину главного русла
 $B_{p(обеспеч)} = L_{n2} \cdot n - 3 \cdot h_n + 6 = 89,12 \cdot 1 - 3 \cdot 18,00 + 6 = 41,12 \text{ м.}$
 - Выполняем проверку по условию (2.17) $|(B_p - B_{p(обеспеч)}) / B_p| \leq 0,08$;
 $|(B_p - B_{p(обеспеч)}) / B_p| = |(50,00 - 41,12) / 50,00| = 0,18 > 0,08$, погрешность составляет более 8%, проверка не выполняется и применить в данном случае меньшее пролетное строение нельзя.

Вывод: следует остановить свой выбор на первом варианте схемы моста.

Схема №1: однопролетный мост с обсыпными устоями, металлическое пролетное строение (две сквозные решетчатые фермы) с ездой понизу на деревянных поперечинах полной длиной $L_n = 111,14 \text{ м}$.

Замечание: в сложных топографических условиях, не желая применять на подходах к мосту кривые малого радиуса, чтобы разместить сам мост на прямом участке пути, Вы можете оказаться в ситуации, когда наилучшим вариантом, по-Вашему мнению, было бы – *разместить мост на кривой большого радиуса, скажем, $R=2000 \text{ м}$, с тем, чтобы не ухудшать план линии на подходах к мосту.* Либо, проектируя продольный профиль, Вы хотели бы *разместить мост на уклоне свыше 4%, чтобы не допускать больших объемов земляных работ на подходах к мосту, или не удлинять линию.*

Такие варианты вполне конкурентоспособны в сложных условиях (ведь не случайно в рассмотренном выше *примере №1* запроектирована высокая насыпь $h_n=18,00 \text{ м}$).

Но тогда Вам не подойдет выбранная схема с пролетным строением с ездой на поперечинах, т.к. такие мосты нельзя размещать на кривых. Поэтому ниже приведен *пример №2* для размещения моста на кривой или на уклоне свыше 4%

Пример №2 (подбор схемы трехпролетного моста, размещаемого на кривой или на уклоне свыше 4%), исходные данные – как в *примере №1*.

- Назначаем число пролетов $n = 3$ (одного пролета как в *примере №1* будет недостаточно, см. характеристики пролетных строений в прил.6 и 7).
- Рассчитываем
 $L_{n(min)Lоме} = (L_{оме} - 6 + 3 \cdot n) / n = (66 - 6 + 3 \cdot 3) / 3 = 23,00 \text{ м};$
 $L_{n(min)Bp} = (B_p + 3 \cdot h_n - 6) / n = (50 + 3 \cdot 18,00 - 6) / 3 = 32,67 \text{ м.}$
- Принимаем трехпролетный мост с пролетными строениями из преднапряженного железобетона с ездой поверху по балласту полной длиной $L_n = 34,20 \text{ м}$, см. прил.6.
- Рассчитываем полную длину моста
 $L_m = n \cdot L_n + 8 = 3 \cdot 34,20 + 8 = 110,60 \text{ м.}$

- Решбестое пролетное строение меньшей длины $L_n = 24,70 \text{ м}$ в данном случае *пробовать не стоит*, т.к. слишком велика разница и погрешность будет больше 8%.

Замечание: Учитывая то обстоятельство, что высота насыпи - значительная, можно попробовать “экономить”, уменьшив количество промежуточных опор моста, сократив их количество до одной опоры (при высоте насыпи $h_n=18,00 \text{ м}$ и среднем ледоходе с толщиной льда от 0,5 до 1,0 м быки являются дорогами сооружениями и, хотя одна опора с большой вероятностью попадет в самую глубокую часть русла реки и будет иметь более мощный фундамент, все-таки, экономия на объеме кладки опор и, в целом по всему мосту, вполне возможна). Поэтому следует «посмотреть» вариант №3.

Пример №3 (подбор схемы двухпролетного моста, размещаемого на кривой или на уклоне свыше 4%), исходные данные – как в *примере №1*.

- Назначаем число пролетов $n = 2$ (для уменьшения количества высоких промежуточных опор).
- Рассчитываем
 $L_{n(min)Lоме} = (L_{оме} - 6 + 3 \cdot n) / n = (66 - 6 + 3 \cdot 2) / 2 = 33,00 \text{ м};$
 $L_{n(min)Bp} = (B_p + 3 \cdot h_n - 6) / n = (50 + 3 \cdot 18,00 - 6) / 2 = 49,00 \text{ м.}$
- Принимаем двухпролетный мост с комбинированными пролетными строениями (арка с затяжкой) с ездой по балласту полной длиной $L_n=55,80 \text{ м}$, см. прил.7.
- Рассчитываем длину моста
 $L_m = n \cdot L_n + 8 = 2 \cdot 55,80 + 8 = 119,60 \text{ м.}$

Вывод. Таким образом, были рассмотрены три примера (три варианта) схемы моста).

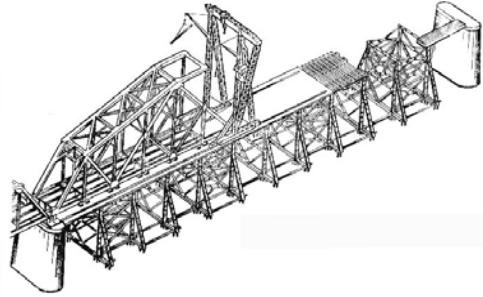
Пример №1. Однопролетный мост с обсыпными устоями балочно-разрезной системы с металлическим пролетным строением (две главные сквозные решетчатые фермы, езда по поперечинам); *схема моста $1 \times 111,14 \text{ м}$; длина моста $L_m = 119,14 \sim 120 \text{ м}$.*

Пример №2. Трехпролетный мост с обсыпными устоями балочно-разрезной системы с железобетонными пролетными строениями (ребристая двухбалочная балка из преднапряженного железобетона); *схема моста $3 \times 34,20 \text{ м}$, длина моста $L_m = 110,60 \sim 111 \text{ м}$.*

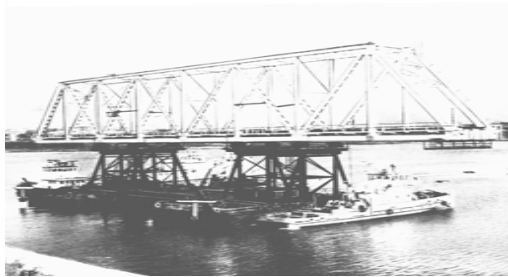
Пример №3. Двухпролетный мост с обсыпными устоями комбинированной системы с железобетонным пролетными строениями (внешне безраспорная арка с затяжкой из преднапряженного железобетона); *схема моста $2 \times 55,80 \text{ м}$, длина моста $L_m = 119,60 \sim 120 \text{ м}$.*

В дипломном проекте выбор схемы моста должен быть выполнен на основе технико-экономического сравнения с учетом всех достоинств и недостатков вариантов.

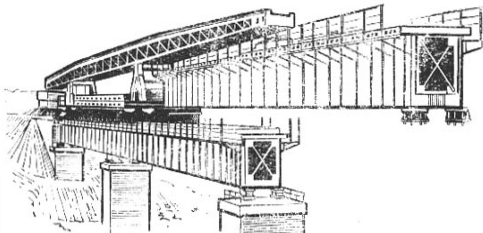
Например, большое значение имеют сравнительные преимущества различных способов монтажа пролетных строений, варианты которых для трех рассмотренных схем моста (с некоторыми отличиями) приведены на рис.П.9.1 – П.9.4



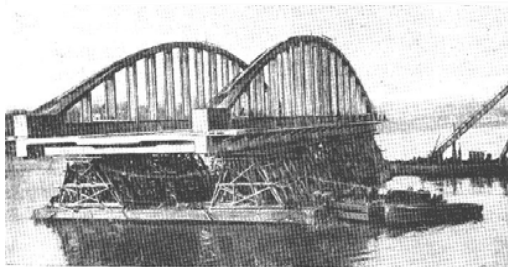
◀Рис.П.9.1. Монтаж металлического пролетного строения (две главные сквозные решетчатые фермы с полигональными верхними поясами) с помощью крана на инвентарных металлических подмостях – один из вариантов монтажа к примеру №1 (отличие – в примере №1 фермы с параллельными поясами)



◀Рис.П.9.2. Доставка металлического пролетного строения (две главные сквозные решетчатые фермы с параллельными поясами) на плаву – один из вариантов монтажа к примеру №1



◀Рис.П.9.3. Монтаж балочного пролетного строения (металлическое коробчатое пролетное строение с ездой поверху на балласте) консольным краном на железнодорожном ходу – вариант монтажа к примеру №2 (отличие - в примере №2 балки железобетонные)



▲Рис.П.9.4. Доставка комбинированного пролетного строения (арка с затяжкой) на плаву – один из вариантов к примеру №3 (отличие – на фото пролетное строение автодорожного моста)

В курсовом проекте разрешается технико-экономическое сравнение схем моста (с учетом проектов организации их строительства) не производить. Сравнение и выбор схемы следует выполнять с использованием следующих соображений:

- 1) при значительной высоте насыпи (свыше 10 м) преимущество имеют схемы мостов с меньшим количеством промежуточных опор и с пролетными строениями с ездой поверху, т.к. уменьшается высота опор;
- 2) пролетные строения из преднапряженного железобетона предпочтительнее металлических, т.к. имеют меньшую строительную стоимость и эксплуатационные расходы.

Следовательно, для условий рассмотренного примера рекомендуется выбрать: схему №1 - если мост расположен на прямой и на площадке (или на уклоне до 4 %) или схему №3 – если мост расположен в кривой или на уклоне свыше 4 %.

П.9.3. Заключение по приложению 9

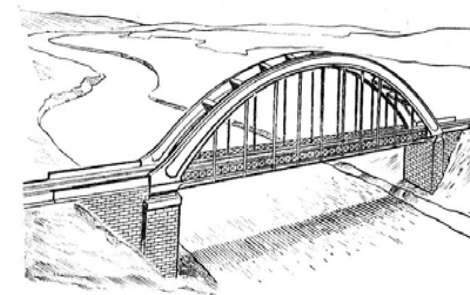
Сделанные нами рекомендации применимы только для курсового проекта. Мы сознательно упростили процедуру определения отверстий мостов, ограничили диапазон варьирования системами мостов, типами пролетных строений и их сочетаниями, чтобы сократить затраты Вашего времени по данному разделу проекта.

Итак, Вы запроектировали мосты на трассе, а Вам хотелось бы на них взглянуть, когда они уже построены и по железной дороге пошли поезда? Ваши мосты могли бы выглядеть следующим образом:

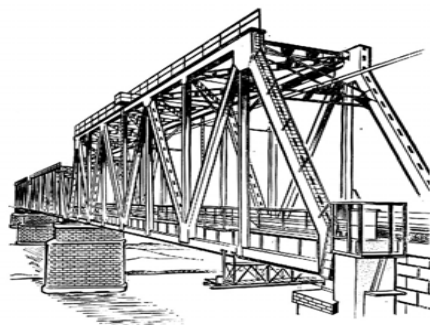
1. балочно-разрезные с железобетонными балками, рис.П.9.5;
2. комбинированные с железобетонными пролетными строениями (арка с затяжкой), рис.П.9.6;
3. балочно-разрезные с металлическими пролетными строениями (две главные сквозные решетчатые фермы с параллельными поясами), рис.П.9.7.



◀Рис.П.9.5
Железнодорожный мост балочно-разрезной схемы: пять пролетов, железобетонные балки с ездой поверху на балласте



◀Рис.П.9.6
Железнодорожный мост комбинированной схемы: один пролет, железобетонное пролетное строение – арка с затяжкой с ездой понизу на балласте



◀Рис.П.9.7.
Железнодорожный мост балочно-разрезной схемы: три пролета, металлические пролетные строения, состоящие из двух решетчатых ферм с параллельными поясами, с ездой понизу на деревянных поперечинах

ПРИЛОЖЕНИЕ 10.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫСОКИХ ПАВОДКОВ НА ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО И ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

В приложении 10 показано, какое влияние имеет точное определение величин расходов и соответствующих им уровней воды высоких паводков (половодий) нормируемых вероятностей превышения для обеспечения надежности земляного полотна и искусственных сооружений и принятия обоснованных проектных решений. В приложении 10 использованы материалы из работы /37, прил.4/.

В период паводка все элементы подсистемы «Несущие конструкции»: земляное полотно, мосты, трубы и другие ИССО испытывают сильнейшее воздействие водного потока. Чтобы предотвратить разрушение несущих конструкций проектируемой железной дороги проводят гидрологические, гидрометрические, морфометрические и другие виды изысканий, изучают скорости и направления течения, расходы воды и уклоны водных поверхностей для постоянных водотоков, см. /2, глава8/, /9, главы 4, 5/, /10, раздел 2/ (для периодических водотоков изучают бассейны, см. часть 5 пособия); затем составляют графики статистических функций распределения вероятностей расходов воды /2, рис.7.2, с.223/ и в зависимости от нормируемых величин вероятностей превышения расходов и уровней воды /1, п.8.14/ проектируют мостовые переходы, вододопускные трубы и земляное полотно на участках подтопления.

В курсовом проекте эта задача значительно упрощена тем, что отметки уровней высокой воды (расчетный $PVBB$ и наибольший $HVBB$) и наивысшего уровня ледохода ($HVUL$) определяются условно: $PVBB = UMB + 3,0$; $HVBB = PVBB + 0,5$; $HVUL = PVBB - 0,5$.

В действительности, эта задача намного сложнее. Природные условия в районе проектирования, строительства и эксплуатации железной дороги меняются, в том числе, и по причине сооружения самой железной дороги. После начала эксплуатации железной дороги хозяйственная деятельность в районе проектирования усиливается, т.к. дорога дает мощный толчок развитию местного района тяготения. Железная дорога является сложной технической системой, которая воздействует на окружающую среду (природную, социальную, экономическую), но, в то же время, и сама испытывает влияние этой среды.

Рассмотрим пример. В мае 1977 г. в районе, прилегающем к железнодорожной линии Новокузнецк – Абакан, прошел высокий паводок. Теплая погода вызвала дружное таяние снежного покрова в бассейне реки Томь. Дополнительно к этому в течение недели в этом районе шел непрерывный дождь, завершившийся ливнем 8-9 мая, когда суточный максимум дождя превысил 100 мм. Выпадение такого ливня на переувлажненную почву вызвало катастрофический сток в бассейне р.Томь и наводнение. На участке Новокузнецк – Балыксу р.Томь вышла из берегов и подтопила поселки железнодорожных станций, рис.П.10.1.

Основной причиной резкого повышения уровня воды в р.Томь и ее притоке р.Казыр явилось то, что лес на значительных площадях в бассейнах этих рек был вырублен или сгорел. Поверхность бассейнов более чем на 60% оказалась обнаженной. Одновременный паводок по рекам Томь и Казыр создал подпор в р. Томь, поднявший уровень воды до бровки земляного полотна. На железнодорожных мостах через реки Бельсу (90-й км) и Томь (107-й км) были подмыты конусы обсыпных устоев, рис.П.10.2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10. ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫСОКИХ ПАВОДКОВ НА ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО И ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ



◀Рис.П.10.1. Подтопление станционного поселка и насыпи железной дороги Новокузнецк – Абакан в результате наводнения, вызванного паводком вероятностью превышения 1% (1:100)



◀Рис.П.10.2. Подмыв конуса обсыпного раздельного устоя моста через р.Томь на железной дороге Новокузнецк – Абакан (107-й км)

На прижимных участках вода достигла бровки земляного полотна, а на участке ПК1377 – ПК1383 переливалась через него, приведя к размыву земляного полотна. На этом участке была разрушена насыпь, перекрывающая один из рукавов реки (верховая), затем создан подпор и перелив воды через насыпь низового перекрытия рукава, в результате чего насыпь была полностью разрушена, рис.П.10.3.

Земляное полотно на данном участке было отсыпано из гравийно-галечникового грунта без защитных берм из скальных грунтов, предусмотренных проектом.

В результате паводка 1977 г. характерными деформациями явились: размытое на отдельных участках земляное полотно; заиленные водоотводные сооружения (канавы, кюветы); заполнение отверстий ИССО селевыми потоками; сплывы откосов выемок, рис.П.10.4.

В техническом проекте второго пути линии Междуреченск – Абакан, разработанном Сибгипротрансом в 1974 г. и откорректированном по результатам гидрологических изысканий после паводка 1977 г., был уточнен уровень высоких вод 300-летней повторяемости $HУВВ_{0,33\%}$.

Было принято решение поднять бровку земляного полотна **БЗП** обоих путей (первого - существующего и второго – проектируемого) на шести участках общей протяженностью 7,0 км с учетом возвышения **БЗП** над $HУВВ_{0,33\%}$ на величину **0,50 м**.

Вопросы уточнения норм проектирования железных дорог, в том числе, и в отношении норм проектирования земляного полотна и ИССО в пределах активного воздействия водных потоков в период паводков (половодий) актуальны и интересны. Они могут быть заданы в курсовом проекте в качестве элемента УИРС. Одним из подходов к

ПРИЛОЖЕНИЕ 10. ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫСОКИХ ПАВОДКОВ НА ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО И ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

решению этих вопросов могут быть методы имитационного моделирования, см. прил. 3 части 2 пособия.

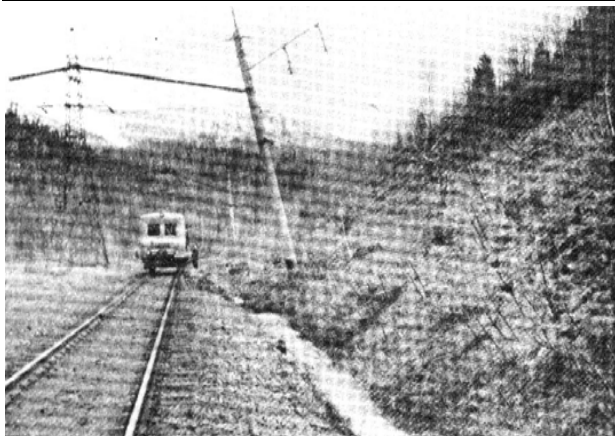


Сход и опрокидывание грузового вагона

◀Рис.П.10.3. Размыв насыпи и разрушение верхнего строения пути, приведшее к сходу подвижного состава на участке ПК1377 – ПК 1383 железной дороги Новокузнецк – Абакан в 1977 г. в результате паводка вероятностью превышения 1% (1:100): а – сход подвижного состава; б) размыв насыпи и разрушение верхнего строения пути мощным потоком воды



Размыв земляного полотна и разрушение верхнего строения пути



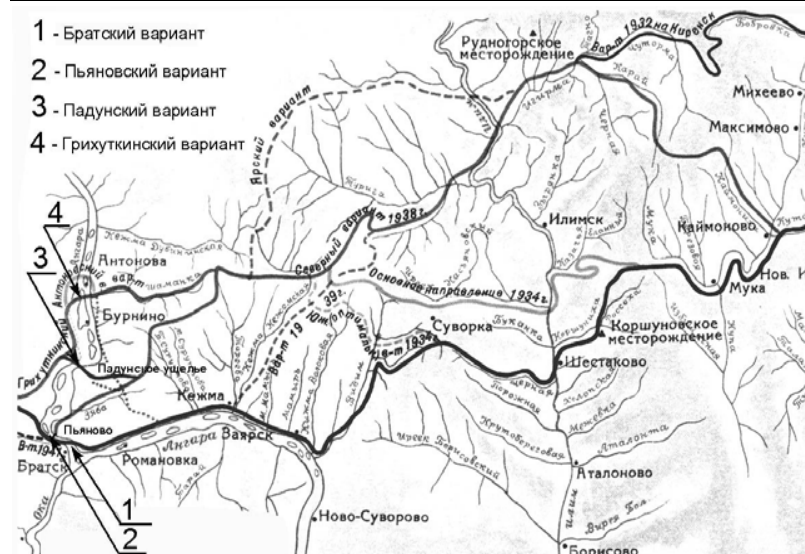
◀Рис.П.10.4. Слив откоса полувьемки, приведший к наклону опор контактной сети и заполнению кюветов оплывшим грунтом, на железной дороге Новокузнецк – Абакан в результате паводка 1977 г. с вероятностью превышения 1%

ПРИЛОЖЕНИЕ 11.

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

В приложении 11 рассмотрен пример решения реальной задачи многокритериального выбора варианта направления железной дороги в увязке с выбором места мостового перехода через большую реку. Приведена формальная модель задачи принятия решения. Рекомендованы методы теории нечетких множеств и теории полезности для решения многокритериальных задач на ранних этапах проектирования железных дорог. В приложении 11 использованы материалы работ /26/, /33/, /39/ - /47/.

Рассмотрим пример. При проектировании в 1945г. западного участка Байкало-Амурской магистрали Тайшет – Лена перед инженерами БАМпроекта встала сложная задача – как протрассировать переход Ангары в районе г.Братск, рис.П.11.1 /33, с.94-96/.



▲Рис.П.11.1. Схема вариантов на участке Анзеби – Усть-Кут (фрагмент) с вариантами перехода Ангары (1945 г., БАМпроект, /33/)

При решении этой задачи учитывался комплекс проблем. Место перехода р.Ангара было тесно связано с «Ангарской проблемой» – проектом сооружения на р.Ангара системы плотин, а направление трассы на участке от Ангары до Лены (Северный или Южный вариант направления) зависело от перспектив разработки Ангаро-Илимских железорудных месторождений.

Возможные варианты мостовых переходов через Ангару располагались на участке реки протяжением 60 км, начиная от г.Братска до деревни Грихуткино. Всего было протрассировано 8 вариантов, из которых были отобраны 4 варианта, рис.П.11.1.

1. *Братский вариант* (был намечен в 1941 г.). Мостовой переход пересекал реку в сжатой прямой части русла, на спокойном судоходном плесе между г.Братском и Братским порогом на Ангаре. Вариант давал возможность уложить трассу далее по Южному направлению или с выходом на Северное направление по Кежемскому варианту. Переход и трасса подходов к нему попадали на протяжении 115 км в зону затопления, при сооружении высокой плотины в Падунском ущелье.
2. *Пьяновский вариант* (был намечен в 1938 г.). Мостовой переход располагался у деревни Пьяново, на 6 км ниже по течению г.Братска и на 1 км ниже Братского порога на Ангаре. По гидрологическим характеристикам переход был хуже Братского варианта. Переход имел выход только на Северное направление. При условии сооружения плотины в Падунском ущелье потребовался бы перенос полотна железной дороги на протяжении 50 км.
3. *Падунский вариант*. Мостовой переход был намечен в узкой зажатой части реки – в Падунском ущелье, в районе предполагаемого сооружения плотины. Проектная линия была запроектирована над уровнем меженных вод на 86 м, что сильно осложнило бы условия сооружения моста. Недостатком варианта было также и то, что трасса БАМ не была связана с судоходным плесом реки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 11. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Преимуществом варианта было сочетание с «Ангарской проблемой». Однако, переход по *Падуновскому* варианту был немислим без тесной увязки с плотиной гидроэлектростанции. Отдаленность «Ангарской проблемы» и отсутствие в то время (1945г.) не только проекта плотины, но даже и точного ее местоположения, делали *Падуновский* вариант почти неконкурентоспособным.

4. *Грихуткинский вариант* проходил на 60 км ниже г.Братск и был запроектирован с целью ухода из сферы влияния Ангарских плотин. Мостовой переход был намечен в широкой части долины Ангары с тремя отдельными мостами, общее отверстие которых было на 1000 м больше отверстия моста по *Братскому* варианту. Выход с *Грихуткинского* варианта был возможен только на *Северное* направление и со значительным удлинением трассы.

По этим четырем вариантам перехода были составлены эскизные проекты мостов различных схем и конструкций и произведен по укрупненным измерителям подсчет их стоимости, включая подходы к мостам на протяжении 4 км.

Строительные стоимости мостовых переходов и подходов к ним были получены следующие (максимальное значение в диапазоне):

- Братский вариант* - 40,2 млн. руб;
- Пьяновский вариант* – 62,6 млн. руб;
- Падуновский вариант* – 60,9 млн. руб;
- Грихуткинский вариант* – 46,8 млн. руб.

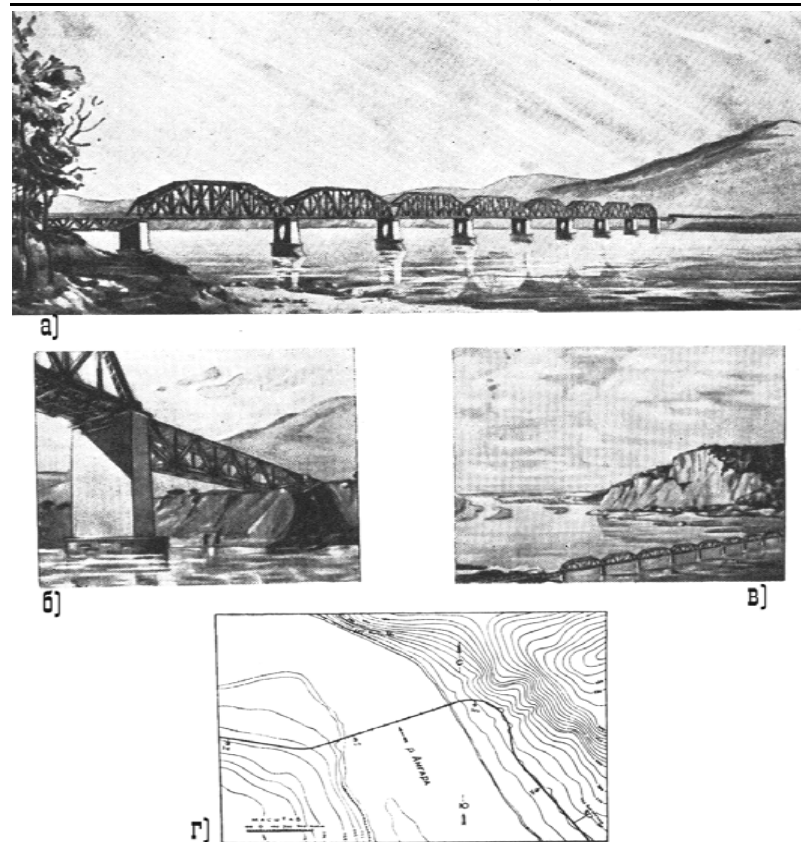
Окончательный выбор места перехода был сделан в увязке с выбором направления трассы между переходом р.Ангара и выходом к р.Лена. Строительная стоимость *K*, млн. руб. и расчетные годовые эксплуатационные расходы *C*, млн. руб / год, по вариантам направлений составили:

- Северное направление* – $K_{сев} = 710$ млн. руб; $C_{сев} = 79$ млн. руб/год;
- Южное направление* – $K_{юж} = 639$ млн. руб; $C_{юж} = 68$ млн. руб/год;

В результате технико-экономического сравнения было принято *Южное* направление трассы с переходом Ангары по *Братскому* варианту.

Мостовой переход по *Братскому* варианту был запроектирован и построен по схеме $45 + 8 \times 109,2 + 45$ (площадь бассейна 924 тыс. км², длина моста $L_m = 964$ м), рис.П.11.2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 11. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ



▲ Рис.П.11.2. Братский вариант мостового перехода через р.Ангара (1945 г., БАМпроект, /33/): а – мост по схеме $45+8 \times 109,2+45$; $L_m = 964$ м; б – конструкция опор; в – вид на мостовой переход и Братский порог р.Ангара; г – план трассы в районе мостового перехода

Приведенный выше пример говорит о том, что выбор места мостового перехода и его параметров – это многокритериальная недетерминированная динамическая задача принятия инженерного решения (см. часть 1 пособия, с.6, сноски 9-11).

Задача многокритериальная, т.к. кроме экономических критериев²⁷, при выборе использовались натуральные, технические и эксплуатационные показатели:

²⁷ Экономических критериев тоже, кстати, два: сначала определяют строительную стоимость и эксплуатационные расходы, затем используют их линейную свертку с постоянным коэффициентом эффективности капиталовложений, см. часть 7 пособия.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 11. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В
ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

- соответствие варианта направления трассы на участке Анзеби – Усть-Кут главному назначению БАМа как мощной, транзитной магистрали, сокращающей дальность перевозки грузов от Тайшета к портам Тихоокеанского побережья России (Сов. Гавань) и основным экономическим центрам на Дальнем Востоке²⁸;
- связь с судоходной частью Ангары;
- длина бросовых участков трассы при сооружении плотины в Падунском ущелье;
- расход основных материальных ресурсов (бетона, железобетона, легированной стали);
- влияние построенной железной дороги на выбор места сооружения плотины гидроэлектростанции;
- условия строительства железной дороги (трасса Южного направления проходила вдоль автодороги Братск – Заярск - Усть-Кут, см. рис.П.11.1);
- условия транспортного обслуживания возможных центров металлургической промышленности (трасса Северного направления проходила в 24 км от Рудногорского месторождения и не имела выхода на Южное направление, в то время как, трасса Южного направления проходила в непосредственной близости от Коршуновского месторождения и при необходимости имела возможность связи с Рудногорским месторождением по изысканному в 1939 г. Кежемскому варианту, см. рис.П.11.1).

Рассмотренная задача относится к классу *недетерминированных и динамических*, т.к. многие критерии были определены в диапазонах, в том числе, и экономические, а их значения зависели от времени принятия решения.

Даже натуральные и технические показатели нельзя было точно определить. Например, по одному из вариантов сооружения плотины в Падунском ущелье предлагалось уменьшить высоту подпора воды. Тогда трасса Южного варианта почти не испытывала бы воздействия водохранилища /33/.

Принятие решений в таких сложных и ответственных задачах доверяют инженерам высшей квалификации.

Решение по *Братскому* варианту принимал генерал-майор инженерно-технической службы Федор Алексеевич Гвоздецкий. Вот как рассказывает об этом в своей книге изыскатель, проектировщик и строитель железных дорог Александр Алексеевич Побожий /23/.

«Гвоздецкий знал, что мнения относительно пересечения Ангары расходятся и в «верхах». И он решил строить дорогу без учета подтопления. Потом многие упрекали его за это: ведь большой участок дороги пришлось переделывать. Но лучшего выхода не было. Плотина появилась через десять с лишним лет, а поезда требовалось пустить до Лены уже в 1948 году. И поезда пошли. Многие годы спустя, перед наполнением водохранилища, фермы моста, который проектировал и строил инженер Желдорпроекта Лев Ильич Столяровский, сняли, а опоры остались глубоко под водой. Потери? Конечно. Но они ничто перед полученными выгодами. Мост сыграл свою роль, сыграла свою роль первая железная дорога: не будь ее, не была бы сооружена в такой короткий срок и Братская ГЭС, на низовья Лены и в Якутию не доставили бы миллионы тонн грузов. ...Успех изыскателей обеспечивают в первую очередь не самолеты, не буровые станки, не геодезические инструменты, а люди».

Однако, нельзя ли попытаться формализовать решение таких сложных задач, чтобы, даже в условиях неопределенности, получать проектные решения, исключающие возможность случайной ошибки.

Задача принятия решения формально может быть записана в виде /39/:

$$\langle A, X, K, f, P_s, D, T \rangle, \quad (\text{П.11.1})$$

²⁸ Сокращение дальности перевозки грузов по БАМу по сравнению с Транссибом составляет: до Тынды – 590 км; до Комсомольска-на-Амуре – 488 км; до Хабаровска – 230 км.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 11. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В
ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

где A – множество альтернатив (вариантов направления или вариантов мостового перехода, как в рассмотренном примере);

X – множество исходов альтернатив; предполагается, что, в общем случае, решается недетерминированная задача, когда точно неизвестно, какими именно будут результаты (исходы) принимаемых решений;

K – векторный критерий оценки исходов; данный параметр, как раз и введен, чтобы отразить многокритериальность решаемой задачи, когда $K > 1$;

f – отображение множества исходов X в множество векторных оценок K ; данное отображение – это не что иное как оценка сравниваемых вариантов трассы, направления железной дороги, мостового перехода – любых вариантов проектных решений по тем критериям, которые лицо, принимающее решение (ЛПР), например ГИП – главный инженер проекта по какому-то титулу - считает необходимым использовать в задаче;

P_s – структура предпочтения ЛПР; т.е. ценностные соотношения между критериями, отражающие взгляд ЛПР на решаемую задачу; например, ЛПР - Ф.А. Гвоздецкий ставил сокращение сроков строительства железной дороги с открытием движения поездов на всем ее протяжении (без перевалки грузов) выше сокращения протяженности бросовых участков трассы (дорожных участков, с мостовым переходом через большую реку, см. рис.П.11.2) как было показано выше;

D – решающее правило или алгоритм решения задачи; например, при линейной свертке строительной стоимости и эксплуатационных расходов $D : x^* = \min_x (K + 10 \cdot C)$;

T – требуемое действие над множеством альтернатив; например, выбрать одну наилучшую альтернативу (в системе предпочтения ЛПР), или упорядочить альтернативы в порядке возрастания предпочтительности.

Для решения многокритериальных задач разработаны методы решения, которые различаются степенью учета параметров, составляющих описание (модель) задачи принятия решения (П.11.1), см. библиографию к приложению 1 части 3 пособия, с.112 – 115. В приложении 1 части 3 пособия приведен пример сравнения вариантов направления проектируемой железнодорожной линии. Задача решена как многокритериальная детерминированная статическая с использованием *метода идеальной точки*.

В настоящее время, после известной публикации Лотфи Заде /40/ получили развитие методы принятия решений в нечеткой среде, основанные на теории нечетких множеств, теории возможностей и теории полезности /39/, /41/ - /43/.

В нечеткой среде²⁹ в виде нечетких понятий и отношений могут быть выражены все параметры задачи принятия решения (П.11.1): альтернативы, исходы и зависимости между ними, оценки вероятностей наступления исходов, отношения предпочтения ЛПР и решающее правило.

Возникновение нечеткого описания (например в виде лингвистических оценок: *небольшое* удлинение трассы; *невысокая* вероятность затопления большого участка трассы; *высокая* вероятность развития на базе Коршуновского месторождения горнообогатительного комбината, см. рис.П.11.1 и т.п.) возможно при проектировании железных дорог в следующих случаях.

1. *Ограничения на ресурсы моделирования* (временные, стоимостные) не позволяют получить существующую четкую информацию и вынуждают проектировщиков воспользоваться *знаниями экспертов*, которые выражаются ими в *нечеткой словесной форме*.

²⁹ Нечеткость информации обусловлена наличием в описаниях задач принятия решений понятий и отношений с нестрогими границами, а также высказываний с многозначной шкалой истинности.

ПРИЛОЖЕНИЕ 11. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

- Имеющаяся числовая информация не позволяет найти решение формальными методами при существующих ограничениях на ресурсы, но ЛПП его тем не менее находит, пользуясь своим опытом, который он может передать другому ЛПП в виде совокупности нечетких правил.
- На ранних этапах проектирования железных дорог имеется ряд альтернативных вариантов (транспортного освоения района проектирования; перспектив экономического развития местного района тяготения проектируемой линии и районов, корреспондирующих грузы по проектируемой линии, как по транзитной и др.), но неизвестно точно, какими именно свойствами будет обладать железная дорога на том или ином пути проектирования. Ресурсы на проработку всех вариантов отсутствуют, а опыт инженеров-проектировщиков выражается качественно (в виде словесного описания). Ставится задача предпроектного отсева части вариантов на основе векторного показателя качества с нечеткими оценками его компонентов (например, высокие размеры перевозок на проектируемой дороге; невысокий доход на акцию после окончания строительства; значительный доход после выхода на расчетную мощность и т.п.).

Во всех перечисленных случаях проектировщики вынуждены обращаться к приближенным (нечетким) знаниям экспертов и использовать их для принятия проектных решений.

Способность оперировать неточными (нечеткими) знаниями связана с той огромной ролью в жизни человека, которую играет естественный (профессиональный) язык, как форма представления знаний.

Развитие теории нечеткой полезности для принятия решений в проектировании железных дорог, в том числе, в задачах с нетранзитивными отношениями предпочтения – это новый и интересный раздел науки проектирования железных дорог.

Например, в работах /44/, /47/ рассмотрены задачи выбора варианта направления железной дороги и варианта трассы на предпроектном этапе, когда высока вероятность их постановки как многокритериальных в нечеткой среде.

Пояснения³⁰. Задача выбора варианта направления проектируемой железной дороги решается на предпроектном этапе. В случае равноценности вариантов по показателям сравнительной экономической эффективности привлекают дополнительные критерии, которые не всегда могут быть выражены в денежной форме /45/, /46/. Такие дополнительные критерии на предпроектном этапе часто выражают качественно (лингвистически). Тогда в роли дополнительного комплексного критерия, позволяющего сделать выбор, может выступать нечеткая полезность сравниваемых вариантов. Однако, в общем случае отношения порядка на множестве нечетких чисел являются нечеткими /39/.

В работе /44/ предложена процедура, основанная на вычислении значений четких функций упорядочения $H_k(A, B); k = \overline{1, 5}$ от нечетких аргументов A и B . Значения этих функций – индексы ранжирования – дают основание решить вопрос о том, какое нечеткое число больше.

В качестве примера в работе /44/ рассмотрена задача выбора варианта направления железной дороги из четырех протрассированных вариантов (по материалам работы /33/: выбор варианта направления на одном из участков БАМа), рис.П.11.3 а. Используются критерии: K^1 – соответствие варианта направления назначению проектируемой железной дороги (транзитная линия с большим объемом перевозок); K^2 – соответствие варианта направления требованиям обороноспособности и стратегического развития региона; K^3 – обеспеченность варианта направления проектируемой железной дороги существующими водными и сухопутными путями сообщения; K^4 – степень транспортных связей районов разведанных месторождений полезных ископаемых с проектируемой железной дорогой.

³⁰ Расшифровку условных обозначений и пояснения терминов см. в указанных работах.

ПРИЛОЖЕНИЕ 11. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Значения лингвистических критериев выражены словесно.

Например, для Северного варианта направления, см. рис.П.11.3 а, четырехмерная нечеткая оценка равна $\{\tilde{X}_1, \tilde{Y}_1, \tilde{Z}_0, \tilde{W}_0\}$:

\tilde{X}_1 – самый короткий из сравниваемых вариантов с положим i_p ;

\tilde{Y}_1 – вариант проходит севернее всех сравниваемых вариантов;

\tilde{Z}_0 – вариант не обеспечен существующими путями сообщения: населенный пункт 1 (существующая ж.д. и автодорога) является общим для всех сравниваемых вариантов и не дает преимущества какому-либо из них; река 3. на участке Северного варианта – не судоходна, см. рис.П.11.3 а;

\tilde{W}_0 – вариант не обеспечивает непосредственного ж.-д. обслуживания разведанных месторождений полезных ископаемых;

для Южного варианта направления четырехмерная нечеткая оценка $\{\tilde{X}_3, \tilde{Y}_0, \tilde{Z}_1, \tilde{W}_2\}$:

\tilde{X}_3 – удлинение Южного варианта по сравнению с Северным (самым коротким вариантом) незначительное – за счет применения уклонов кратной тяги;

\tilde{Y}_0 – вариант проходит южнее всех сравниваемых вариантов (ближе всех к госгранице и существующей ж.-д. магистрали);

\tilde{Z}_1 – вариант на своем западном участке очень хорошо обеспечен (по сравнению с другими вариантами) существующими путями сообщения: населенный пункт 2 с пристанью на судоходной части реки 3, автодорога вдоль намеченной трассы варианта на протяжении около 1/3 его длины на западном участке;

\tilde{W}_2 – вариант будет предоставлять транспортную связь для некоторых разведанных месторождений полезных ископаемых (железнодорожную или водным транспортом, т.к. река 3. на участке 2-4-5-6 является условно-судоходной в средневысокую воду), см. рис.П.11.3 а.

После расчета пяти индексов ранжирования проведено сравнение вариантов. По первому индексу варианты оказались равноценными. По значению второго индекса «необходимости превосходства» наилучшим оказался Северный вариант направления. Максимальное значение третьего индекса ранжирования «индекса Ягера» по Северному варианту направления дало возможность с уверенностью остановиться на выборе именно Северного варианта направления.

В работе /47/ предложен метод сравнения и выбора варианта трассы проектируемой железной дороги на пересечении хребта, рис.П.11.3 б, с применением двух нечетких критериев: критерий K^1 – потенциальная барьероопасность данного варианта трассы; значения критерия K^1 в задаче: \tilde{Y}_0 – большая потенциальная барьероопасность варианта трассы; \tilde{Y}_1 – небольшая потенциальная барьероопасность варианта трассы. Критерий K^2 – инженерно-геологические условия строительства и последующей эксплуатации железнодорожной линии по варианту трассы; значения критерия K^2 в задаче: \tilde{Z}_0 – очень сложные; \tilde{Z}_2 – сложные; \tilde{Z}_1 – средние.

Сравниваемые варианты оценены: Основной – $\{\tilde{Y}_1, \tilde{Z}_0\}$; Тоннельный – $\{\tilde{Y}_0, \tilde{Z}_2\}$.

Построены графики принадлежности нечетких функций полезности двух сравниваемых вариантов пересечения хребта, после анализа которых сделано заключение о том, что двумерная нечеткая полезность Тоннельного варианта, в основном, выше (лежит правее на оси многомерной нечеткой полезности \tilde{V}). Наибольшая уверенность ЛПП по

ПРИЛОЖЕНИЕ 11. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Тоннельному варианту выражена в оценке этого варианта по *многомерной полезности*, которая лежит в интервале от 0,40 до 0,56, а *правая граница носителя* $v^+(\tilde{Y}_0, \tilde{Z}_2) = 0,64$. В то же время по *Основному варианту* с максимальной уверенностью *многомерную полезность* варианта можно оценить не выше 0,24 и *правая граница носителя* равна $v^+(\tilde{Y}_1, \tilde{Z}_0) = 0,40$. Выбор сделан в пользу *Тоннельного* варианта, т.к. для него самая оптимистичная оценка с полной уверенностью ЛПП, т.е. при значении функции принадлежности $\mu_{\tilde{V}(\tilde{Y}_0, \tilde{Z}_2)}(v^v) = 1,00$ равна $v^v(\tilde{Y}_0, \tilde{Z}_2) = 0,56$. В то время как для *Основного* варианта такая же оптимистичная оценка многомерной полезности составляет лишь $v^v(\tilde{Y}_1, \tilde{Z}_0) = 0,24$.

Заключение по приложению 11.

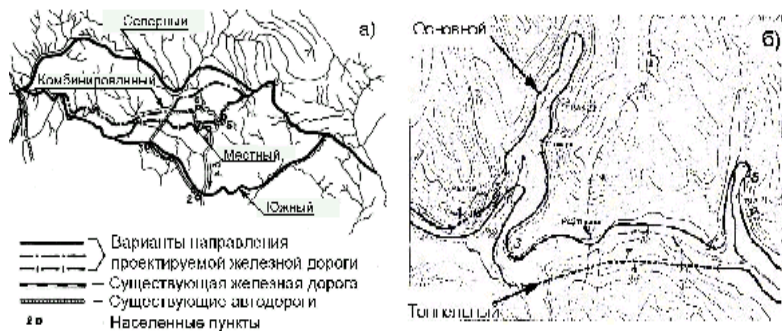
1. Варианты проектных решений в проектировании железных дорог бывают равноценны по денежному показателю. Привлекая дополнительные критерии, инженер-проектировщик железных дорог оказывается перед необходимостью, в конечном итоге, соединить оценки по критериям в одну оценку – по глобальному критерию. Таким глобальным критерием может быть *многомерная полезность альтернативы* (варианта направления или варианта трассы ит.д.).

2. Работая с вариантами, инженер нередко использует словесные описания критериев на профессиональном языке. Для того, чтобы иметь возможность эффективно работать с лингвистическими критериями, инженер должен применять *теорию нечетких множеств*.

3. В случае, когда инженеру необходимо принимать многокритериальные решения в нечеткой среде, он должен основывать свой выбор на *глобальном критерии многомерной нечеткой полезности*.

4. Примеры, рассмотренные в приложении 11, наглядно показывает с какими трудностями сталкиваются проектировщики железных дорог при решении *многокритериальных (недетерминированных, динамических) задач выбора варианта направления при условии недостаточной (неполной, не достоверной, неточной) исходной информации*.

5. Методы принятия решений на основе нечеткой полезности позволяют *формализовать предпочтения ЛПП и сделать обоснованный неслучайный выбор*, исключающий ошибки, что, в конечном итоге, повышает качество проектных решений, особенно на ранних этапах проектирования железных дорог.



ПРИЛОЖЕНИЕ 11. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

▲ Рис.П.11.3. Схемы сравниваемых вариантов: а – варианты направления проектируемой железной дороги из работы /44/; б – варианты трассы при пересечении горного хребта из работы /47/

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А	
Акведук	90
Арка	104
Б	
Барьерное место	11, 13, 15, 16
В	
Ведомость мостов	64
Вертикальная кривая	
- на мосту	60, 66
- на раздельном пункте с путевым развитием	30, 36
Виадук	86
Водопропускная труба	85
Время хода	
- действительное	22, 24
- покилометровое	79
- расчетное	19, 22
- суммарное в обе стороны	
- на элементе профиля	26
- накопленное к концу элемента профиля	26
Высота	
- наката волны на откос насыпи	56
- насыпи перед мостом	58
- подпора воды перед мостом	55
Г	
Галерея	86
Д	
Дамба	8, 72
Длина	
- площадки раздельного пункта с путевым развитием	30, 35
- пролетного строения	
- полная	59, 91
- расчетная (расчетный пролет)	91
- участка разгона перед затяжным ограничивающим подъемом	36
Дюкер	89
Ж	
Железобетонные пролетные строения мостов под железнодорожную нагрузку . 119, 120, 121, 122, 123, 124	
З	
Зажор	10
К	
Карчеход	10, 54
Конус насыпи у моста	94, 132

Л	
Ледоход	10, 11, 54, 60
Лоток	89
М	
Металлические пролетные строения мостов под железнодорожную нагрузку	125
Метод	
- идеальной точки	138
- имитационного моделирования	132
- равновесных скоростей	22
Минимальная отметка проектной линии	
- на мосту	52, 54, 67
- на пойме	55, 57
Мост	84
- наплавной	88
- пешеходный	90
Мостовое полотно	93
- на поперечинах	93
- с ездой по балласту	93
Мостовой переход	84
О	
Обход моста	11, 13, 16
Объект прикрытия	13
Опора моста	
- береговая (устой)	91, 92
- промежуточная (бык)	91, 92
Опорные части моста	96
Ось раздельного пункта	28
Отверстие моста	96
- обеспеченное	61
- потребное	48, 50
П	
Паводок	9, 11, 57, 131
Переезд	85
План трассы	
- в пределах мостового перехода	48
- в пределах стрелочных горловин	29
- на мосту	
- с ездой по балласту	60
- с ездой по поперечинам	60
- на раздельном пункте с путевым развитием	28, 32
Подмостовое русло	
- неукрепленное	100
- укрепленное	100
Подпорная стена	88
Поправка на разгон и замедление	20, 21
Принятие решений	
- в нечеткой среде	138
- на основе индексов ранжирования	139
- на основе лингвистических критериев	139

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- динамические задачи	137
- многокритериальные задачи	8, 76, 134
- модель задачи	137
- недетерминированные задачи	137
Проектная линия продольного профиля трассы	
- в пределах мостового перехода	51, 52, 57
- в пределах стрелочных горловин	30
- на мосту	
- с ездой по балласту	60
- с ездой по поперечинам	63
- на раздельном пункте с путевым развитием	30, 33
Пролетное строение моста	93
Пропускная способность	
- потребная	20
- расчетная	20
Путепровод	85
Р	
Размещение	
- мостов на постоянных водотоках	46
- мостов на судоходных реках	68
- раздельных пунктов	5, 7, 17
Расположение езды на мосту	101
Распор	104
С	
Свод	104
Селеспуск	89
Станционные интервалы	20
Статическая система моста	
- арочная	104, 112, 114
- балочная	103
- балочно-консольная	107
- балочно-неразрезная	107
- балочно-разрезная	107
- вантовая	106, 116
- висячая	105
- комбинированная	104
- арка с затяжкой	114, 115
- арочно-консольная	115
- вантовый мост с балкой жесткости	115
- висячий мост с фермой жесткости	117
- жесткая балка и гибкая арка с ездой поверху	115
- неразрезная балка, усиленная подпругами	115
- рамная	105, 109
- рамно-консольная	110
- рамно-неразрезная	111
- рамно-подвесная	111
Стрелочная горловина	28, 29
Строительная высота конструкции	53
Схема	
- моста	58, 71, 126
- на судоходной реке	69

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- разъезда	38, 39, 40
Т	
Тоннель	86
Траверса	8, 73
У	
Уклон	
- действительный	23
- максимальный по условию трогания с места после стоянки грузового поезда расчетной массы	35
- максимальный, обеспечивающий точную остановку поезда в пределах приемо-отправочных путей	34
- максимальный, обеспечивающий удержание грузового поезда вспомогательными тормозами локомотива	35
- приведенный	23
- эквивалентный дополнительному сопротивлению от кривой	23
Уровень	
- <i>высоких вод</i>	
- наивысший	54, 132
- <i>расчетный</i>	49
- высокого ледохода	54
- меженных вод	8, 48, 50
- расчетный судоходный	67
Устой	
- необсыпной	94
- обсыпной	94
Ф	
Ферма	
- арочная	104
- балочная	103
Фильтрующая насыпь	90
Ш	
Ширина	
- пойм	49
- промежуточных опор моста по фасаду	59
- русла реки	48
- устоев моста по фасаду	59, 62
Э	
Эстакада	87

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РОССИИ
ИРКУТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В.А.Подвербный, В.В.Четвертнова

**ПРОЕКТ УЧАСТКА
НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ.**

ЧАСТЬ 5.

**РАЗМЕЩЕНИЕ ВОДОПРОПУСКНЫХ
СООРУЖЕНИЙ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ
ВОДОТОКАХ**

*УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ*

ИРКУТСК 2000

УДК 625.111

Подвербный В.А., Четвертнова В.В. Проект участка новой железнодорожной линии. Часть 5. Размещение водопропускных сооружений на периодических водотоках: Учебное пособие по курсовому проектированию. – Иркутск: ИрИИТ, 2000. – 165 с.

Учебное пособие предназначено для студентов специальностей: 290900 «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» и 240100 «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте» высших учебных заведений дневной и заочной форм обучения.

В пособии изложены вопросы размещения водопропускных сооружений поперечного водоотвода – малых и средних мостов и труб на периодических водотоках. Приведены рекомендации по определению мест размещения названных ИССО. Подробно изложены вопросы расчета поверхностного стока по методу ЦНИИС - СДП, выбора типов и отверстий водопропускных сооружений с выполнением необходимых проверок. Пособие содержит справочные материалы, необходимые для выполнения курсового проекта на тему «Проект участка новой железнодорожной линии» по дисциплине «Изыскания и проектирование железных дорог» для специальности 290900 и контрольной работы №2 «Проект участка новой ж.-д. линии» по дисциплине «Основы геодезии и проектирования железных дорог» для специальности 240100.

Ил. 59 . Табл. 3. Библиогр. 60 назв. Прилож. 13

Рецензенты: канд. техн. наук, доцент **Н.М. Быкова**,

зав. кафедрой изысканий, проектирования и постройки
железных дорог ИрИИТа;

М.С. Подрядчиков, генеральный директор
ОАО «Востсибтранспроект»

© Иркутский институт инженеров железнодорожного транспорта, 2000

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	5
1. СООРУЖЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ВОДООТВОДА	11
2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ И ТРУБ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОДОТОКАХ	19
2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ МОСТОВ И ТРУБ	19
2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ПРИТЕКАЕМОЙ ВОДЫ	26
2.3. РАЗМЕЩЕНИЕ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	37
2.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	48
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	50
ПРИЛОЖЕНИЯ	54
Приложение 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ БАССЕЙНОВ НА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ.....	54
Приложение 2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБАХ.....	65
<i>П.2.1. Основные части водопропускных труб</i>	65
<i>П.2.2. Классификация труб</i>	66
<i>П.2.3. Сравнение конструкций труб из различных материалов</i>	69
П.2.3.1. Каменные трубы.....	69
П.2.3.2. Бетонные трубы	71
П.2.3.3. Железобетонные трубы	72
П.2.3.4. Деревянные трубы	75
П.2.3.5. Металлические трубы	76
<i>П.2.4. Назначение и конструкция фундаментов труб</i>	84
<i>П.2.5. Оголовки водопропускных труб</i>	87
П.2.5.1. Назначение и виды оголовков.....	87
П.2.5.2. Конструкция оголовков труб	91
Приложение 3. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СВАЙНО-ЭСТАКАДНЫХ МОСТАХ	94
Приложение 4. ВОДОПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ТРУБ И МОСТОВ	99
Приложение 5. КРУГЛЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ТРУБЫ С РАСТРУБНЫМИ ОГОЛОВКАМИ И КОНИЧЕСКИМИ ВХОДНЫМ И ВЫХОДНЫМ ЗВЕНЬЯМИ ПОД ЖЕЛЕЗНУЮ ДОРОГУ (СЕРИЯ 3.501.1-144, инв. № 1313)	103
Приложение 6.	

ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ТРУБЫ С РАСТРУБНЫМИ ОГОЛОВКАМИ (СЕРИЯ 3.501-104, инв.№1072)	105
Приложение 7. КРУГЛЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ГОФРИРОВАННЫЕ ТРУБЫ БЕЗ ОГОЛОВКОВ С ВЕРТИКАЛЬНО СРЕЗАННЫМ ТОРЦОМ (СЕРИЯ 3.501.3-133).....	107
Приложение 8. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ БЕТОННЫЕ ТРУБЫ С РАСТРУБНЫМИ ОГОЛОВКАМИ (СЕРИЯ 3.501-107, инв. № 1130).....	110
Приложение 9. СВАЙНО-ЭСТАКАДНЫЕ МОСТЫ С ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ ПРОЛЕТНЫМИ СТРОЕНИЯМИ ДЛИНОЙ ОТ 6,0 ДО 16,5 М ПРИ ВЫСОТЕ НАСЫПИ ОТ 2,0 ДО 8,0 М ПОД ЖЕЛЕЗНУЮ ДОРОГУ НОРМАЛЬНОЙ КОЛЕИ (СЕРИЯ 501-2-259; инв. № 708).....	112
Приложение 10. МОСТЫ С МАССИВНЫМИ ОПОРАМИ, ОБСЫПНЫМИ УСТОЯМИ И ПРОЛЕТНЫМИ СТРОЕНИЯМИ ИЗ ПРЕДНАПРЯЖЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА	118
Приложение 11. ВЫБОР ТИПОВ И ОТВЕРСТИЙ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОДОТОКАХ С ВЫПОЛНЕНИЕМ ПРОВЕРОК СОХРАННОСТИ ИССО И ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	121
<i>П.11.1. Определение гидравлических параметров и выбор отверстия сооружения</i>	121
<i>П.11.2. Проверки сохранности водопропускных труб и земляного полотна на подходах к трубам</i>	122
П.11.2.1. Гидравлические требования сохранности водопропускных труб и земляного полотна подходов	122
П.11.2.2. Конструктивные требования сохранности водопропускных труб.....	128
П.11.2.3. Требования сохранности водопропускных труб в районах Северной строительно-климатической зоны.....	132
<i>П.11.3. Проверки сохранности мостов с укрепленными руслами и земляного полотна на подходах к мостам</i>	133
П.11.3.1. Гидравлические требования сохранности мостов и земляного полотна подходов	134
П.11.3.2. Конструктивные требования сохранности мостов.....	137
<i>П.11.4. Рекомендации по размещению водопропускных сооружений на периодических водотоках</i>	138
Приложение 12. ПРИМЕРЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОДОТОКАХ	142
Приложение 13. РАЗМЕЩЕНИЕ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ В СЛОЖНЫХ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ.....	150
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	170

ВВЕДЕНИЕ

Из четвертой части учебного пособия Вы узнали как выполняется размещение раздельных пунктов с путевым развитием и мостов на постоянных водотоках.

В пятой части учебного пособия, рассмотрен вопрос, относящийся к шестому разделу курсового проекта - размещение водопропускных сооружений поперечного водоотвода на периодических водотоках. В курсовом проекте такими ИССО будут, в первую очередь, водопропускные трубы. Но если притекаемый расход большой, а высота насыпи недостаточна по конструктивному или гидравлическому требованиям, то разместят малые или средние мосты.

Такие мосты: 1) свайно-эстакадные, 2) стоечно-эстакадные, 3) столбчато-эстакадные, 4) с массивными опорами и обсыпными устоями на естественном основании – проектируются по балочно-разрезной системе с железобетонными пролетными строениями с ездой поверху на балласте. Размещение таких мостов при проектировании железной дороги сложности не вызывает, т.к. их можно располагать в плане на кривых радиуса не менее 300 м, в продольном профиле - на уклонах, вплоть до руководящего (ограничивающего), предусматривая устройство вертикальных кривых на таких мостах, если это необходимо.

Однако, трубы имеют преимущества по сравнению с мостами с точки зрения эксплуатации:

- эксплуатация труб проще и дешевле, чем мостов (даже железобетонных);
- путь над трубами имеет такую же конструкцию, как и на прилегающей насыпи, что упрощает содержание и ремонты пути (например, капитальный ремонт пути с подъемами на балласт);
- трубы менее, чем мосты, чувствительны к динамическому воздействию и увеличению временной подвижной нагрузки;
- при прохождении подвижного состава по участку пути в месте размещения ИССО создаваемый шум меньше, если ИССО – труба (шум гасится грунтом насыпи) и гораздо больше, если ИССО – мост (даже железобетонный с балластным корытом).

Поэтому в курсовом проекте рекомендуется размещать именно трубы, хотя усиление или реконструкция труб, которые могут потребоваться при изменении условий эксплуатации железнодорожной линии или при строительстве дополнительного главного пути, сложнее и дороже, чем мостов.

У мостов есть преимущества в сложных инженерно-геологических условиях, в случаях, когда

- на водотоках возможны наледи, сели, карчеход, либо в потоке воды большое количество взвешенных частиц, что может привести к заиливанию труб,

- на участке размещения водопропускного ИССО в основании присутствуют вечно-мерзлые, сезонно-мерзлые грунты, прослойки льда, погребенный лед, возможен термокарст.

В таких условиях именно свайно-эстакадные или столбчато-эстакадные мосты, не требующие рытья котлованов и возведения фундаментов, имеют преимущества¹.

В курсовом проекте инженерно-геологические особенности района проектирования не учитываются, перспектива усиления мощности проектируемой железной дороги не рассматривается, поэтому у труб перед мостами преимуществ больше и, в первую очередь, для размещения на периодических водотоках следует попробовать именно трубы.

Трубы экономически выгодны при высоких насыпях (допустимых по конструктивным условиям) и небольших расходах притекаемой с водосбора воды, т.к. мосты в таких условиях имеют неоправданно большую высоту опор, конусов насыпи и излишнюю длину, с точки зрения именно пропуска воды.

До тех пор, пока Вы не решили все вопросы поперечного водоотвода на постоянных и периодических водотоках, варианты трассы считаются незаконченными - нельзя переходить к их сравнению и оформлению проекта.

В соответствии с рекомендациями п.1.5.1. части 3 пособия при трассировании в местах расположения труб и мостов на периодических водотоках, т.е. в сухих логах, предусматриваются невысокие насыпи 2,0 – 4,0 м. Однако, приступая непосредственно к задаче размещения водопропускных сооружений, Вы можете обнаружить в каком-либо логу при запроектированной насыпи высотой, например, 3,50 м, что притекаемый расход – довольно значительный, допустим, $Q_{пр} = 240 \text{ м}^3/\text{с}$. Тогда необходим четырехпролетный свайно-эстакадный мост по схеме 4 x 9,30 м. Водопропускная труба, даже двухочковая бетонная с повышенным входным звеном отверстием 2x3,00 м (при ширине трубы 2,00 м, т.к. для другой трубы не будет выполнена проверка по минимально допустимой высоте насыпи), такой расход не пропустит. Названная труба пропустит только $Q_{сопр} = 48 \text{ м}^3/\text{с}$.

Вы окажетесь в сложной ситуации:

¹ Конструкция труб постоянно совершенствуется для того, что расширить сферу их применения. Например: 1) разработаны и внедрены проекты труб на свайных фундаментах, в том числе, косогорных труб, для условий вечной мерзлоты /46, рис.4.2, с.141/; 2) для исключения неравномерной осадки секций труб и раскрытия межсекционных швов на слабых грунтах на участке БАМа Янчуй – Чара осуществлено опытное строительство семи водопропускных труб с устройством в основании плит-экранов, противодействующих растяжке труб и уменьшающих их осадку /46, рис.4.3, с.142/; 3) на участке подходов к р.Витим в зоне распространения погребенных льдов мощностью до 20 м были сооружены двухочковые металлических гофрированные трубы отверстием 2x2,0 м с устройством продухов из таких же труб 2x1,5 м, укладываемых на дамбу из крупного камня; такое решение позволило отказаться от сооружения дорогих мостов и не допустить оттаивания мерзлого основания в период строительства и эксплуатации магистрали /46, рис.4.9, с.151/.

ВВЕДЕНИЕ

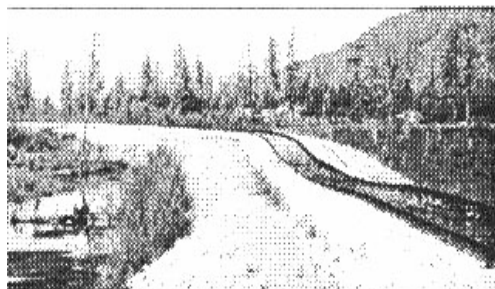
- разбивать бассейн водораздельной дамбой (может потребоваться изменение проектной линии непосредственно в месте размещения дамбы или в месте размещения водопропускного сооружения, устраиваемого рядом с ней);
- либо поднимать проектную линию в том логу, где притекает столь значительный расход воды во время ливней $Q_{пр} = 240 \text{ м}^3/\text{с}$, чтобы разместить мост $4 \times 9,30 \text{ м}$?

В том или другом случае Вам потребуется изменить проектную линию, например, чтобы увеличить высоту насыпи в месте размещения моста. Это повлечет пересчет отметок и перепроектирование профиля на последующих (или предыдущих) участках трассы. Трасса – это взаимосвязанная, пространственная «цепочка элементов» и, если одно из ее «звеньев» требуется поменять по каким-либо причинам (размещение разъезда, трубы, моста и т.д.), то неизбежно потребуются корректировки и на соседних участках.

Разумеется, с опытом к Вам придет и навык в определении границ водосборов, Вы заранее сможете оценить значение притекаемого расхода, как следствие – научитесь предугадывать – какой именно тип сооружения потребуется на пересечении того или иного водотока, каким будет его отверстие и какую высоту насыпи наиболее целесообразно² предусмотреть в месте его размещения.

Насколько важны вопросы проектирования водопропускных сооружений хорошо видно из примеров, приведенных ниже.

На рис.В.1 – В.7 (фото из работы /3/) показаны деформации земляного полотна, вызванные неправильным проектированием и содержанием водоотводов и водопропускных сооружений.



◀Рис.В.1. Просадка земляного полотна до 0,6 м на участке застоя воды у основания насыпи на 3-м км обхода Кодарского тоннеля

² Насыпь с большим запасом не следует проектировать, т.к. такое решение приведет к увеличению объемов и стоимости строительных работ (увеличится объем земляных работ, увеличится длина трубы или длина моста и высота его опор).

ВВЕДЕНИЕ

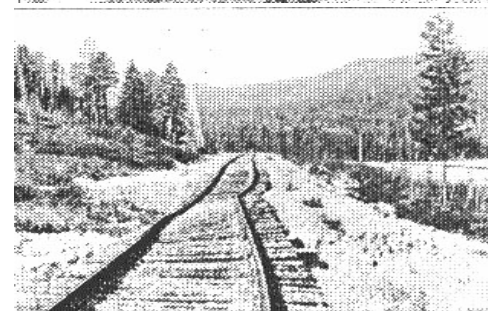


◀Рис.В.2. Просадки земляного полотна на участке пересечения обходом оз.Окунево у раз.Кодар; на переднем плане видно водопропускное сооружение – МГТ отв. $2 \times 1,5 \text{ м}$

На рис.В.1, В.2 показаны просадки земляного полотна на временном обходе Кодарского тоннеля БАМа (обход построен в 1984 г., фото 1992 г. из /3, рис.5.34, 5.35/). Столь сильные деформации (просадки до 0,6 м) произошли из-за недостаточной водопропускной способности построенных металлических гофрированных труб, что привело к застою воды у насыпей, насыщению грунтов водой и просадкам земляного полотна.



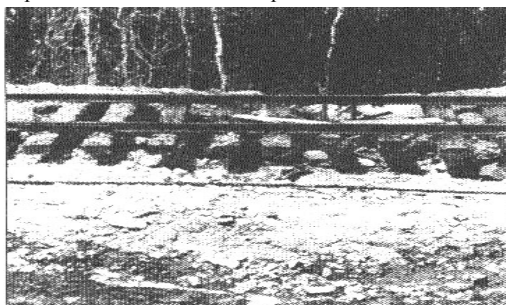
◀Рис.В.3. Размыв земляного полотна, балластной призмы и разрыв рельсовой колеи при отсутствии ИССО на ПК 4 обхода Кодарского тоннеля



◀Рис.В.4. Размыв земляного полотна и просадки на ПК 9 обхода Кодарского тоннеля

На рис. В.3, В.4 показаны размывы и просадки земляного полотна, деформации верхнего строения пути и даже разрыв рельсовой колеи на том же участке БАМа /3, рис.5.32, 5.33/. Причины деформаций: вода по складкам замаренных склонов притекала к земляному полотну и при отсутствии водопропускной трубы или укрепленного продольного водоотвода устремлялась вниз по склону вдоль подошвы насыпи до водорпусного сооружения, иногда переливаясь через насыпь.

На рис.В.5 показан размыв земляного полотна и балластной призмы на обходе Байкальского тоннеля БАМа (обход был построен в 1978 г., фото 1992 г. из /3, рис.5.4/). Причиной деформаций явилась плохая работа водопропускных сооружений и водоотводов в условиях образования наледей, что привело к случаям протекания воды по обочине земляного полотна вдоль балластной призмы и перелива паводковых вод через земляное полотно насыпи.



◀Рис.В.5. Размыв земляного полотна и балластной призмы на обходе Байкальского тоннеля БАМа



◀Рис.В.6. Одностороннее зависание путевой решетки при оттаивании насыпи из переувлажненных глинистых грунтов из-за отсутствия водоотводов на первом этапе сооружения земляного полотна железной дороги Тюмень-Сургут (428-й км, фото 1972 г.)

На рис.В.6 показаны деформации земляного полотна на железнодорожной линии Тюмень – Сургут (перегон Нелым – Вах) фото из /3, рис.2.15/. Из-за неготовности водоотводов на первом этапе работ насыпи, сооруженные из переувлажненного глинистого грунта, получали деформации: оползание откосов, просадки, зависание путевой решетки.

На рис.В.7 показан обход бугра пучения в выемке на разьезде 246-го км участка Тында – Тунгала БАМа (1980 г.) из /3, рис.4.14/.

В результате вырубки леса в полосе отвода, недостаточных инженерно-геологических изысканий и неправильно запроектированного водоотвода, после сооружения выемки изменились условия теплообмена на поверхности, а также режимы поверхностного и подземного стоков и образовалась наледь в том месте, где ее не было до начала строительства. В выемке интенсивно начал расти бугор пучения и рельсовая колея по главному пути была разорвана по стыкам, движение поездов прекратилось. Поэтому у правой откосной части выемки по льду был уложен обход бугра пучения, который эксплуатировался 5 месяцев. После устройства летом дренажей, водоотводов и других противоналедных мероприятий бугров пучения и образования наледей не наблюдалось и путь был переложен на проектную ось.



▲Рис.В.7. Обход бугра пучения в выемке на разьезде 246-го км БАМа участка Тында – Тунгала

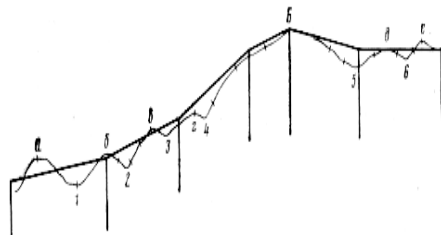
Приведенные примеры показывают, что в реальных условиях строительства и эксплуатации железных дорог, особенно в суровых климатических и сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях, проектирование продольного и поперечного водоотводов имеет очень большое значение и оказывает непосредственное влияние на безопасность, плавность и бесперебойность движения поездов.

Поэтому и в курсовом проекте этим вопросам должно быть уделено особое внимание.



1. СООРУЖЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ВОДООТВОДА

Для предохранения железнодорожной линии от затопления и размыва вода, притекающая к земляному полотну, должна быть отведена в сторону или пропущена через земляное полотно, рис.1.1.



◀ Рис.1.1. Продольный профиль трассы с обозначенными водораздельными точками и местами размещения водопропускных сооружений: водораздельные точки: а, б, в г, д, е – точки пересечения вспомогательных водоразделов, Б – точка пересечения главного водораздела; места размещения водопропускных сооружений (поперечного водоотвода): 1, 2, 3, 4, 5, 6

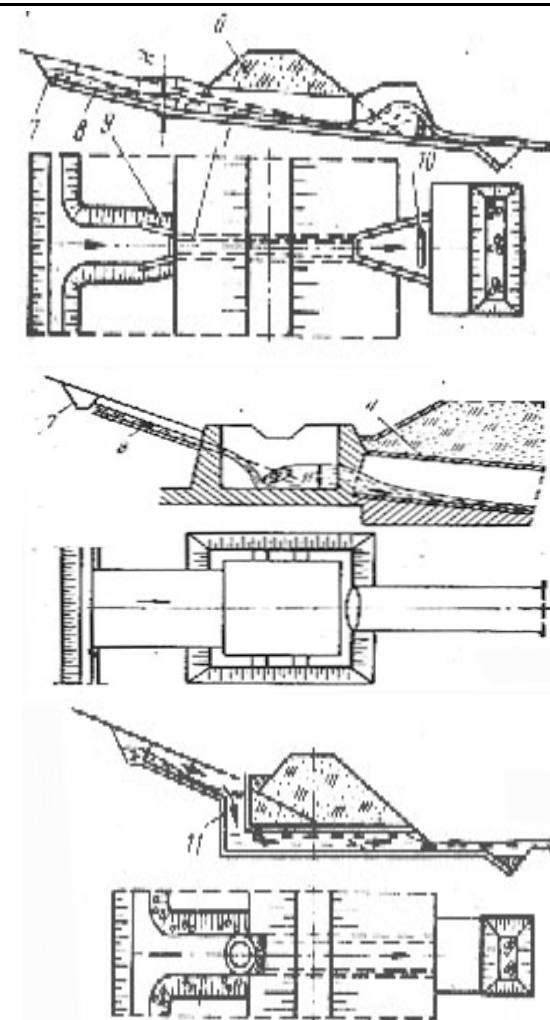
Сооружения и устройства *продольного водоотвода*: нагорные, водоотводные и забанкетные канавы, продольные водоотводные лотки и валики, кюветы, а также сопрягающие сооружения (одноступенчатые, многоступенчатые и консольные перепады, быстротоки, водобойные колодцы, стенки, комбинированные водобойные сооружения и устройства для гашения энергии потока на выходах из труб), рис.1.2 и 1.3.

В курсовом проекте размещение вышеназванных сооружений *не выполняется*, т.е. *не рассматриваются* вопросы индивидуального проектирования и *не подбираются* каким-либо приближенным методом *типовые* проектные решения, т.к. эти задачи рассматривают в курсе «Железнодорожный путь» /6, п.2.3.2/.

Единственные вопросы *продольного водоотвода*, которые находят свое отражение при выполнении курсового проекта:

1. при размещении мостов и труб на периодических водотоках, если возникает задача объединения бассейнов, то на профиле указывается *продольная водоотводная канава*³ (с направлением сброса воды в соседний бассейн, из которого вода пропускается в пониженное место по логу с помощью устройств поперечного водоотвода, рис.1.4.
2. применение типовых поперечных профилей земляного полотна, на которых указаны требуемые размеры (ширина, глубина, уклоны по дну) канав, кюветов и резервов, см. рис.1.5, а также рис.В.2 из части 1 и рис.1.2 части 2 пособия.

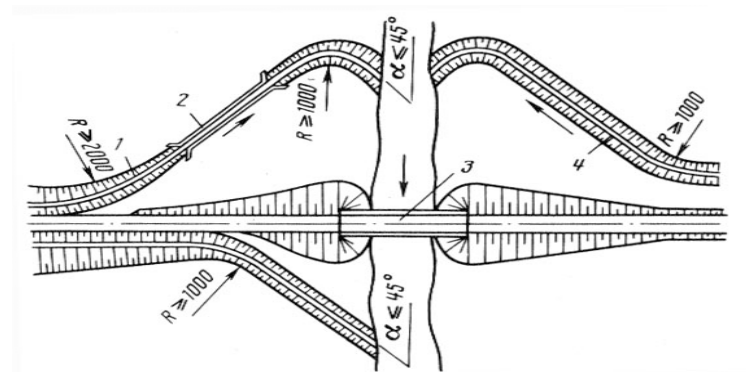
³ Уклон канав проектируют не менее 3 ‰, на болотах и речных поймах – не менее 2 ‰, в исключительных случаях – 1 ‰, см. п.5.21 /1/. На участках с грунтами основания, имеющими относительную осадку при оттаивании более 0,1, водоотводные канавы проектируются уклоном не менее 4 ‰ и размещаются на расстоянии 5 – 10 м от подошвы насыпей, см. п.5.35 /1/)



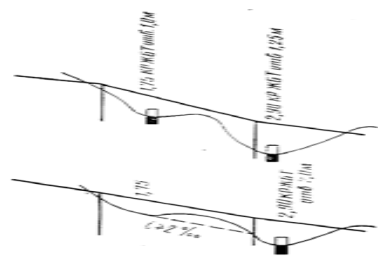
▲ Рис.1.2. Сооружения продольного и поперечного водоотвода: а - косогорная труба с быстротоком, сужением на входе и гасителем на выходе; б - входная часть трубы с быстротоком и водоприемным колодцем; в - труба с быстротоком и шахтным сбросом: 1 – водопропускная труба; 2 – оголовки трубы; 3 – укрепления; 4 – предохранительный откос; 5 – каменная наброска; 6 – насыпь; 7 – нагорная

1. СООРУЖЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ВОДООТВОДА

канавы; 8 – быстроток; 9 – сужение; 10 – гаситель; 11 – колодец-шахта (из работы /4/)



▲ Рис.1.3. План продольного водоотвода: 1 – кювет; 2 – быстроток; 3 – мост (однопролетный с необсыпными устоями); 4 – водоотводные канавы; 5 – насыпь; 6 – полунасыпь-полувыемка (рис. из /5/)

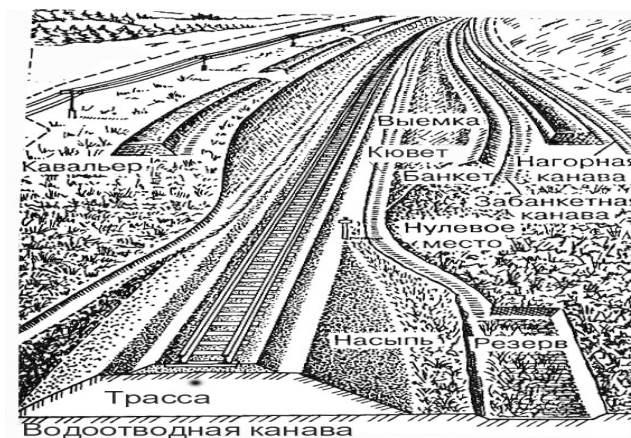


◀ Рис.1.4. Пример объединения двух бассейнов с помощью водоотводной канавы: а - до объединения нужны были две трубы; б - после объединения: проектируется одна круглая железобетонная труба отверстием 2,0 м (из /7, рис. 6.28/)

Согласно п.5.21 и 5.22/1/ размеры поперечного сечения нагорных канав и кюветов, а также водоотводных канав в пределах нулевых мест и водосбросов определяют по расходу воды вероятностью превышения 1% на линиях II категории и выше, 3% на линиях III категории и 5% на линиях IV категории, а продольных канав у насыпей и поперечных водоотводных канав – соответственно 4%, 7% и 10%, т.е. с меньшим запасом. При этом бровка канавы должна возвышаться не менее, чем на 0,2 м над уровнем воды, соответствующим расходу указанной вероятности превышения. Глубина водоотводных и нагорных канав и ширина их по дну должны быть не менее 0,6 м, а на болотах – не менее 0,8 м. Кюветам в выемках следует придавать уклон не менее 2‰. Глубину кюветов следует принимать не менее 0,6 м, а ширину по дну 0,4 м. В выемках при уклоне бровки земляного полотна менее 2‰

1. СООРУЖЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ВОДООТВОДА

или в выемках на площадках глубину кюветов в водораздельных точках допускается уменьшать до 0,2 м при сохранении ширины кюветов по дну.



▲ Рис.1.5. Земляное полотно железной дороги и сооружения продольного водоотвода: а) поперечный профиль выемки (с кавальерами) глубиной до 12 м в супесях, суглинках и тощих глинах при уклоне местности не круче 1:3; б) поперечный профиль насыпи (с резервами) высотой до 6 м из глинистых грунтов, мелких и пылеватых песков и легковетривающихся скальных пород при

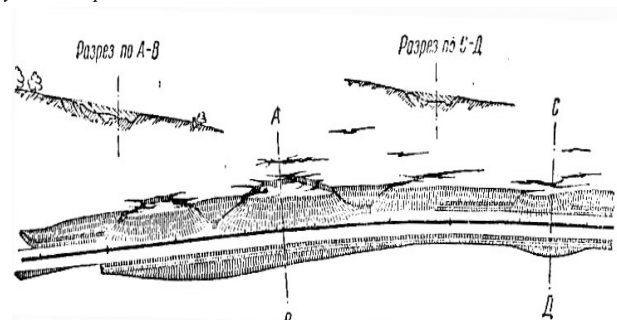
1. СООРУЖЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ВОДООТВОДА

поперечном уклоне местности не круче 1:5; в) общий вид земляного полотна железной дороги и сооружений продольного водоотвода (рис. из /8/)

Если водоотвод не предусмотрен надлежащим образом, то возможны серьезные деформации земляного полотна, искусственных сооружений и верхнего строения пути, приводящие к тяжелым последствиям, см рис. рис.1.6 и рис.1.7, а также рис. В.1 – В.7.



▲ Рис.1.6. Размыв откосов выемки с образованием застойного скопления поверхностных вод в основании земляного полотна (фото, БАМ, участок близ ст.Ларба /9, рис.19/); причина - плохой продольный водоотвод, не защищающий выемку от поверхностного стока



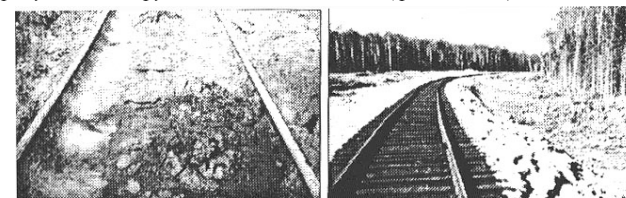
▲ Рис.1.7. Развитие деформаций откосов выемки: разрез С-Д – спływ откоса выемки с заполнением кювета грунтом; сечение А-В – оползание откоса выемки (обрушение со срезом и вращением) с полным заполнением кювета грунтом и деформацией основной площадки земполотна; причина – плохой продольный водоотвод (рис. из /10/)

Водоотвод оказывает большое влияние на прочность и устойчивость грунтов основания и тела земляного полотна, особенно на участках распространения вечной мерзлоты – рис.1.8, на просадочных основаниях, на переувлажненных глинистых грунтах – рис.1.9, и мелких песках – рис.1.10.

1. СООРУЖЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ВОДООТВОДА



▲ Рис.1.8. Активизация термокарста в основании насыпи и ее подтопление (фото, БАМ, близ ст.Ларба); причина – плохой продольный водоотвод в районе водопропускного сооружения – малого моста (фото из /9/)



▲ Рис.1.9. Деформации земполотна на участке Туртас-Салым железнодорожной линии Тюмень-Сургут: а - выдавливание разжиженного грунта из-под путевой решетки на раз.Карамыш (1971 г.); б - деформации земполотна из местных переувлажненных глинистых грунтов на 376-ом км; причина – отсутствие водоотводов на I-ом этапе строительства линии (фото из /3/)



▲ Рис.1.10. Деформации притрассовой автомобильной дороги, отсыпанной из мелких и пылеватых песков, при сооружении железнодорожной линии Тюмень-Сургут; причины: высокие нагрузки, особенно от автомобилей-трубовозов (до 10 кН на ось); отсутствие или заполнение переувлажненным грунтом водоотводных канав (фото из /11/)

Теперь Вам понятно, почему проектированию сооружений продольного водоотвода придается большое значение. Например, в Правилах выполнения рабочей документации железнодорожных путей (ГОСТ Р 21.1702-96) /12/ приведено требование о включении в состав основного комплекта рабочих чертежей продольных профилей водоотводных и нагорных канав в масштабах: горизонтальном

1. СООРУЖЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ВОДООТВОДА

от 1:5000 до 1:2000 и вертикальном от 1:500 до 1:200. На продольном профиле водоотводных и нагорных канав показывают:

- линию фактической земли по осям и проектную линию дна канав с ординатами от точек их переломов;
- линию проектируемой бровки земляного полотна; проектные уклоны и расстояния;
- искусственные сооружения с указанием отметок уровней горизонта высоких вод;
- дамбы (при необходимости); инженерные коммуникации;
- места выпуска канав на поверхность.

Пример оформления продольного профиля водоотводной канавы приведен на рис.1.12. Методика и примеры расчетов водоотводных и нагорных канав и других сооружений продольного водоотвода приведены в работах /4/ и /6/.

В курсовом проекте расчеты отдельных устройств продольного водоотвода могут быть заданы в качестве элемента УИРС при условии обеспечения студента дополнительными исходными данными, в том числе - *топографическими планами крупных масштабов*.

Итак, сооружения *продольного водоотвода* (в том числе -сопрягающие сооружения) перехватывают воду поверхностного стока и направляют ее к пониженным местам – к точкам, в которых вода должна быть пропущена поперек оси железной дороги вниз по склону.

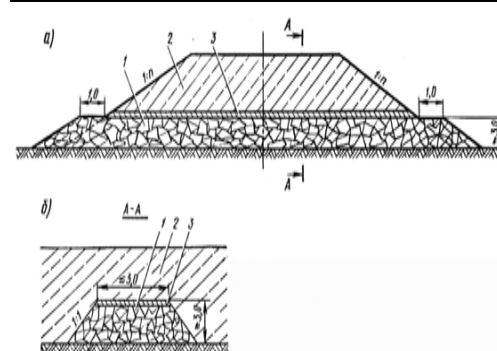
В точках, где трасса пересекает пониженные места – сухие лога (ложбины, лощины), так называемые *периодические водотоки*, должны быть предусмотрены сооружения *поперечного водоотвода*⁴.

Пропуск воды через тело земляного полотна обеспечивают *сооружения поперечного водоотвода* – мосты, трубы, лотки, дюкеры, акведуки, фильтрующие насыпи – см. прил.2 части 4, а также дренирующие прорези в насыпях, возводимых из недренирующих грунтов, рис.1.11. Прорези устраивают при невозможности обеспечения минимального продольного уклона водоотводных канав на слабосточных марях (мари с продольными уклонами менее 2‰) /13, с.200 – 203/.

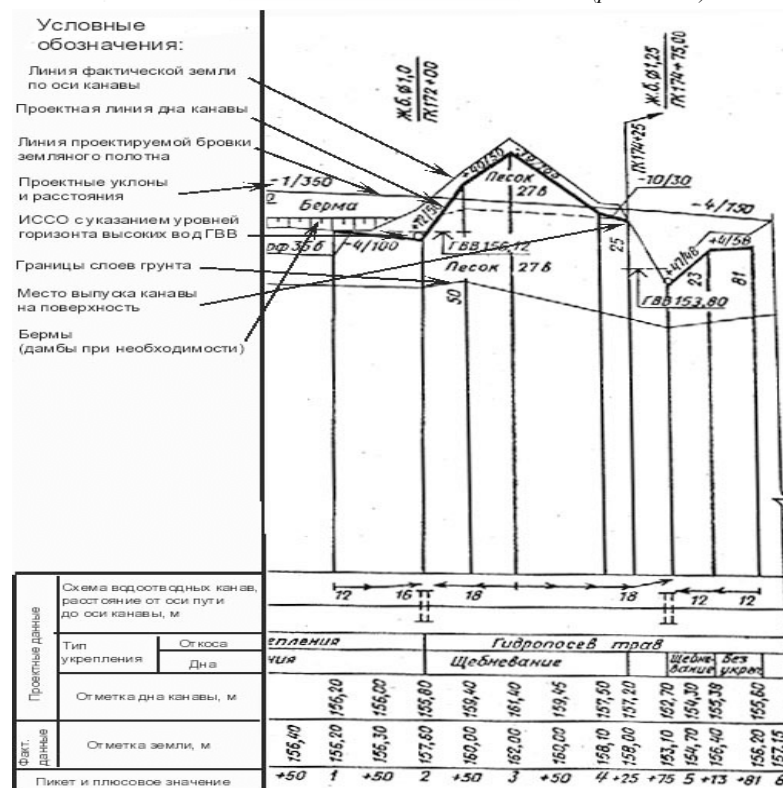
В курсовом проекте Вы будете заниматься размещением средних и малых мостов и водопропускных труб на периодических водотоках.

⁴ Если трасса пересекает сухой лог насыпью, тогда она препятствует естественному стоку поверхностных вод. Чтобы притекающая к этому месту вода не скапливалась и не размывала земляное полотно, необходимо обеспечить притекающей воде пропуск в пониженное место. Другими словами, следует *сохранить природное равновесие*: поверхность земли имеет склон, после дождей или снеготаяния по нему стекает вода, если Вы преградили естественный путь движения воды насыпью, то необходимо предусмотреть водонепроницаемое сооружение. Однако, если трасса пересекает сухой лог (периодический водоток) выемкой, то задача поперечного водоотвода несколько усложняется, т.к. нельзя пустить воду в выемку, надеясь на кюветы – ни в коем случае (см. рис. 1.6, 1.7). Притекающую с нагорной стороны воду перехватывают нагорной канавой и отводят в пониженное место, например, в соседний сухой лог и там уже устраивают водонепроницаемое сооружение.

1. СООРУЖЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ВОДООТВОДА



▲Рис.1.11. Схема устройства дренирующей прорези в насыпях высотой более 3 м: а – продольный разрез прорези; б – поперечное сечение прорези; 1 – наброска из камня размером не более 50 см, чистый, без примеси мелкозема, морозостойчивый; 2 – тело насыпи; 3 – слой минеральной ваты (рис. из /13/)

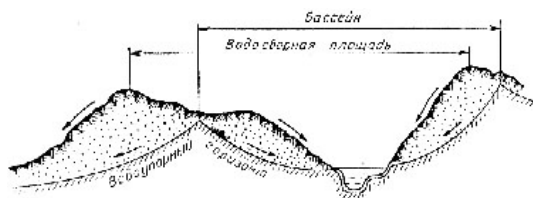


▲Рис.1.12. Фрагмент продольного профиля водоотводной канавы проектируемой железной дороги с указанием условных обозначений (рис. из /12/)

2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ И ТРУБ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОДОТОКАХ

2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ МОСТОВ И ТРУБ

Часть земной поверхности, с которой атмосферные осадки стекают к пониженному месту на трассе железной дороги называется *водосбором* или *бассейном*. Если быть точным, то эти два термина: *водосбор* (*водосборная площадь*) и *бассейн* обозначают несколько разные понятия. *Водосбором* называют *площадь*, с которой вода стекает в данный водоток, *бассейном* называют ту *часть грунта*, из которой вода поступает в данный водоток /14/. Площади бассейна и водосбора могут быть различными, см. рис.2.1. Но поскольку подземный сток составляет, как правило, лишь небольшую долю поверхностного, принципиального различия между этими понятиями нет и в курсовом проекте водосбор и бассейн – являются синонимами.



◀ Рис.2.1. Бассейн и водосборная площадь (водосбор), рис.из /14/

Верней⁵ границей водосборов является *главный* (продольный водораздел) или граница карты⁶, нижней – трасса, участки которой в пределах каждого водосбора называются *замыкающими створами*. Боковыми границами водосборов являются *поперечные водоразделы*, каждый из которых определяет границу двух смежных бассейнов, рис.2.2.

Для нахождения мест размещения водопропускных сооружений и определения *границ водосборов* на продольном профиле выделяют все пониженные точки, расположенные в логах, к которым может притекать поверхностная вода, см. рис.2.2 – точки 1 – 7. Между соседними пониженными точками выделяют *водораздельные точки* – точки *а - и*. От каждой водораздельной точки на трассе *по нормальям к горизонталям* (по гребням возвышенностей) проводят линии *местных* или *поперечных водоразделов* до пересечения с *главным водоразделом* или до границы карты. Не обязательно во всех пониженных местах – точках пересечения трассой периодических водотоков - будут устроены водопропускные сооружения

⁵ «Верх» и «низ» в данном случае определяют не по надписям на учебной карте, а по *отметкам горизонталей*. Именно в этом смысле (по высоте над уровнем моря) и следует понимать в дальнейшем слова «верхний» и «нижний».

⁶ В курсовом проекте нет возможности выдавать студентам комплект карт, по которому они могли бы определить полные площади водосборов. Поэтому, если боковые границы

поперечного водоотвода. Если две соседние пониженные точки расположены друг от друга на близком расстоянии и в одной из них устройство водопропускного сооружения затруднено или технико-экономически нецелесообразно⁷, см. рис.2.2 – точки *б* и *б'*, то осуществляют отвод воды из этой точки по водоотводной канаве вдоль полотна железной дороги к соседнему пониженному месту и там размещают одно ИССО, рис.2.3.



▲ Рис.2.2. Нахождение точек размещения водопропускных ИССО: а) - продольный профиль: 1 – 7 – точки размещения ИССО, а – и – водораздельные точки; б) - план в горизонталях: цифры в кружках – номера бассейнов, соответствующие точкам размещения ИССО; рис. из /15/

водосборов «уходят» за границу карты, то условно принимают, что граница учебной карты, как раз и является границей водосбора (заменяет продольный или поперечный водораздел).

⁷ Например, недостаточна высота насыпи и нежелательно углубление русла, или небольшой расход притекаемой воды и небольшое расстояние до соседнего пониженного места.

2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ И ТРУБ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОДОТОКАХ



◀ Рис.2.3. Определение длины водоотводной канавы при объединении бассейнов

Следует учитывать, что пропуск вод нескольких периодических водотоков через одно сооружение *не допускается при наличии вечномерзлых грунтов, селевого стока, лессовых грунтов и возможности наледеобразования*, см. /1, п.8.4 /.

В районах вечной мерзлоты на участках с просадочными при оттаивании грунтами (см. рис.1.8 - 1.10) должны соблюдаться следующие требования /1, п.8.4/:

- водопропускные сооружения необходимо проектировать во всех естественных понижениях продольного профиля, а на слабосточных участках они должны предусматриваться не реже, чем через 500 м;
- мосты и трубы необходимо располагать на естественном водотоке, не допуская их размещения в бортах логов и русел;
- пересыпание водотоков насыпью с отводом русел не допускается.

В курсовом проекте *условно* приняты хорошие инженерно-геологические условия, поэтому таких препятствий для объединения бассейнов нет. Следует лишь *проверить условие: уклон продольной водоотводной канавы должен быть не менее 3 ‰ (в трудных условиях не менее 2 ‰)*, иначе канава будет заиливаться из-за недостаточной скорости течения воды⁸ /6, с.406/. В курсовом проекте длина водоотводных канав, устраиваемых для объединения двух бассейнов, ограничивается $L_{кан} \leq 2 \text{ км}$ (*условно – для всех канав независимо от места их расположения*).

Важное замечание. Как правило, водопропускные сооружения на железной дороге располагают не реже, чем через 2 км друг от друга /16, с.183/, /17, с.80/, /18, табл.1.1, с.9/, /19, с.117/⁹. В курсовом проекте постановка такого требования

⁸ Длина канавы также не может быть чрезмерно большой, т.к. с увеличением ее протяжения увеличивается площадь ее водосбора, т.е. площадь земли (с нагорной стороны от канавы), с которой вода стекает в канаву, а значит увеличивается значение притекаемого расхода. Поэтому сечение канавы по длине также должно увеличиваться. Следовательно, возрастает стоимость сооружения канавы (земляные работы, укрепление) и *экономика строительной стоимости* от намеченного варианта водоотвода - размещение одного ИССО в пониженном месте с устройством водоотводной канавы вместо обычного варианта решения - в каждой пониженной точке, свое ИССО, *не достигается*. Следует учитывать и тот факт, что содержать в хорошем состоянии водопропускную трубу для путейцев легче, чем водоотводную канаву, расположенную, например, на косогоре в труднодоступном месте.

⁹ В зависимости от района проектирования и сложности рельефа местности на один километр железной дороги приходится в среднем *две водопропускные трубы диаметром 1 м* (от 1,3 трубы/км в Европейской части при равнинном рельефе до 3,1 трубы/км в Саха-Якутии при горном рельефе) /18, табл.1.1/. Но учитывая тот факт, что, в основном, при

2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ И ТРУБ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОДОТОКАХ

заставила бы Вас выполнить большой объем дополнительной работы. Вместо того, чтобы найти лога, как это описано выше, см. рис.2.2, Вы должны были бы даже на ровном склоне, где нет заметных углублений профиля земли, предусматривать ИССО. То есть Вы должны были бы на таком ровном склоне без ложбин через каждые 2 км *искусственно создавать водоразделы, проектируя водораздельные дамбы*, а перед ними предусматривать ИССО. Создавая «необходимый» рельеф местности, путем проектирования водораздельных дамб – «маленьких водоразделов» и пропуская воду через земляное полотно вниз по склону, см. рис.2.4, Вы, конечно, обеспечили бы лучшие условия водоотвода, но такое увеличение объема расчетов в курсовом проекте вряд ли оправдано. Поэтому рекомендуется размещать водопропускные ИССО (мосты и трубы) *только в естественных, явно выраженных логах*¹⁰, см.рис.2.5, подразумевая, что притекающая с нагорной стороны вода будет бежать до ИССО по водоотводной (нагорной) канаве. В подобных случаях длина канавы *условно не ограничивается* и на схематическом продольном профиле такая канава *не показывается*.

Проектирование водопропускных ИССО через каждые 2 км километра трассы может быть задано в качестве элемента УИРС¹¹.

проектировании железных дорог применяют трубы большего диаметра (отверстия), чем 1 м (средняя величина отверстия 1,4 м /4, с.105/, а также рекомендации работы /17, с.80/ нами было принято требование: *одно ИССО на каждые 2 км трассы, которое должно учитываться при дипломном проектировании*. В курсовом проекте это требование *может не учитываться*.

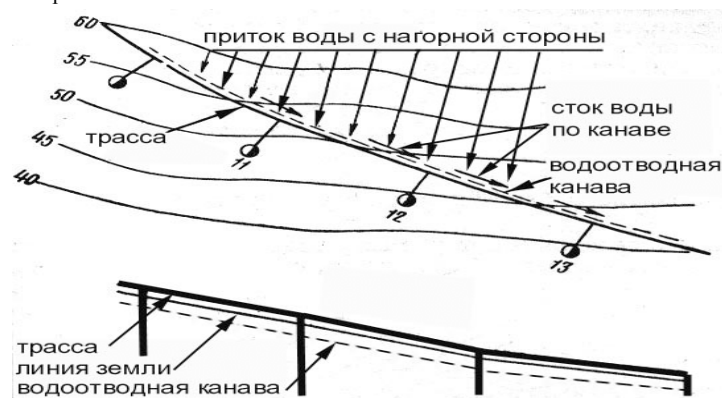
¹⁰ Разбиение площади бассейна с помощью водораздельной дамбы *следует применять лишь как вынужденную меру*, когда «не хватает» высоты насыпи для размещения ИССО на полный притекаемый расход, при условии, что изменять проектную линию нецелесообразно, а максимально допускаемое в курсовом проекте углубление русла $h_{русл.русл.(max)} = 0,5 \text{ м}$ («не помогает»).

Причина подобного *несоответствия* между практикой реального проектирования и курсового проектирования заключается в том, что в курсовом проекте Вам выдается карта масштаба 1:50000 с сечением горизонталей через 10 м, которая, конечно, *не отражает микрорельеф местности*. Если бы Вы имели возможность воспользоваться картами (планами) более крупного масштаба на свой район проектирования, то увидели бы, что на месте «ровных» горизонталей появились «извилистые» горизонталы, которые отражают реальный микрорельеф местности в районе проектирования и «показывают» на профиле места для размещения водопропускных ИССО.

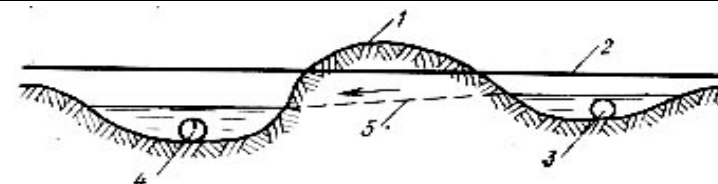


▲Рис.2.4. Размещение водопропускных ИССО на косогоре через каждые 2 км - для пропуска воды поперек трассы вниз по склону; рис. из /17/

Уточнение. Водоотводная канава не обязательно должна «исключать» ИССО в соседнем сухом логу. Возможно решение, см. рис.2.6, когда канава «берет на себя» только часть притекаемой воды и позволяет уменьшить потребное отверстие ИССО, которое «не исключается» в пониженном месте, но уже (после того, как предусмотрена канава) *требует меньшей высоты насыпи*. Как правило, такие задачи распределения притекаемых расходов решают на стадиях *проекта и рабочей документации* по крупномасштабным планам с учетом инженерно-геологических условий. Окончательный выбор выполняют на основе технико-экономического сравнения вариантов. Такая задача может быть поставлена в курсовом проекте в качестве элемента УИРС.



▲Рис.2.5. Водоотводная нагорная (продольная) канава на косогоре – в курсовом проекте не ограничивается по длине; рис. из /17/

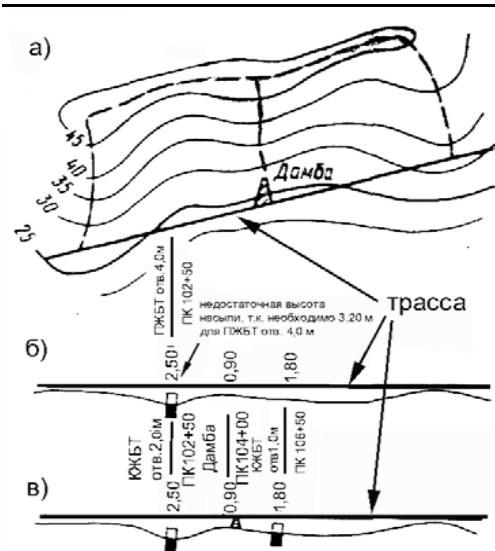


▲Рис.2.6. Проектирование водоотводной канавы, забирающей часть расхода притекаемой воды, для снижения потребной высоты насыпи в соседнем логу: 1 – поверхность земли; 2 – проектная линия; 3 – ИССО, которое подбирается на расход меньше притекаемого; 4 – ИССО, которое подбирается на расход, равный притекаемому со своего бассейна + часть соседнего расхода; 5 – водоотводная канава, регулирующая расходы воды, притекаемой к размещаемым ИССО; рис. из /18/

Водораздельные дамбы рекомендуется применять в случае, когда высота насыпи в месте размещения ИССО недостаточна. Тогда, применяя дамбу, уменьшают площадь водосбора, следовательно, разбивают притекаемый расход на два расхода, которые могут быть пропущены через небольшие трубы, см. рис.2.7.

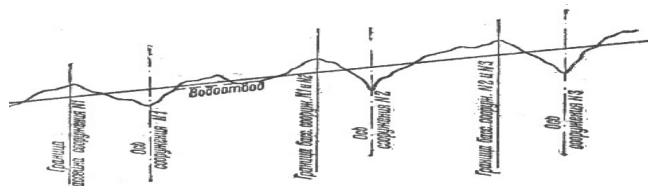
На рис.2.7 а показаны: фрагмент топографической карты масштаба 1:25000 (сечение горизонталей через 5 м) с нанесенной трассой и определенной площадью водосбора. От главного водораздела к трассе после дождя или таяния снега притекает вода, которая начинает скапливаться у насыпи. Эту воду необходимо пропустить вниз по логу. *Расход притекаемой воды $Q_{пр}$, м³/с* – это объем воды в кубических метрах, притекающий к замыкающему створу в единицу времени, т.е. в секунду.

На рис.2.7 б, исходя из величины *расхода притекаемой воды* сделана попытка разместить прямоугольную железобетонную трубу отверстием 4,0 м. Однако, минимальная высота насыпи (по конструктивному требованию) для такой трубы равна $h_{н(мин)-констр}=3,20$ м, а в точке предполагаемого размещения трубы насыпь всего $h_n=2,50$ м. Поэтому было принято решение – разделить бассейн водораздельной дамбой, сооружаемой на пикете 104+00 – см. рис.2.7 в. Появилась возможность разместить две круглые железобетонные трубы: на пикете 102+50 – трубу отверстием 2,0 м ($h_{н(мин)-констр}=2,56$ м) с небольшим углублением русла $h_{среза.} = 0,06$ м и на пикете 106+50 – трубу отверстием 1,0 м ($h_{н(мин)-констр}=1,50$ м) – без углубления русла. Таким образом, была решена задача размещения ИССО путем разделения одного бассейна на два бассейна водораздельной дамбой.



▲Рис.2.7. Разбиение исходного бассейна на два бассейна для возможности размещения водопропускных ИССО: а - план бассейна; б - вариант размещения одного ИССО - прямоугольной железобетонной трубы, требующей насыпи $h_{н(мин)констр}=3,20$ м - не проходит по высоте насыпи, см.прил.б; в - вариант размещения двух ИССО - круглых железобетонных труб отверстиями 2,0 м и 1,0 м, требующими меньше высоты насыпи; рис. из /7/

После всех приведенных выше пояснений и примеров легко читается рис.2.8, на котором приведена схема размещения ИССО на продольном профиле.



▲Рис.2.8. Схема размещения осей ИССО на продольном профиле; рис. из /20/

На рис.2.8 водораздельные точки, определенные по профилю, показывают границы бассейнов искусственных сооружений. В логах намечены оси будущих ИССО. В одном из логов решено не размещать ИССО, т.к. недостаточна высота насыпи, а воду, притекающую к замыкающему створу, решено направить по водоотводной канаве к соседнему ИССО №1. Вроде бы, решены все вопросы водоотвода - и продольного и поперечного. Но почему же не указаны на профиле типы ИССО? Почему нет подписей, например: ПБТ отв.6,00 м / ПК 251+50, что расшифровывается, как - прямоугольная бетонная труба отверстием 6,00 м на пикете 251+50, или СЭМ 4x6,00 / ПК 346+00, что обозначает - свайно-эстакадный мост (четырёхпролетный с пролетными строениями полной длиной 6,00 м каждое) на пикете 346+00 ?

Ответ прост. Намечены места размещения ИССО. Но пока неизвестен расход воды $Q_{пр}$, м³/с, притекающей к каждому ИССО, нельзя выбрать тип ИССО.

Задача определения расхода притекаемой воды $Q_{пр}$, м³/с рассматривается в следующем пункте данного раздела.

2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ПРИТЕКАЕМОЙ ВОДЫ

Сток поверхностных вод представляет собой процесс стекания части атмосферных осадков по склонам и логам водосбора к его замыкающему створу.

Цель расчетов стока состоит в определении количества воды, притекающей к искусственному сооружению.

Сток поверхностных вод по своему происхождению бывает двух видов: дождевой (ливневый), возникающий в результате летних или осенних дождей, и от снеготаяния, возникающий в результате весеннего таяния снега. В южных регионах возможен смешанный сток - результат сочетания снеготаяния и весенних дождей.

Расход стока (расход притока, расход притекаемой воды) $Q_{пр}$, м³/с и объем стока (объем притока - количество воды, притекающей к замыкающему створу за период стока) $W_{пр}$, м³ рассматриваются как случайные величины, поскольку они зависят от сочетания большого числа физико-географических факторов.

Подробно теория поверхностного стока и методы расчетов его расходов и объемов изложены в работах /2, глава 7/, /4, раздел 3/, /8, глава 3/, /7, глава 6/, /15, глава 9/, /19, глава 6/, /21, глава 5/. Все перечисленные книги есть в библиотеке ИрИИТа. Кроме того, отдельные вопросы расчетов поверхностного стока и размещения ИССО, в том числе, с учетом аккумуляции воды перед сооружением рассмотрены в учебном пособии /22/ и методических указаниях /23/ - /25/. Вы можете воспользоваться указанными источниками для лучшего понимания вопросов расчета поверхностного стока и определения отверстий водопропускных сооружений. В учебном пособии некоторые положения изложены очень кратко из-за ограничений на объем пособия.

В курсовом проекте рекомендуется применять упрощенный вариант расчетов поверхностного стока, основные допущения которого:

1. Размещение водопропускных ИССО выполняют без учета аккумуляции воды перед сооружением.
2. Условно принимается, что все районы проектирования располагаются южнее штриховой линии, рис.2.9 (см. точнее /2, рис.7.23, с.254/), обозначающей южную границу преобладания стока от снеготаяния (стока весеннего половодья), следовательно, ливневые расходы будут больше расходов от снеготаяния /8, с.106/.
3. С учетом пунктов 1 и 2 при расчетах поверхностного стока можно ограничиться расчетом ливневого стока.
4. Расчеты расходов ливневого стока ведутся по приближенному методу, разработанному Б.Ф. Первозниковым (приближенный метод ЦНИИС - СДП) /26, с.158 - 159/. Метод дает относительную ошибку не свыше 30% по сравнению с расчетом стока по СНиП 2.01.14-83 /27/ и допускается для

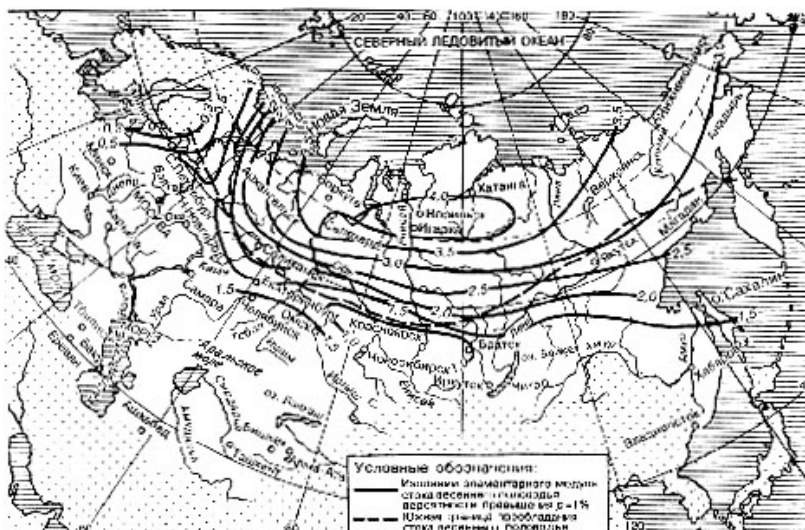
2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ И ТРУБ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОДОТОКАХ

предварительных расчетов по сравнению вариантов трассы на этапе *технико-экономического обоснования инвестиций*.

5. Площади бассейнов определяются приближенным картометрическим методом - с помощью палетки в виде сетки квадратов.

В курсовом проекте в качестве элемента УИРС могут быть заданы:

- 1) размещение ИССО с учетом аккумуляции (построение кривой Д.И. Кочерина может быть выполнено точными методами, с помощью номограммы или упрощенно - по двум точкам, см /2, п.7.5/, /7, с.306 - 309/, /22, с.47 - 62/, /24, с.35 - 52/, /25, с.3 - 13/, /28, с.145 - 150, рис.4-8/, в том числе - с учетом стока с наибольшим объемом);
- 2) район проектирования севернее штриховой линии, рис.2.9, что потребует определения для всех бассейнов расходов двух видов стока: ливневого и от снеготаяния;
- 3) расчет ливневых расходов точными методами по СНиП 2.01.14-83 /27/ или по ВСН 63-76 /29/;
- 4) определение площадей бассейнов различными картографическими методами /30/, /31/ (полярным планиметром, см. рис.2.10; методом взвешивания; с использованием различных видов палеток, см. рис.2.11; методом приведения к многоугольнику и разбивки на элементарные фигуры: треугольники и трапеции).

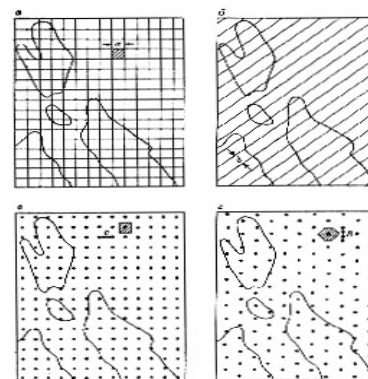


▲ Рис.2.9. Карта-схема изолиний элементарного модуля стока весеннего половодья вероятности превышения 1 % из /21, рис.5.10/

2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ И ТРУБ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОДОТОКАХ



◀ Рис.2.10. Полярный планиметр: 1 - полюсный рычаг; 2 - обводной рычаг; 3 -



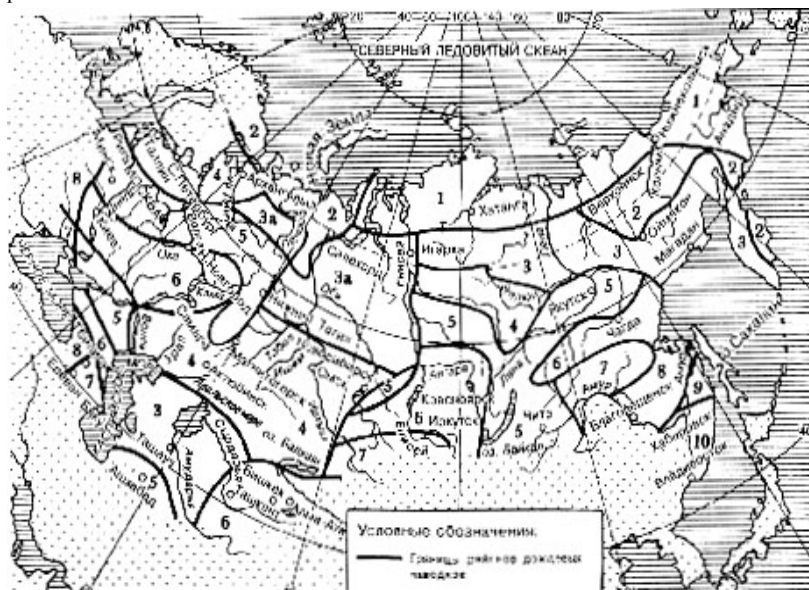
◀ Рис.2.11. Виды палеток для определения площадей: а - сетка квадратов; б - сетка параллельных линий; в - точечная квадратная сетка; г - точечная гексагональная сетка

2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ И ТРУБ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОДОТОКАХ

Для определения притекаемых расходов по номограммам расходов дождей паводков (ливневых расходов) с различных бассейнов необходимо определить шесть параметров:

- 1) номер ливневого района;
- 2) группу климатических районов;
- 3) тип почв для расчета ливневого стока;
- 4) вероятности превышения расходов расчетных и наибольших паводков;
- 5) площадь бассейна F , км²;
- 6) уклон главного лога I , ‰.

Номер ливневого района определяют по карте-схеме ливневых районов, рис.2.12.



▲ Рис.2.12. Карта-схема районов дождевых паводков (ливневых районов) из /21, рис.5.9/

Например, район проектирования, указанный в задании на проектирование, сформулирован таким образом: *Иркутская область, Киренский район, 57° с.ш., 109° в.д.* (см. п.1, прил.1, часть 1 пособия).

Тогда, пользуясь картами-схемами, представленными на рис.2.9 и 2.12, необходимо проделать три пункта.

1. По карте-схеме стока весеннего половодья, представленной на рис.2.9, следует убедиться, что заданный район проектирования *лежит южнее*

2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ И ТРУБ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОДОТОКАХ

пунктирной линии, указанной на этой карте и, следовательно, в проекте *определять сток весеннего половодья не требуется.*

2. По карте-схеме районов дождей паводков, представленной на рис.2.12, следует определить номер ливневого района, в примере это *ливневый район – 5.*
3. По табл.2.1. следует установить группу климатических районов, к которой относится найденный ливневый район; в примере – *группа климатических районов – III.*

Таблица 2.1

Определение группы климатических районов в зависимости от номера ливневого района

Номера ливневых районов (по рис.2.12)	1, 2, 3	3а, 4	5, 6	7, 8, 9	10
Группа климатических районов	V	IV	III	II	I

Тип почв для расчета ливневого стока указан в задании на проектирование, см. п.22 приложения 1 части 1 пособия. Примем для примера – *суглинки.*

Вероятности превышения расчетного и наибольшего расходов паводков следует выписать из СТН /1, п.8.14/ в зависимости от категории проектируемой железной дороги. Допустим, что проектируется железнодорожная линия *III* категории. Тогда, *вероятности превышения*, согласно СТН /1, п.8.14/: *1% - при расчетных паводках и 0,33% - при наибольших паводках.*

Установленные четыре параметра будут *постоянными при расчете стока для всех бассейнов в районе проектирования.*

Оставшиеся два параметра - *площадь бассейна F*, км² и *уклон главного лога I*, ‰ – индивидуальны для каждого бассейна, определенного на топографической карте.

Для того, чтобы определить площади бассейнов и уклоны главных логов необходимо нанести на карте границы всех бассейнов. Некоторые пояснения по этому вопросу уже были даны (см. пояснения к рис.2.2). Однако, практика курсового проектирования показывает, что именно *задача нанесения границ бассейнов является сложной для студентов.* Поэтому в прил.1 пособия даны *подробные рекомендации (с рисунками)*, которые позволяют Вам *самостоятельно определить границы всех бассейнов* на Вашей карте.

После нахождения границ бассейнов и выявления главных логов необходимо определить площади бассейнов и соответствующие им уклоны главных логов.

В курсовом проекте рекомендуется при определении площадей бассейнов применять *палетку в виде сетки квадратов со стороной 1 см.* Для удобной работы с квадратной палеткой и исключения ошибки при определении площади бассейнов

2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ И ТРУБ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОДОТОКАХ

необходимо вычертить палетку на листе кальки размером А4 210x297 мм шариковой ручкой¹². Работу выполняют в следующей последовательности:

- 1) накладывают палетку на карту и переносят карандашом контур первого бассейна;
- 2) рассчитывают площадь бассейна F , км² по формуле /31, с.317/

$$F = a^2 \cdot n, \quad (2.1)$$

где a – сторона квадрата в масштабе карты, км;
 n – число квадратов, попавших в пределы измеряемой площади; неполные доли квадратов оцениваются на глаз и суммируются;

для масштаба карты, принятого в курсовом проекте М 1:50000 и стороны квадрата палетки равной 1 см формула (2.1) может быть приведена к виду

$$F = a^2 \cdot n = (0,5)^2 \cdot n = 0,25 \cdot n, \quad (2.2)$$

если в курсовом проекте задан масштаб карты М 1:25000, то для определения площади бассейна следует применять формулу

$$F = a^2 \cdot n = (0,25)^2 \cdot n = 0,0625 \cdot n, \quad (2.3)$$
- 3) определяют уклон главного лога¹³ I , ‰ по формуле /2, с.225/

$$I = (H_u - H_z) / L, \quad (2.4)$$

где H_u, H_z – отметки главного лога соответственно в *истоке* и *закрывающем створе*, м; определяются по карте, при необходимости выполняется интерполяция;
 L – длина главного лога, км; определяется по карте линейкой с учетом извилистости лога;
- 4) полученные параметры первого бассейна F_1 , км² и I_1 , ‰ записывают в ведомость ИССО на периодических водотоках;
- 5) накладывают палетку на второй бассейн и определяют его параметры F_2 , км² и I_2 , ‰; их также записывают в ведомость ИССО и так далее – до последнего бассейна.

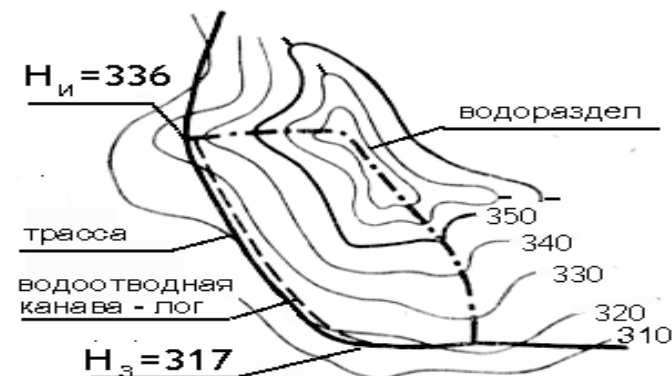
¹² Палетку делают заранее большого размера для измерения больших бассейнов, которые могут встретиться в курсовом проекте. Палетку вычерчивают шариковой ручкой, чтобы, после того как на нее перенесен с карты бассейн и определена площадь этого бассейна, можно было бы стереть карандашный контур бассейна и освободить место на палетке для измерения площади следующего бассейна.

¹³ В курсовом проекте определяют среднюю величину уклона главного лога в пределах всей его длины, т.е. без учета отметок промежуточных точек. Как правило, уклон лога не постоянен по длине лога: в верховьях – у истока – лог имеет более крутой уклон, а в низовой своей части уклон лога более пологий – равнинный. В учебнике /2/ эта величина называется в соответствии со СНиП 2.01.14-83 – *уклон главного русла водосбора* I_p , ‰, см. /2, с.225/. Величина *средневзвешенного уклона главного русла водотока* определяется по формуле, учитывающей участки русла, различающиеся уклонами /2, формула (7.1), с.225/. В курсовом проекте определение дождевых расходов с расчетами средневзвешенных уклонов главного русла может быть задано в качестве элемента УИРС.

2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ И ТРУБ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОДОТОКАХ

У односкатных бассейнов один склон (скат), по которому вода стекает вниз к трассе, рис.2.13. Для таких бассейнов за главный лог при определении расходов принимают будущую водоотводную канаву, которая пройдет с нагорной стороны от трассы. По этой канаве и вычисляют I , ‰, см. рис.2.13:

$$I = (H_u - H_z) / L = (336 - 317) / 3,5 = 5,4\%.$$



▲ Рис.2.13. Односкатный бассейн

Рассмотрим два примера определения основных параметров бассейнов: F , км² и I , ‰: *пример №1* на рис.2.14 и *пример №2* на рис.2.15.

На рис.2.14 показан фрагмент участка трассы проектируемой железнодорожной линии длиной около 8 км; план трассы – прямая. Главный водораздел проходит через точки: 2 – 7, причем, граница карты не позволяет провести главный водораздел до конца и точка 7 определена приближенно. На рис.2.14 три бассейна, но в примере будет рассмотрен лишь один – третий бассейн (он заштрихован).

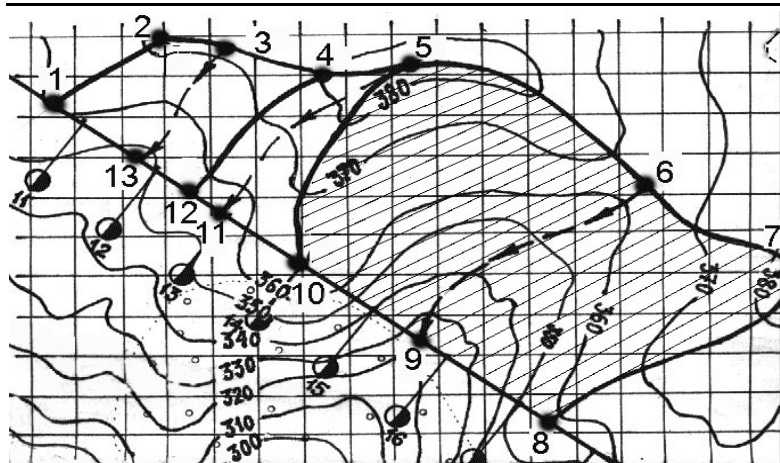
Границами бассейна являются: 5-6-7 – главный продольный водораздел, 10-5 и 8-7 – боковые, поперечные водоразделы, 10-8 – замыкающий створ; главный лог 6-9 – извилистый, его длина определена путем суммирования прямолинейных участков, его составляющих, и равняется $L_{6,9} = 3,35$ км.

Подсчитано количество квадратов палетки, покрывающих площадь, $n=54$; площадь бассейна определена по формуле (2.2)

$$F = 0,25 \cdot n = 0,25 \cdot 54 = 13,5 \text{ км}^2.$$

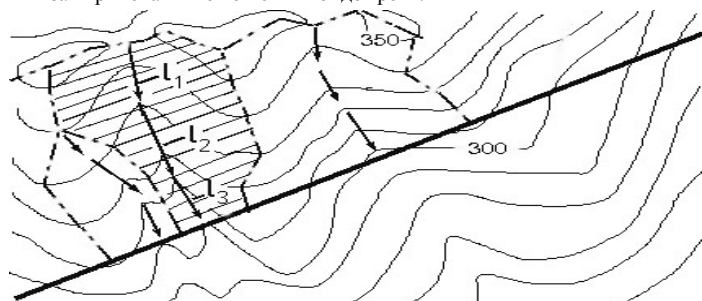
Определены отметки лога в истоке $H_u = 365$ м и в замыкающем створе $H_z = 336$ м; по формуле (2.4) рассчитан уклон главного лога:

$$I = (H_u - H_z) / L = (365 - 336) / 3,35 = 8,7 \%.$$



▲ Рис.2.14. Пример №1 определения площади бассейна и уклона главного лога: 2-3-4-5-6-7 – главный продольный водораздел; 1-2, 12-4, 10-5, 8-7 – боковые водоразделы; 3-13, 5-11, 6-9 – главные лога бассейнов

Рассмотрим пример №2 – рис.2.15. На рисунке показан фрагмент участка трассы проектируемой железной дороги; план – прямая, километры не подписаны. Масштаб карты М 1:50000, высота сечения горизонталей 10 м. Водоразделы обозначены штрих-пунктирной линией. На карте выделены три бассейна, один из них заштрихован – вот о нем и пойдет речь.



▲ Рис.2.15. Пример №2 определения площади бассейна и уклона главного лога: L_1 , L_2 , L_3 – прямолинейные участки главного лога

Выявляем главный лог этого бассейна, лог извилистый и может быть разбит на три прямолинейных участка. Длины участков главного лога измеряем линейкой: $L_1 = 0,9 \text{ см} = 0,45 \text{ км}$; $L_2 = 1,3 \text{ см} = 0,65 \text{ км}$; $L_3 = 0,8 \text{ см} = 0,40 \text{ км}$. Определяем длину главного лога

$$L = L_1 + L_2 + L_3 = 0,45 + 0,65 + 0,40 = 1,50 \text{ км.}$$

Накладываем палетку (на рис.2.15 палетка не показана); подсчитываем сумму квадратов палетки, которые закрывают площадь бассейна $n=15$; по формуле (2.2) определяем площадь бассейна

$$F = 0,25 \cdot n = 0,25 \cdot 15 = 3,75 \text{ км}^2.$$

Определяем отметки лога в истоке $H_u = 345 \text{ м}$ и в замыкающем створе $H_s = 300 \text{ м}$; по формуле (2.4) рассчитываем уклон главного лога:

$$I = (H_u - H_s) / L = (345 - 300) / 1,50 = 30,0 \text{ ‰.}$$

Итак, нами рассмотрены два примера:

пример №1 (рис.2.14): $F = 13,5 \text{ км}^2$, $I = 8,7 \text{ ‰}$;

пример №2 (рис.2.15): $F = 3,75 \text{ км}^2$, $I = 30,0 \text{ ‰}$.

Как Вы считаете, с какого из этих бассейнов расход стока дождевых паводков будет больше? Может быть в примере №1, ведь там больше площадь, или в примере №2, ведь там больше уклон главного лога. Не будем гадать, расход стока дождевых паводков необходимо определять с помощью номограммы, рис.2.16 из /21, рис.5.8, с.187/.

Номограмма, рис.2.16, составлена для определения максимального расхода стока дождевых паводков вероятности превышения 1% для водосборов с песчаными и супесчаными почвами - $Q_{ном}$, м³/с. Номограмма состоит из двух взаимозависимых графиков и вертикальной оси, по которой определяется $Q_{ном}$, м³/с.

Левый график: ось абсцисс – значения уклона главного лога I , ‰; ось ординат – безразмерная ось X; ломаные линии внутри графика, подписанные от I до V – группы климатических районов.

Правый график: ось абсцисс – значения площади бассейна F , км²; ось ординат – безразмерная ось Y; семейство параллельных линий, подписанных от I до 10 – номера районов дождевых паводков (ливневых районов).

Порядок определения $Q_{ном}$, м³/с покажем на примерах №1 и №2, которые были рассмотрены выше. Построения проведем прямо на рис.2.16 стрелками.

Исходные данные примеров:

1.Номер ливневого района – 5.

2.Группа климатических районов – III.

3.Категория почв – суглинки.

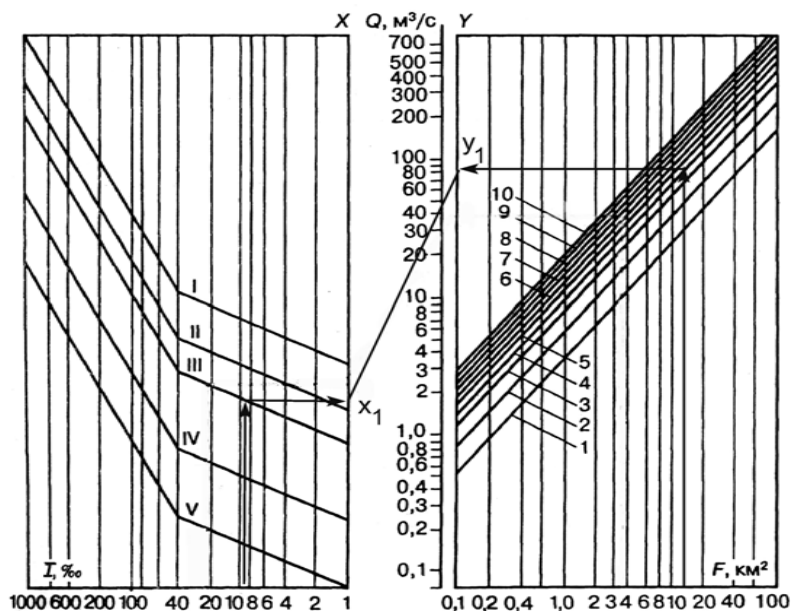
4.Вероятности превышения расходов: расчетного – 1 %;

максимального – 0,33 %.

5.Параметры бассейнов: из примера №1- $F_1 = 13,5 \text{ км}^2$, $I_1 = 8,7 \text{ ‰}$;

из примера №2- $F_2 = 3,75 \text{ км}^2$, $I_2 = 30,0 \text{ ‰}$.

Все построения проводим на рис.2.16 только для одного бассейна - №1, чтобы не затемнять чертеж и не вносить путаницу в объяснения.



▲Рис.2.16. Номограмма для определения расходов дождевых паводков вероятности превышения 1% при песчаных и супесчаных почвах: I – V – группы климатических районов; 1 – 10 – номера ливневых районов; стрелками показан пример определения величины расхода стока дождевых паводков для бассейна №1: $F_1 = 13,5 \text{ км}^2$, $I_1 = 8,7\%$; $Q_{ном1} = 45 \text{ м}^3/\text{с}$; x_1 , y_1 – вспомогательные точки при определении $Q_{ном1}$; рис. из /21/ (дополнен)

Сначала в левом графике по шкале уклонов главного лога откладываем: $I_1 = 8,7 \%$. Проводим вертикально вверх параллельно оси X линию до пересечения с ломаной линией, подписанной – III, что соответствует «нашей» группе климатических районов. От точки пересечения проводим горизонтальную линию до оси X и ставим точку – x_1 . Затем в правом графике откладываем значение площади бассейна $F_1 = 13,5 \text{ км}^2$. Проводим вертикально вверх параллельно оси Y линию до пересечения с наклонной линией, подписанной – 5, что соответствует «нашему» ливневому району. От точки пересечения проводим горизонтальную линию до оси Y и ставим точку y_1 . Наконец, соединяем точки x_1 и y_1 прямой линией. В точке, где эта прямая пересечет шкалу расходов, снимаем значение $Q_{ном}$, $\text{м}^3/\text{с}$. В нашем примере, см. рис.2.16, $Q_{ном1} = 45 \text{ м}^3/\text{с}$.

Если Вы уверены, что поняли, как определять значение $Q_{ном}$, $\text{м}^3/\text{с}$, проделайте всю описанную процедуру для второго бассейна. У Вас должно получиться $Q_{ном2} = 20 \text{ м}^3/\text{с}$. Если что-нибудь непонятно, Вы можете прочитать

примеры определения $Q_{ном}$, $\text{м}^3/\text{с}$ в работах /2, с.249 – 252, пример 7.4, рис.7.20/, /8, с.103 – 106, рис.3.12/, /21, с.186 – 189, рис.5.8/, /22, с.43-45, рис.2.10/.

По номограмме определяют расход стока дождевых паводков вероятности превышения 1% для водосборов с песчаными и супесчаными почвами – $Q_{ном}$, $\text{м}^3/\text{с}$. Для определения притекаемого расхода $Q_{пр}$, $\text{м}^3/\text{с}$ требуемых величин вероятности превышения (в примере 1% и 0,33%) и для почв водосбора, отличных от песчаных и супесчаных (в примере – суглинки) необходимо использовать формулу из работы /2, формула (7.63), с.252/

$$Q_{пр} = k_l \cdot Q_{ном}, \quad (2.5)$$

где k_l – поправочный коэффициент к значениям расхода, полученным по номограмме; принимается по табл.2.2 в зависимости от требуемой величины вероятности превышения P, % и грунтов водосбора /2, табл.7.21, с.252/.

Таблица 2.2

Вероятность превышения паводка P, %	Значения поправочного коэффициента k_l		
	Грунты водосбора		
	глинистые и суглинистые	песчаные и супесчаные	рыхлые
0,33	1,46	1,39	1,32
1,00	1,05	1,00	0,96
2,00	0,88	0,84	0,80

Следовательно, притекаемые к замыкающему створу расходы, для рассматриваемых примеров №1 и №2 в соответствии с формулой (2.5) будут равны:

пример №1: расчетный расход 1%-ной вероятности превышения

$$Q_{пр1\%} = k_l \cdot Q_{ном1} = 1,05 \cdot 45 = 47,25 \text{ м}^3/\text{с};$$

максимальный расход 0,33%-ной вероятности превышения

$$Q_{пр0,33\%} = k_l \cdot Q_{ном1} = 1,46 \cdot 45 = 65,70 \text{ м}^3/\text{с};$$

пример №2: расчетный расход 1%-ной вероятности превышения

$$Q_{пр1\%} = k_l \cdot Q_{ном2} = 1,05 \cdot 20 = 21,00 \text{ м}^3/\text{с};$$

максимальный расход 0,33%-ной вероятности превышения

$$Q_{пр0,33\%} = k_l \cdot Q_{ном2} = 1,46 \cdot 20 = 29,20 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расчитанные значения $Q_{пр1\%}$ и $Q_{пр0,33\%}$ после округления до целых заносят в соответствующие графы ведомости ИССО, табл.2.3.

Учитывая целый ряд упрощений и погрешностей: границы бассейнов могут быть определены неточно, т.к. карта мелкого масштаба М 1:50000; площадь бассейна определяется приблизительно с помощью квадратной палетки; уклон главного лога определяется приблизительно (среднее, а не средневзвешенное значение); метод, разработанный Б.Ф. Первозниковым (приближенный метод ЦНИИС – СДП) дает погрешность до 30 %,можно сделать замечание – подобный

расчет допустим только в курсовом проекте. В дипломном проекте следует воспользоваться более точными методами расчета стока поверхностных вод.

В следующих пунктах будет рассказано о том, какие ИССО размещают на периодических водотоках и как подобрать тип и отверстие ИССО в зависимости от величин притекаемых расходов.

2.3. РАЗМЕЩЕНИЕ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Справочный материал по данному вопросу вынесен в приложения 2 – 13. При размещении водопропускных ИССО заполняется ведомость, табл.2.3.

Пояснения к таблице 2.3.

Графа №1. Порядковый номер периодического водотока, пересекаемого трассой. Если на водотоке не устраивают ИССО поперечного водоотвода (трубу или мост), а отводят притекающую воду канавой (уклон канавы не больше 3‰) к соседнему логу, то заполняются только графы 1 – 9, так как ИССО на водотоке не размещают. Стрелкой на профиле и стрелкой в таблице в графе №1 показывают - к какому ИССО отводится вода. В месте размещения ИССО, к которому отводится вода, «дополнительные» расходы воды учитываются не полностью, а с учетом потерь (на впитывание и испарение) и с учетом поправки на неравномерность выпадения осадков и неодновременность добегания расходов со своего бассейна $Q_{св}$ и смежных бассейнов $\Sigma Q_{св}$, с которых отводится вода, по формуле /7, формула (6.25), с.303/: $Q_{суммар} = Q_{св} + 0,75 \cdot \Sigma Q$. Если какой-либо из бассейнов, наоборот, разбивался с помощью водораздельной дамбы для уменьшения расходов, притекающих к замыкающему створу, то в данной графе, как и во всех остальных графах 2-23 указываются сведения, соответствующие полученному бассейну и размещенному ИССО.

Графа №2. Пикетаж (строительный) оси размещаемого ИССО, кратный 50 м (при масштабе 1:50000). Строительный (изыскательский) пикетаж отличается от путейского тем, что по оси начальной ст.А принимают пикет 00+00 и далее ведут непрерывный пикетаж. Следовательно, ПК63+00 означает, что ИССО расположено на расстоянии 6300 м от оси ст.А. Путьский пикетаж (после сдачи линии в эксплуатацию) будет для этого ИССО таким: “на 7-ом км 3-ий пикет плюс 00”, т.к. у путейцев нет “нулевого километра”.

Графа №3. Площадь бассейна F , км² – определенная с помощью палетки.

Графа №4. Уклон главного лога I , ‰, определенный по формуле (2.4).

Графы №5 и №6. Расходы притока: расчетный $Q_{расчет}$, м³/с, Q_{max} , м³/с, определенные по формуле (2.5).

Графа №7. Отметка дна лога в замыкающем створе по оси ИССО H_d , м; отметка земли - определяется по продольному профилю.

Графа №8. Проектная отметка по оси ИССО $H_{пр}$, м; выписывается с продольного профиля.

Графа №9. Высота насыпи по оси ИССО h_n , м; определяется по формуле $h_n = H_{пр} - H_d$ (для мостов – это условная высота насыпи по оси ИССО).

Графа №10. Тип ИССО, размещенного на периодическом водотоке. Применяют сокращения: КЖБТ – круглая железобетонная труба; ПЖБТ – прямоугольная железобетонная труба; ПБТ – прямоугольная бетонная труба; МГТ – металлическая гофрированная труба; СЭМ – свайно- или стоечно-эстакадный мост; ЖБМ – железобетонный мост.

Графа №11. Отверстие ИССО записывается следующим образом, для труб: первая цифра – число очков, вторая – отверстие одного очка, м; для мостов: записывают схему моста, см. прил.9 и 10.

Графы №12 и №13. Напоры воды перед ИССО при пропуске расчетного $H_{расчет}$, м, и максимального расходов H_{max} , м, определенные по графикам возможных водопропускных способностей, см. прил.5 – 10. Для труб $H_{расчет}$, м, можно не записывать, т.к. его величина в проверках труб не используется.

Графа №14. Отметка наивысшего уровня подпертой воды перед ИССО, $H_{НУПВ}$, м; определяется по формуле $H_{НУПВ} = H_d + H_{max}$, м.

Графа №15. Отметка контрольной точки A – самой низкой точки в пределах $H_{НУПВ}$, H_A , м – выписывается с продольного профиля. Контрольная точка A не обязательно расположена по оси ИССО, см. пятую гидравлическую проверку для труб (для мостов – третья гидравлическая проверка) – прил.11.

Графа №16. Гидравлическая проверка (см. первую гидравлическую проверку для труб и мостов) – прил.11. Для труб: пропуск $Q_{расчет}$ в зоне расчетных расходов; для мостов: обеспечение запасов во входном сечении моста m_{min} , м.

Графа №17. Гидравлическая проверка (см. вторую гидравлическую проверку для труб и мостов) – прил.11. Для труб: пропуск Q_{max} - не в напорном режиме; для мостов: обеспечение $H_{max} \leq 3,0$ м.

Графа №18. Обеспечение необходимого запаса контрольной точки A в пределах $H_{НУПВ}$: $H_A \geq H_{НУПВ} + h_{запас над нупв}$. Гидравлическая проверка (см. пятую гидравлическую проверку для труб и третью гидравлическую для мостов) – прил.11; (третья и четвертая гидравлические проверки для труб всегда выполняются, если трубы подбираются по графикам, приведенным в прил.5 – 8, поэтому эти проверки можно в таблицу не выносить). Кроме знака «+», указывающего о выполнении проверки, в графу записывают значение $(H_{НУПВ} + h_{запас над нупв})$, чтобы можно было убедиться в выполнении проверки, сравнив его со значением $H_{НУПВ}$, записанным в графе №14.

Графа №19. Обеспечение минимально потребной (конструктивной) высоты насыпи: $h_n \geq h_{n \text{ min-констр}}$ – см. первую конструктивную проверку для труб и мостов – прил.11. Кроме знака «+», указывающего на выполнение проверки, в графу записывают минимально допустимую высоту насыпи по конструктивному требованию, выписываемую для труб – из прил.5 – 8, для СЭМ и ЖБМ, $h_{n \text{ min-констр}} = 2,00$ м.

Графа №20. Непревышение максимально допустимой (конструктивной) высоты насыпи: $h_n \leq h_{n \text{ max-констр}}$ – см. вторую конструктивную проверку для труб и мостов – прил.11. Кроме знака «+», указывающего на выполнение проверки, в графу записывают максимально допустимую высоту насыпи по конструктивному требованию, выписываемую для труб – из прил.5 – 8; для СЭМ $h_{n \text{ min-констр}} = 8,00$ м; для ЖБМ высота насыпи условно не ограничивается $h_{n \text{ min-констр}} = 100,00$ м., см часть 6 пособия (опоры виадука «Европа» на автомагистрали Инсбрук – Бреннер имеют высоту до 180 м; пролеты до 200 м).

Графа №21. Для труб отверстием 1,0 м – высота насыпи не выше 7,00 м – см.прил.11 – третью конструктивную проверку для труб.

Графа №22. Дополнительные работы: водоотводные каналы, водораздельные дамбы, углубление русла – указывают длину канавы, высоту дамбы или глубину срезки русла, если они применяются.

Графа №23. Строительная стоимость ИССО, $K_{ИССО}$, тыс. руб (с учетом стоимости дополнительных работ: канав, дамб, углублений русла, если они применяются). Определение строительной стоимости, см. часть 7 пособия.

Таблица 2.3

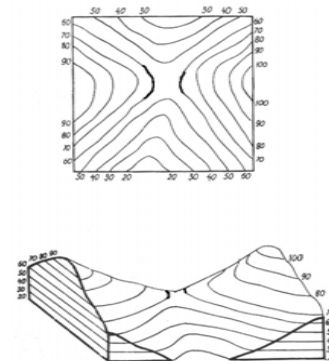
Ведомость ИССО, размещаемых на периодических водотоках

№											Гидравлические проверки		Конструктивные проверки		
	1	2	5	1	2	3	1	2	3						
1	180+50	63+00													
2	13,50	-													
3	8,70	-													
4	47,25	8,50													
5	65,70	11,60													
6	311,40	311,40													
7	313,60	313,60													
8	2,20	2,20													
9	СЭМ	КЖБТ													
10	5 × 6,0	3 × 1,5													
11	1,29	-													
12	1,57	1,55													
13	312,97	312,95													
14	313,60	313,60													
15	+	+													
16	+	+													
17	+ 313,47	+ 313,45													
18	+ 2,00	+ 2,04													
19	+ 8,00	+ 19,00													
20	-	-													
21	-	-													
22	-	-													
23	-	-													

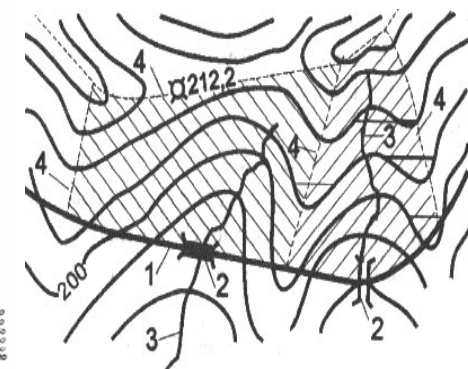
3	243+00	3,75	30,00	21,00	29,20	343,20	367,12	23,92	ЖБМ	2 × 34,2	1,80	2,20	345,40	367,12	+	+	+ 345,90	+ 2,00	+ 100,00	-	-
---	--------	------	-------	-------	-------	--------	--------	-------	-----	----------	------	------	--------	--------	---	---	----------	--------	----------	---	---

2.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие типы ИССО размещают на периодических водотоках?
2. Как определяют места размещения ИССО?
3. Как определяют площадь бассейна (водосбора), с которого вода стекает к замыкающему створу?
4. Какие формы рельефа изображены на рис.2.17? Покажите, пожалуйста, водораздел, лог, седло; определите отметку седла.
5. Что обозначено на рис.2.18 цифрами 1, 2, 3, 4? Каковы отметки дна лога по осям ИССО, размещенных на рис.2.18?



▲ Рис.2.17

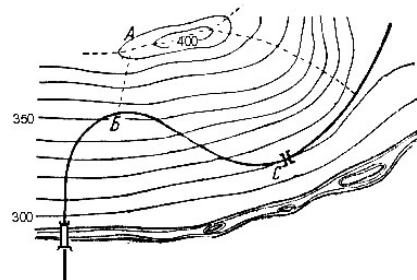


▲ Рис.2.18

6. Что изображено на рис.2.19? Покажите, пожалуйста, главный водораздел, боковые водоразделы, замыкающий створ.
7. Охарактеризуйте бассейн, изображенный на рис.2.20. Что обозначено буквами А, Б, С?

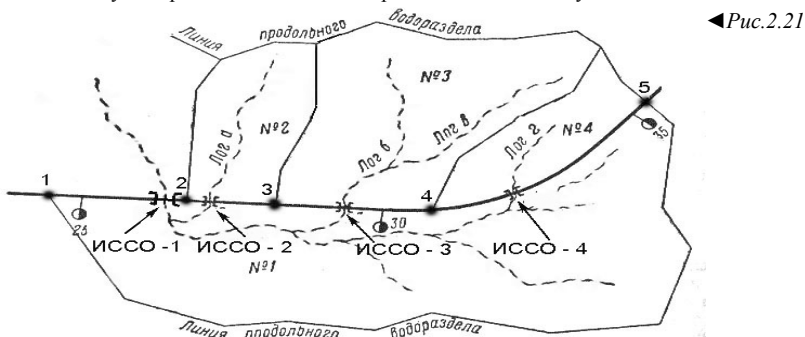


▲ Рис.2.19



▲ Рис.2.20

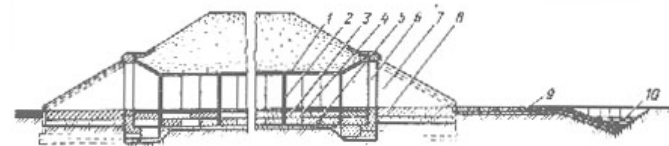
8. Как определяют уклон главного лога водосбора?
9. На рис.2.21 изображен план трассы железнодорожной линии. Покажите, пожалуйста, на рис.2.21 с каких бассейнов к каким ИССО и по каким логам будет стекать вода. Что обозначено цифрами 1 – 5? К какому из четырех размещенных ИССО будет притекать наибольший расход воды? Почему?



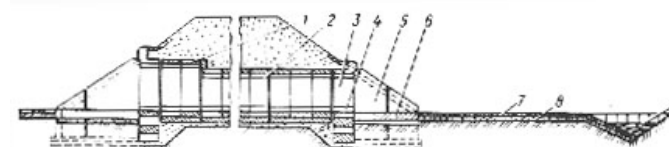
◀ Рис.2.21

10. Какие виды стока Вы знаете? Какие нормативные документы определяют порядок расчета гидравлических характеристик бассейнов и расчетов поверхностного стока?
11. Что называется «расходом стока» и «объемом стока»?
12. Что такое «вероятность превышения» расхода?
13. Расходы каких вероятностей превышения применяют при размещении ИССО на железных дорогах?
14. Как определяют расходы притока по номограммам ливневых расходов при расчете поверхностного стока по методу ЦНИИС – СДП?
15. Какие типы труб размещают на железных дорогах?
16. Как классифицируют водопропускные трубы?

17. Назовите, пожалуйста, основные конструктивные части водопропускных труб. Какие трубы изображены на рис.2.22 и 2.23? Что обозначено цифрами на этих рисунках?

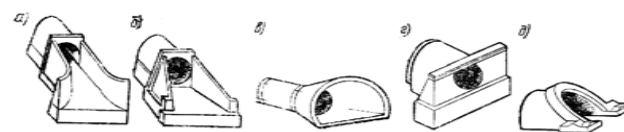


◀ Рис.2.22

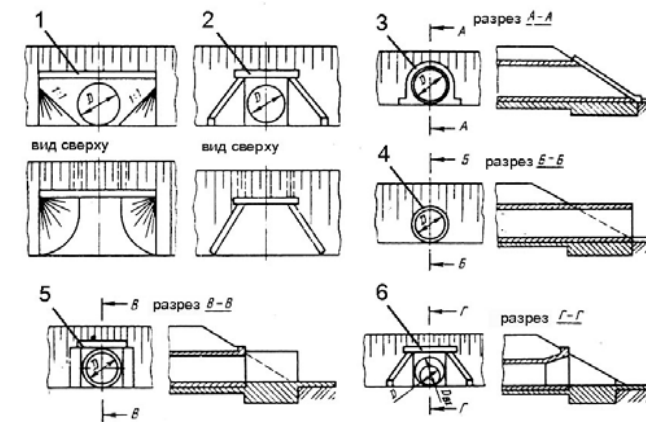


◀ Рис.2.23

18. Какие конструктивные особенности, достоинства или недостатки различных типов труб Вы знаете?
19. Какие типы оголовков водопропускных труб изображены на рис.2.24? Для чего применяют оголовки? Какие оголовки применяют в типовых трубах, размещаемых на железных дорогах?
20. Какие оголовки (оголовочные части) труб подписаны цифрами на рис.2.25? Где на рис.2.24 оголовки, изображенные на рис.2.25?



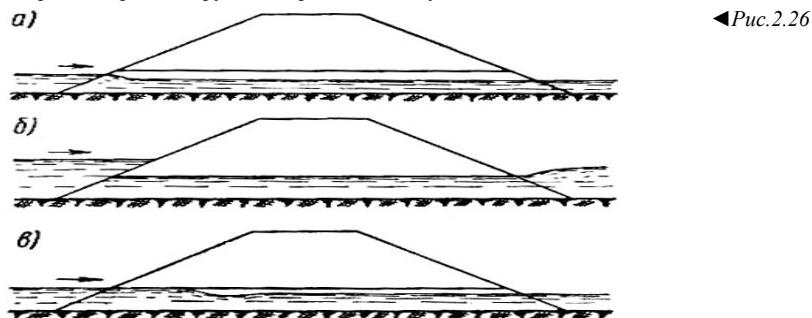
◀ Рис.2.24



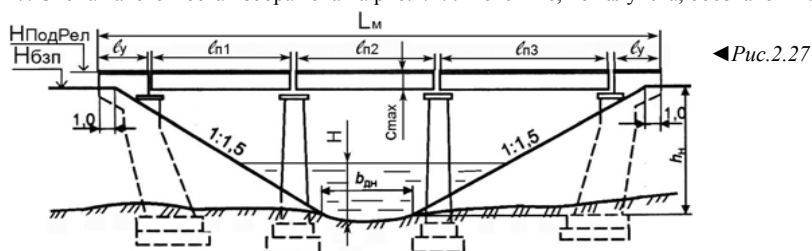
◀ Рис.2.25

2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ И ТРУБ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОДОТОКАХ

21. Назовите основные размеры типовых водопропускных труб, применяемых в настоящее время при проектировании железных дорог?
22. Какие режимы работы водопропускных труб Вы знаете? На рис.2.26 какие режимы работы трубы изображены под буквами а, б, в?

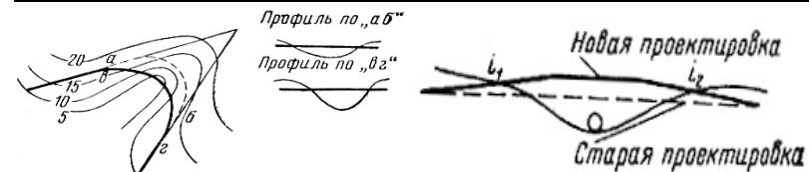


23. От чего зависит водопропускная способность труб?
24. Какие типы мостов с укрепленным подмостовым руслом Вы знаете?
25. От чего зависит водопропускная способность мостов?
26. В чем преимущества сборных свайно-эстакадных и стоечно-эстакадных мостов?
27. Схема какого моста изображена на рис.2.27? Поясните, пожалуйста, обозначения.



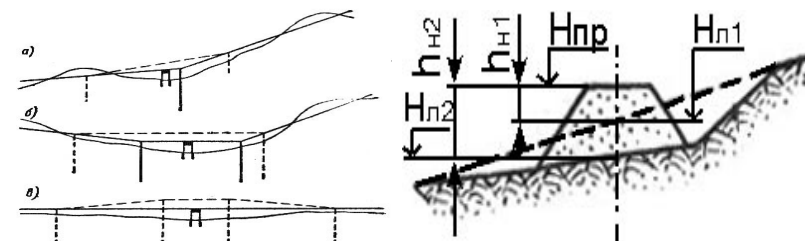
28. Какие проверки сохранности водопропускных труб Вы знаете?
29. Какие дополнительные требования предъявляются к трубам, проектируемым в Северной строительной-климатической зоне?
30. Какие проверки сохранности мостов с укрепленным (неразмываемым) подмостовым руслом Вы знаете?
31. Что такое **НУПВ**? Почему необходимо указывать **НУПВ** на продольном профиле трассы проектируемой железной дороги?
32. Для чего понадобилось делать корректировку плана, продольного профиля и профиля земной поверхности в случаях, изображенных на рис.2.28 - 2.31?

2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ И ТРУБ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОДОТОКАХ



▲ Рис.2.28

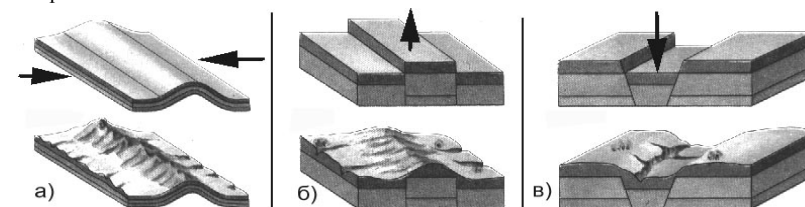
▲ Рис.2.29



▲ Рис.2.30

▲ Рис.2.31

33. Какие особенности проектирования водопропускных сооружений в сложных природных условиях Вы знаете?
34. Что такое «сели»? Какие особенности проектирования водопропускных ИССО в районах, где возможны селявые потоки, Вы знаете?
35. Что такое многолетнемерзлые породы (ММП)? В чем заключаются особенности проектирования ИССО в районах с распространением ММП?
36. Что такое термокарст? Приведите примеры негативного воздействия термокарста на строящиеся и эксплуатируемые железные дороги?
37. Что такое «морозное пучение грунтов»? Каковы его последствия для эксплуатации железных дорог, в частности, водопропускных сооружений?
38. Какие виды дислокаций земной коры Вы знаете? Назовите дислокации, изображенные на рис.2.32 под буквами а, б, в; укажите, где расположены разломы.

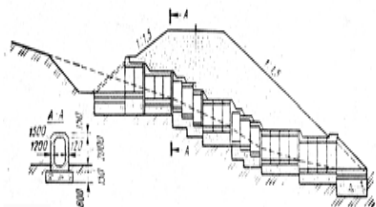


▲ Рис.2.32

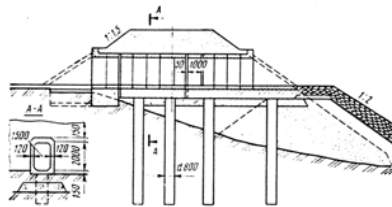
39. Что такое «разломы земной коры», «блоки земной коры»?
40. В чем заключаются негативные воздействия активных неотектонических разломов на сооружения железной дороги?

2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ И ТРУБ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОДОТОКАХ

41. Каковы основные рекомендации по проектированию железных дорог и, в частности, водопропускных сооружений в районах активного неотектогенеза?
42. Какие трудности с размещением водопропускных ИССО на периодических водотоках пришлось Вам преодолевать в курсовом проекте? Как Вы справились? Какие приняли решения? Обоснуйте, пожалуйста, свои решения.
43. Оцените, пожалуйста, преимущества и недостатки двух проектных решений по размещению косогорных водопропускных труб, рис.2.33 и 2.34, в том числе при условии залегания в основании трубы высокотемпературных ММП.



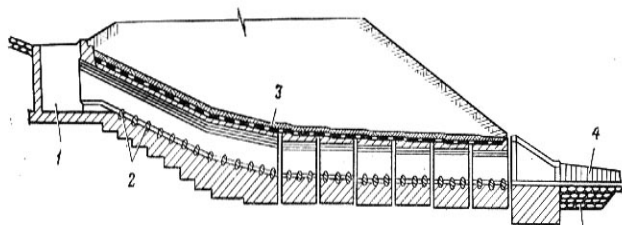
▲ Рис.2.33



▲ Рис.2.34

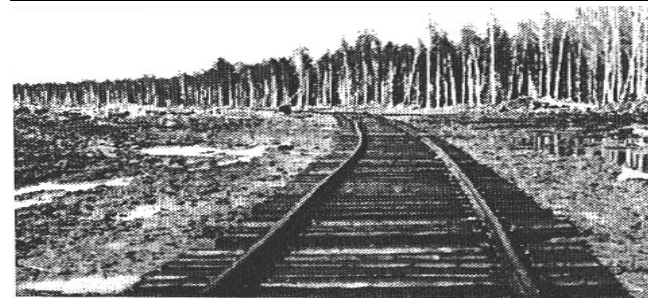
44. Какие части косогорной трубы обозначены цифрами на рис.2.35?

◀ Рис.2.35



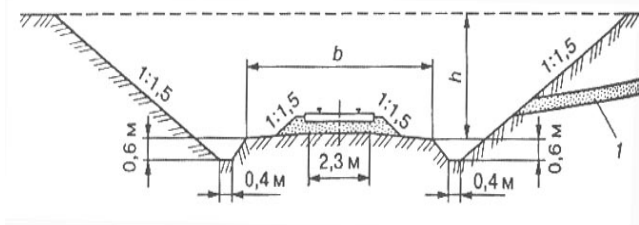
45. Когда бывает необходимо объединить или разъединить бассейны? Как это выполняется?
46. Чем вызваны деформации земляного полотна и верхнего строения пути на рис.2.36 (насыпь отсыпана из переувлажненных глинистых грунтов, фото из [3], железная дорога Тюмень-Сургут)?

2. РАЗМЕЩЕНИЕ МОСТОВ И ТРУБ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОДОТОКАХ



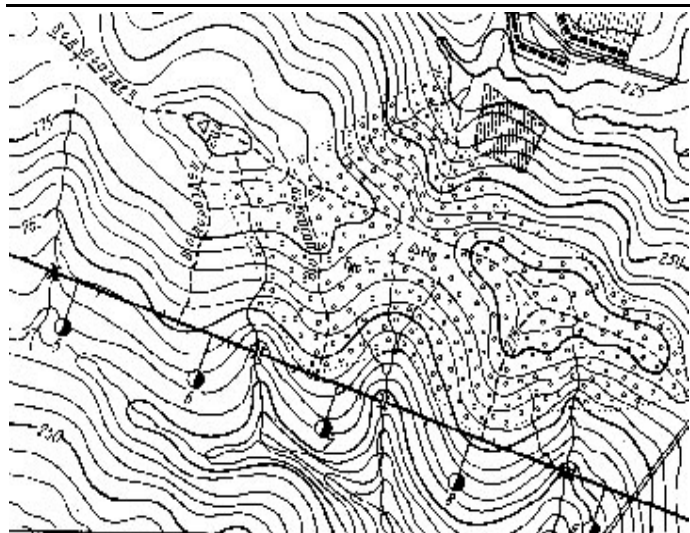
◀ Рис.2.36

47. Что такое «искусственное углубление русла»? Для чего его применяют?
48. В чем заключается опасность проектирования выемки, рис.2.37, на участке трассы при спуске с берега речной долины на пойму?

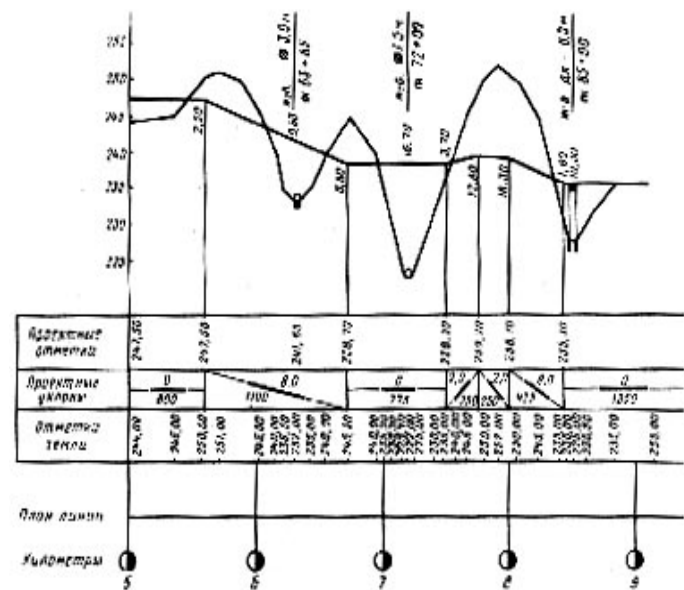


◀ Рис.2.37
1 – водоносный пласт

49. Оцените план, рис.2.38 и продольный профиль трассы, рис.2.39 с позиций размещения ИССО. Каких данных не хватает на продольном профиле? Нужна ли корректировка плана и продольного профиля?



← Рис.2.38



← Рис.2.39

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задача размещения водопропускных сооружений на периодических водотоках относится к сложным *многокритериальным задачам проектирования железных дорог*. Кроме того, что размещенное ИССО должно пропускать притекаемый расход с обеспечением требований сохранности (ИССО и земполотна) необходимо удовлетворить ряд условий, критерии по которым *не всегда могут быть оценены в денежной форме* (трудоемкость работ по строительству, эксплуатации, ремонту или усилению ИССО; долговечность ИССО; удобство в эксплуатации участка железной дороги с размещенным ИССО; влияние ИССО на окружающую среду; способность ИССО работать в неблагоприятных инженерно-геологических, гидрогеологических условиях, которые могут измениться в процессе строительства и эксплуатации железной дороги по сравнению с проектными условиями и др.).

Поэтому, размещая ИССО, следует помнить о том, что Вы не просто подбираете гидравлический параметр «отверстие» под рассчитанные расходы воды, притекающей к замыкающему створу бассейна, но Вы размещаете инженерное сооружение, являющееся важным элементом несущих конструкций железной дороги.

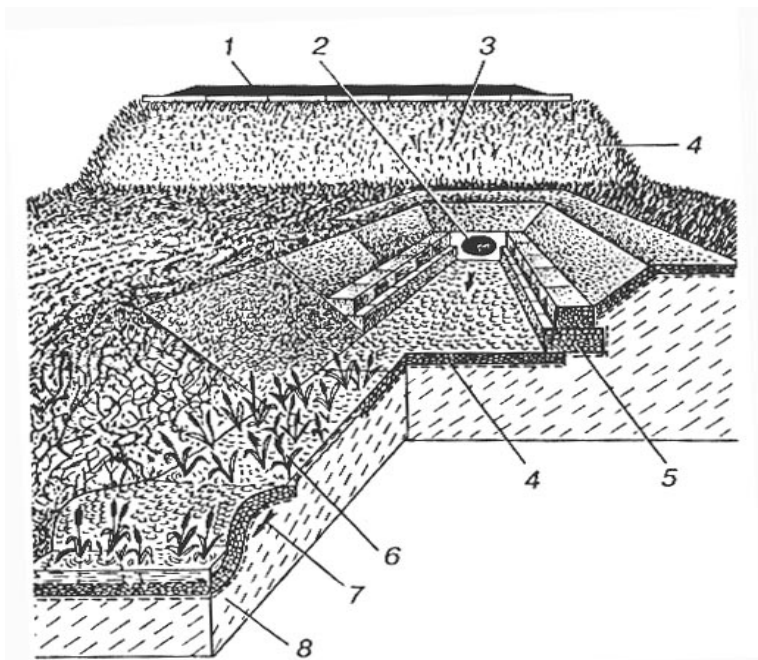
От того, насколько продуманно (с различных точек зрения, по различным критериям) Вы разместите ИССО, будет, в конечном итоге, зависеть обеспечение основных требований, которые предъявляются к трассе проектируемой линии: *безопасность, плавность и бесперебойность движения поездов* и, что очень важно, *экономичность* их обеспечения.

Именно поэтому в приложениях учебного пособия приведены основные сведения не только по гидравлическим характеристикам ИССО, но также приведены: краткие сведения об их конструктивных, строительно-технологических особенностях; сравнительный анализ их преимуществ и недостатков в эксплуатации; примеры из практики сооружения ИССО при строительстве железных дорог в сложных природных условиях.

Нам хотелось, чтобы, размещая ИССО, Вы не просто подбирали отверстия *отвлеченных водопропускных конструкций*, но проводя линии по графикам возможной водопропускной способности $Q_{соор(возм)}(H)$, видели бы сквозь сетку графика *реальные трубы и мосты* (представляли бы экскаваторы, роющие котлованы под фундаменты труб, слышали бы как копры забивают сваи при сооружении мостов, реально *сравнивали бы* тяжесть монолитного бетона, распирающего опалубку под фундамент бетонной трубы, и легкость гофрированных стальных листов, собранных в трубу, укладываемую краном на песчано-гравийную подушку).

Не следует забывать и об экологическом аспекте размещения ИССО и снижения их вредного влияния на окружающую среду. Например, в конце заключения приведен вариант *комплексной биоинженерной защиты выходного*

русла и прилегающей территории, разработанной в НПО «Эколандшафт» и применяемой на Московской кольцевой автодороге. Правильно запроектированная и построенная система водоотведения позволяет избежать неконтролируемого эрозионного размыва грунтов, развития процессов оврагообразования, оползневых процессов, а также загрязнения почв и водных объектов химическими соединениями, содержащимися в стоках поверхностных вод /8, с.474 – 477/.



▲Рис.3.1. Пример комплексной биоинженерной защиты выходного русла и прилегающей территории участке пересечения периодического водотока: 1 – полотно дороги; 2 – выходной оголовок трубы; 3 – озеленение откоса с применением геотекстиля; 4 – матрасы Рено; 5 – коробчатые габионы Рено; 6 – приемный водоем, заселенный макрофитами; 7 – водослив из матрасов Рено; 8 – геотекстиль; рис. из /8/

Конец заключения

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Строительно-технические нормы МПС РФ. Железные дороги колеи 1520 мм. СТН ЦД-01-95. - М.: МПС РФ, 1995. – 276 с.
2. Изыскания и проектирование железных дорог: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / И.В.Турбин, А.В.Гавриленков, И.И.Кантор и др.; Под ред. И.В.Турбина. – М.: Транспорт, 1989. – 479 с.
3. Белозеров А.И. Опыт устройства обходов барьерных объектов при строительстве железных дорог / ДСП – Москва-Новосибирск: Федеральная служба ж.-д. войск РФ, СГАПС, 1996. – 349 с.
4. Пособие по гидравлическим расчетам малых водопропускных сооружений / ВНИИ транспортного строительства (ЦНИИС), Главное управление проектирования и капитального строительства (ГУПиКС) Минтрансстроя СССР.– М.: Транспорт, 1992. – 408 с.
5. Лавриненко Л.Л. Изыскания и проектирование автомобильных дорог: Учебник для техникумов. – М.: Транспорт, 1991. – 296 с.
6. Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь: Учебник для вузов ж.-д. трансп. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987. – 479 с.
7. Изыскания и проектирование железных дорог: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / А.В. Горинов, И.И. Кантор, А.П. Кондратченко, И.В. Турбин.– 6-е изд., перераб. и доп.– М.: Транспорт, 1979. – Т. I. - 319 с.
8. Изыскания и проектирование мостовых переходов и тоннельных пересечений на железных дорогах: Учебник для вузов / В.А.Копыленко, В.Ш.Цыпин и др.; Под общ. ред. В.А.Копыленко. – М.: УМК МПС России, 1999. – 688 с.
9. Ревзон А.Л. Картографирование состояний геотехнических систем. – М.: Недра, 1992. – 223 с.
10. Горинов А.В. Проектирование железных дорог. Комплексное проектирование и организация изысканий. – М.: Трансжелдориздат, 1948. - Т. III. – 438 с.
11. Железные дороги в таежно-болотистой местности / Г.С.Переселенков, Е.П.Алексеев, Б.И.Солодовников и др.; Под ред. Г.С.Переселенкова. – М.: Транспорт, 1982. – 288 с.
12. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации железнодорожных путей. ГОСТ Р 21.1702-96 / Минстрой России, ГП ЦНС.– М.: ГУП ЦПП, 1997.– 25 с.
13. Изыскания и проектирование трассы Байкало-Амурской магистрали: Справочно-методическое пособие / Под ред. Д.И.Федорова. – М.: Транспорт, 1977. – 280 с.
14. Климов О.Д. Основы инженерных изысканий. – М.: Недра, 1974. – 256 с.
15. Проектирование мостовых переходов на железных дорогах: Учебник для вузов / М.И.Воронин, И.И.Кантор, В.А.Копыленко и др.; Под ред. И.И.Кантора. – М.: Транспорт, 1990. – 287 с.

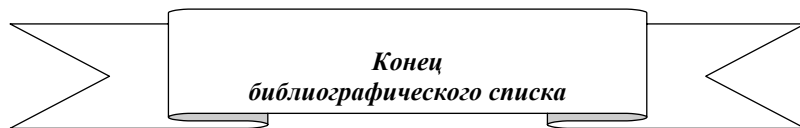
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

16. Мосты и тоннели на железных дорогах: Учебник для вузов / В.О.Осипов, В.Г.Храпов, Б.В.Бобриков и др.; Под ред. В.О.Осипова. – М.: Транспорт, 1988. – 367 с.
17. Кондратченко А.П. Основные вопросы проектирования трассы новых железных дорог. – М.: ВЗИИТ, 1958. – 148 с.
18. Дорожно-мостовая гидрология: Справочник / Б.Ф. Перевозников, С.М. Бликштейн, М.Л. Соколов и др.; Под ред. Б.Ф. Перевозникова. – М.: Транспорт, 1983. – 199 с.
19. Экономические изыскания и основы проектирования железных дорог: Учебник для вузов / Б.А.Волков, И.В.Турбин, А.С.Никифоров и др.; Под ред. Б.А.Волкова. – М.: Транспорт, 1990. – 268 с.
20. Горинев А.В. Проектирование железных дорог. Трассирование и выбор направления железных дорог. – М.: Трансжелдориздат, 1948. - Т. II. – 548 с.
21. Кантор И.И. Основы изысканий и проектирования железных дорог: Учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. – М.: УМК МПС России, 1999. – 312 с.
22. Гавриленков А.В., Переселенков Г.С. Изыскания и проектирование железных дорог: Пособие по курсовому и дипломному проектированию. – М.: Транспорт, 1990. – 167 с.
23. Расчеты стока поверхностных вод с малых водосборов: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию / В.А. Копыленко, В.Ю. Козлов. – М.: МИИТ, 1987. – 58 с.
24. Копыленко В.А. Гидравлические характеристики малых водопропускных сооружений: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. – М.: МИИТ, 1985. – 52 с.
25. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Изыскания и проектирование железных дорог» / О.А. Гнездилова. – Иркутск: ИрИИТ, 1999. – 45 с.
26. Перевозников Б.Ф. Расчеты максимального стока при проектировании дорожных сооружений. – М.: Транспорт, 1975. – 304 с.
27. Строительные нормы и правила. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 36 с.
28. Горинев А.В., Кантор И.И., Кондратченко А.П., Турбин И.В. Проектирование железных дорог. – М.: Транспорт, 1970. – 320 с.
29. Инструкция по расчету ливневого стока воды с малых бассейнов. ВСН 63-76 / Минтрансстрой СССР. – М.: Оргтрансстрой, 1976. – 104 с.
30. Хейфец Б.С., Данилевич Б.Б. Практикум по инженерной геодезии. – М.: Недра, 1979. – 332 с.
31. Справочник по картографии / А.М. Берлянт, А.В. Гедымин, Ю.Г. Кельнер и др.; Под ред. Е.И. Халугина. – М.: Недра, 1988. – 428 с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

32. Методическое указание по организации безбумажной технологии «От изысканий до проекта» с использованием систем CREDO_DAT, CREDO_TER, CREDO_LIN / НПК «Кредо-диалог». – Минск: НПК «Кредо-диалог», 1999. – 25 с.
33. Герасимова Т.П., Грюнберг Г.Ю., Неклюкова Н.П. Физическая география. Начальный курс: Учебник для 6 класса общеобразовательных учреждений. – М.: Просвещение, 1994. – 192 с.
34. Физическая география. Начальный курс. : Атлас для 6-го класса общеобразовательных учреждений (с комплектом контурных карт) / Роскартография; ПКО «Картография». – М.: Роскартография, 1995. – 21 с.
35. Географический атлас СССР для 7 класса / ГУГК, НИИГЛАНК. – М.: ПКО «Картография», 1986. – 33 с.
36. Добровольский В.В., Якушова А.Ф. Геология: (Минералогия, петрография, геодинамические процессы, геотектоника): Учебное пособие для студентов пед. ин-тов по геогр. спец. – М.: Просвещение, 1979. – 304 с.
37. Строительные нормы и правила. СНиП 2.05.03-84*. Мосты и трубы / Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1996. – 214 с.
38. Кантор И.И., Копыленко В.А., Бучкин В.А., Ларионов А.Д. Выбор направления, руководящего уклона и трассирование участка железной дороги: Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Изыскания и проектирование железных дорог». – М.: МИИТ, 1980. – 41 с.
39. Савин К.Д. Искусственные сооружения: Учебник для техникумов ж.-д. транспорта. – М.: Транспорт, 1977. – 256 с.
40. Мосты и тоннели: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / С.А.Попов, В.О.Осипов, А.М.Померанцев и др.; Под ред. С.А.Попова. – М.: Транспорт, 1977. – 526 с.
41. Евграфов Г.К., Богданов Н.Н. Проектирование мостов: Учебник для вузов ж.-д. транспорта. – М.: Транспорт, 1966. – 664 с.
42. Болдаков Е.В. Проблемы мостовых переходов. – М.: Транспорт, 1972. – 95 с.
43. Строительные нормы и правила РФ. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. СНиП 11-02-96 / Минстрой России. – М.: ПНИИИС, 1997. – 44 с.
44. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства. СП 11-103-97 / Госстрой РФ. – М.: ПНИИИС Госстроя РФ, 1997. – 29 с.
45. Жинкин Г.Н., Луцкий С.Я., Спиридонов Э.С. Строительство железных дорог: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1995. – 208 с.
46. Басин Е.В., Луцкий С.Я., Тайц В.Г. Организация строительства железнодорожного пути в сложных природных условиях / Под ред. С.Я.Луцкого. – М.: Транспорт, 1992. – 288 с.
47. Маслов Н.Н., Котов М.Ф. Инженерная геология: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1971. - 341 с.

48. Пусков В.И. Фундаменты железнодорожных сооружений на основаниях из мерзлых грунтов. Часть II. Проектирование и устройство фундаментов на вечномерзлых грунтах: Учебное пособие. – Новосибирск: НИИЖТ, 1975. – 142 с.
49. Глотов Н.М., Соловьев Г.П., Файнштейн И.С. Основания и фундаменты мостов: Справочник / Под ред. К.С. Силина. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
50. Подвальный Р.Е., Потапов А.С., Янковский О.А. Технология строительства металлических гофрированных водопропускных труб. – М.: Транспорт, 1978. – 78 с.
51. Кавказская перевальная железная дорога. Проектное задание электрической железнодорожной линии Дарг-Кох – Гори / ГУЖДС, Ленинградское отделение управления по изысканию и проектированию железнодорожных линий «Желдорпроекта» (ДСП). – Л.: Ленинградское отделение «Желдорпроекта», 1947. – 503 с.
52. Железные дороги. Общий курс: Учебник для вузов / М.М.Филипов, М.М.Уздин, Ю.И.Ефименко и др.; Под ред. М.М.Уздина. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991. – 295 с.
53. Железные дороги в долинах рек / Г.С.Переселенков, В.К.Тавлинов, И.Д.Ткачевский и др.; Под ред. Г.С.Переселенкова. – М.: Транспорт, 1991. – 344 с.
54. Быкова Н.М. Неотектонические движения земной коры и деформации дорожных сооружений. – Иркутск: ИрИИТ, 1998. – 136 с.
55. Ревзон А.Л. Космическая съемка в транспортном строительстве. – М.: Транспорт, 1993. – 272 с.
56. Надежность железнодорожного пути с учетом региональных условий: Заключительный отчет темы 12-95-1. – Иркутск: ИрИИТ, 1998. – 110 с.
57. Инженерно-геологические изыскания: Справочное пособие / Н.Ф. Арипов, Е.С. Карпышев, Л.А. Молоков, В.А. Парфиянович. – М.: Недра, 1989. – 288 с.
58. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика: Учебник для вузов. – Л.: Недра, 1977. – 479 с.
59. Ананьев В.П., Передельский Л.В. Инженерная геология и гидрогеология: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1980. – 271 с.
60. География России. Природа. 8 кл.: Атлас. – 4-е изд., испр.- М.: Дрофа; Издательство ДИК, 2000. – 48 с.



ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ БАССЕЙНОВ НА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ

В приложении 1 подробно рассказывается как определять на топографической карте границы бассейнов (водосборов). В приложении 1 использованы материалы работ /7/, /20/, /32/ - /36/. Ссылки на источники даны по общему библиографическому списку. Приложение в первую очередь предназначено для студентов специальности 240100, т.к. студенты специальности 290900 изучали дисциплину «Инженерная геодезия» и проходили учебную геодезическую практику.

Задача определения границ бассейнов, как и задача построения профиля земной поверхности по трассе («черного профиля»), требует от Вас представления района проектирования в виде воображаемой трехмерной модели. Только тогда, когда Вы вместо «плоских» горизонталей увидите «в объеме» рельеф местности, Вы сможете справиться и с трассированием и с размещением ИССО.

Сразу сделаем *замечание*, предупредив возможные возражения. Кто-нибудь из Вас может возразить: «Зачем нам учиться видеть рельеф сквозь горизонталю? Ведь сейчас существуют многочисленные компьютерные программы, которые сами все рассчитывают».

Действительно, на сегодняшний день есть успехи в разработке систем автоматизированного проектирования (САПР) и геоинформационных систем (ГИС); в проектных институтах «Востсибтранспроект» и «Иркутскжелдорпроект» они успешно применяются. Однако, даже при внедрении безбумажной технологии в проектное дело, когда данные геодезической съемки, выполненной электронными приборами (Sokkia, Elta и др.), регистрируются на магнитном носителе и непосредственно используются в программах CREDO_DAT и CREDO_TER для построения *цифровой модели местности* (ЦММ), см. рис.П.1.1 – П.1.3, даже тогда от инженера-проектировщика «...*требуется проанализировать* построенную программой CREDO_TER *поверхность*» и убедиться, что структурные линии подчеркивают *характерные формы рельефа*», см. /32, с.13/. Рекомендуется также с помощью операции создания разрезов, см. рис.П.1.4, просмотреть несколько разрезов и убедиться в том, что программа создала «правильную и полную» ЦММ.

Для того, чтобы успешно использовать современные программные комплексы для обработки геодезических данных, построения ЦММ и трассирования, см. рис.П.1.5, инженер-проектировщик должен иметь навык соотнесения рисунка горизонталей¹ с тем рельефом, который существует в действительности, нередко – за многие сотни километров².

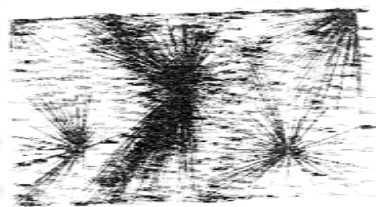
Поэтому, результатами Вашей работы над курсовым проектом будут не только умение трассировать и знание норм проектирования железных дорог, но и Ваше умение видеть на топографической карте водоразделы, седловины, лога, одним словом – *видеть*

¹ В программе CREDO рельеф «показывают» пользователю в виде горизонталей, т.к. представление в виде треугольников – поверхностей непривычно и менее наглядно.

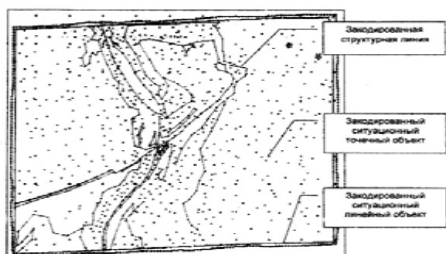
² Для передачи данных геодезической съемки, проведенной электронными приборами, в проектный институт – в вычислительный центр, на компьютерах которого установлен программный комплекс CREDO, используют электронную почту.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ БАССЕЙНОВ НА КАРТЕ

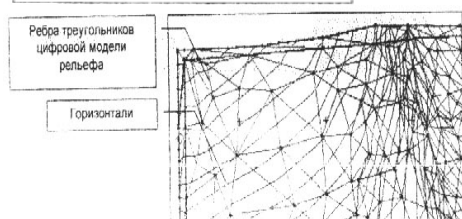
рельеф. Сравните рис.П.1.1, П.1.2 (ничего не понятно) и рис.П.1.5 (хорошо видны горизонтали и рельеф читается).



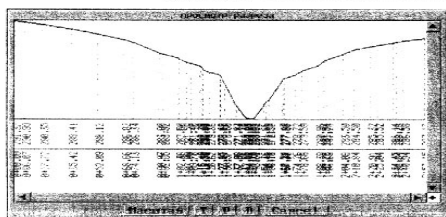
◀Рис.П.1.1. Отображение в рабочем окне экрана программы CREDO_DAT импортированного файла данных геодезической съемки (указаны станции и цели); рис. из /32/



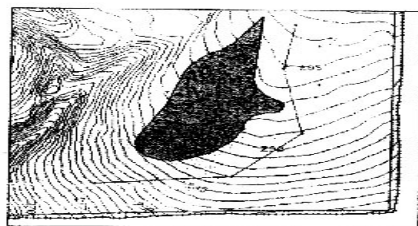
◀Рис.П.1.2. Отображение закодированных объектов в системе CREDO_TER после конвертирования файла *.TOP (без разнесения объектов по различным слоям); рис. из /32/



◀Рис.П.1.3. Отображение поверхности рельефа, созданного на основе имеющихся точек (см. рис.2.96), в виде треугольников ЦММ и аппроксимационных горизонталей; рис. из /32/



◀Рис. П.1.4. Построение разреза (продольного профиля поверхности земли) в программе CREDO_TER; рис. из /32/

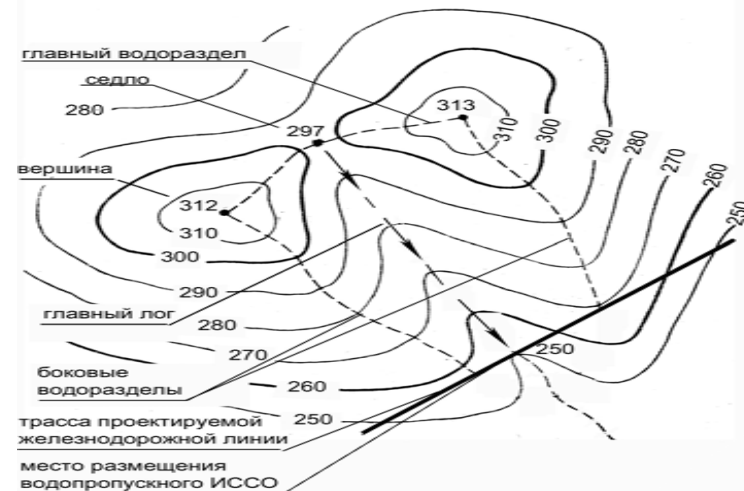


◀Рис.П.1.5. Подготовка варианта трассы линейного объекта в программе CREDO_LIN к выводу на чертеж (отображены элементы рельефа: «Горизонтали» и «Откосы»); рис. из /32/

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ БАССЕЙНОВ НА КАРТЕ

В работе /30, с.31-32/ даны такие рекомендации по проведению границ водосборной площади, рис.П.1.6.

От замыкающего створа проводят кривые линии, нормальные к горизонталям и пересекающие их в местах наибольшей кривизны, так проводят боковые водоразделы. Главный водораздел бассейна проводят между высотами на водоразделе через седла также нормально к горизонталям холмов, образующих водораздел.



▲Рис.П.1.6. Проведение на карте границ водосборной площади; рис. из /30/ (дополнен)

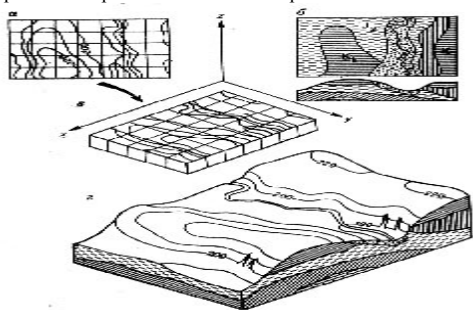
Сделаем некоторые пояснения к данному алгоритму.

1. На карте могут быть указаны направления наибольшей кривизны с помощью берг-штрихов (см. далее рис.П.1.10). Если такой штрих поставлен у горизонтали на ее «выпуклости от вершины», то он показывает на водораздел. Если такой штрих начерчен у горизонтали в ее «вогнутости к вершине», то он показывает на лог (гальвег) – линию к которой со склонов бассейна собирается вода и по которой затем эта вода скатывается вниз к замыкающему створу. Однако, берг-штрихи указаны лишь на некоторых учебных топографических картах и в основном в тех местах, где сложно было бы без них отличить близкие по очертанию формы рельефа, такие как холм и впадина.
2. Водораздел следует проводить по самым «выпуклым от вершины» точкам горизонталей нормально к ним, т.е. перпендикулярно к касательным, проведенным в этих точках. Как найти эти точки? В самых «выпуклых от вершины» точках наименьшая кривизна горизонталей, т.е. наименьший радиус горизонталей. Не следует проводить касательные и опускать перпендикуляры на карте с помощью линейки и треугольника. Для целей курсового проектирования, учитывая предпроектную стадию, вполне допустимо применить построения «от руки, на глазок». Если выделять цветом, то водоразделы лучше проводить тонкой сплошной линией коричневого цвета.

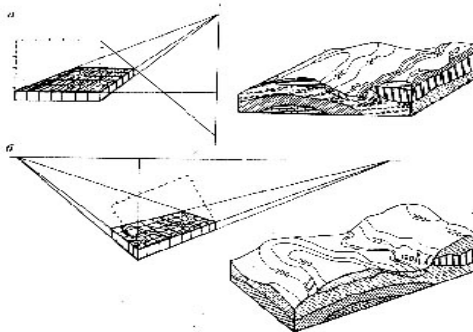
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ БАССЕЙНОВ НА КАРТЕ

3. Сухие лога³ находят на карте по самым «вогнутым к вершинам» точкам горизонталей. В этих точках тоже самая большая кривизна (изогнутость) горизонталей, но горизонтали изогнуты к вершинам (они «тянутся» к вершинам). Для выделения сухих логов – периодических водотоков лучше всего использовать пунктирную линию синего цвета со стрелками, указывающими направление стока воды⁴.

Рассмотрим несколько рисунков из работ /31/, /33/-/36/, на которых наглядно представлены различные «макеты» рельефа местности в виде блок-диаграмм, в том числе с инженерно-геологическими данными. Такие блок-диаграммы являются трехмерными рисунками, совмещающими перспективное изображение поверхности с продольными и поперечными разрезами. Геологические блок-диаграммы отражают устройство земной поверхности в связи со строением земной коры. Построение блок-диаграмм выполняется в двух основных проекциях – аксонометрической - рис.П.1.7 и перспективной - рис.П.1.8. Существуют также блок-диаграммы, составленные из серий профилей и метакоронные блок-диаграммы. Построение блок-диаграмм может быть задано в курсовом проекте в качестве элемента УИРС, что наиболее целесообразно при выдаче в дополнение к топографической карте инженерно-геологической карты в том же масштабе.



◀Рис.П.1.7. Схема построения аксонометрической блок-диаграммы: а – фрагмент топографической карты; б – фрагмент геологической карты и профиль; в – аксонометрические оси и блок-основа; г – блок-диаграмма; рис. из /31/



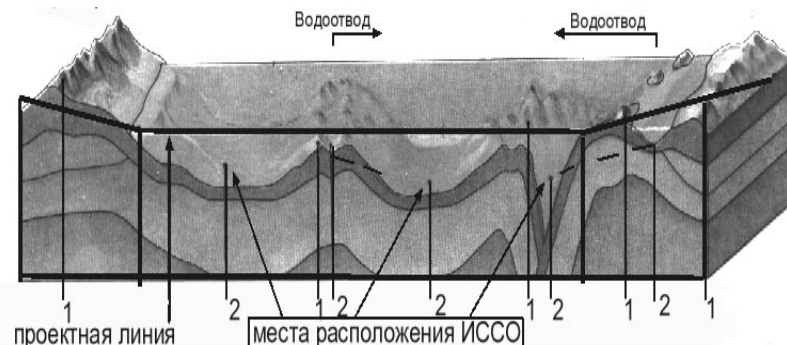
◀Рис.П.1.8. Схема построения перспективной блок-диаграммы: а – с одной точкой перспективы; б – с двумя точками перспективы; рис. из /31/

³ Словом «сухой» подчеркивают, что вода течет по логу не постоянно (как река или ручей), а периодически (после дождей или снеготаяния). Возможно также применения термина «суходол», когда лог довольно широкий.

⁴ Пунктир указывает на то, что в отличие от постоянных водотоков (рек и ручьев), по сухим логам вода течет не всегда, а лишь периодически.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ БАССЕЙНОВ НА КАРТЕ

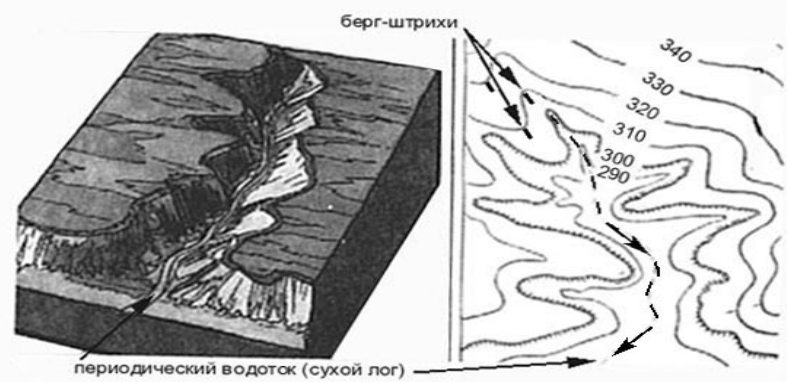
На рис.П.1.9 показаны пять бассейнов. Вода стекает со склонов этих бассейнов к их главным логам (на рис.П.1.9 лога не подписаны, но видны) и по главным логам устремляется вниз к какому-то постоянному водотоку или водоему: реке, озеру, морю. На пути движения этой воды запроектирована железная дорога. Насыпь дороги преграждает путь воде. Следует пропустить воду через насыпь, предусмотрев устройство мостов или труб. На рис.П.1.9 запроектированы 3 ИССО. От двух других пониженных мест (закрывающих створов) вода будет отведена продольными водоотводными канавами.



▲Рис.П.1.9. Объемная схема проектирования водоотвода: 1 – водоразделы; 2 – точки пересечения трассой логов; рис. из /33/ (дополнен)

На рис.П.1.10 хорошо видно как определить на карте положение периодического водотока. На рис.П.1.10 обозначен пунктиром со стрелками главный лог; показаны берг-штрихи; высота сечения горизонталей 10 м.

На рис.П.1.11 показано, что у бассейна может быть несколько логов. Для определения притекаемого расхода с помощью номограммы ливневых расходов необходимо вычислить уклон главного лога. Поэтому задачей нахождения всех логов бассейна ограничиться нельзя. Необходимо из них выделить один – главный лог, по которому вода стекает от самой высокой точки бассейна до места расположения ИССО в замыкающем створе.



ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ БАССЕЙНОВ НА КАРТЕ

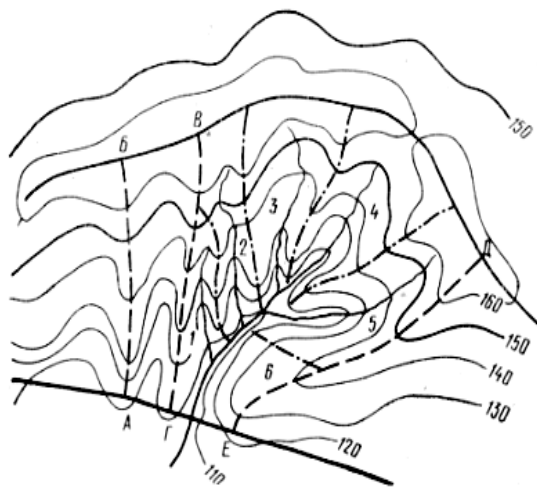
▲Рис.П.1.10. Изображение периодического водотока: а – на блок-диаграмме; б – на топографической карте; рис. из /33/(дополнен)



Бассейны, образованные одним или двумя склонами, называются – односкатными или двускатными и относятся к *простым бассейнам*; на рис.П.1.12 бассейн, ограниченный водоразделами АБ, БВ, и ВГ – *простой*. Бассейны, имеющие промежуточную русловую систему, называются расчлененными, или *сложными бассейнами*; на рис.П.1.12 бассейн, ограниченный водоразделами ГВ, ВД и ДЕ – *сложный*.

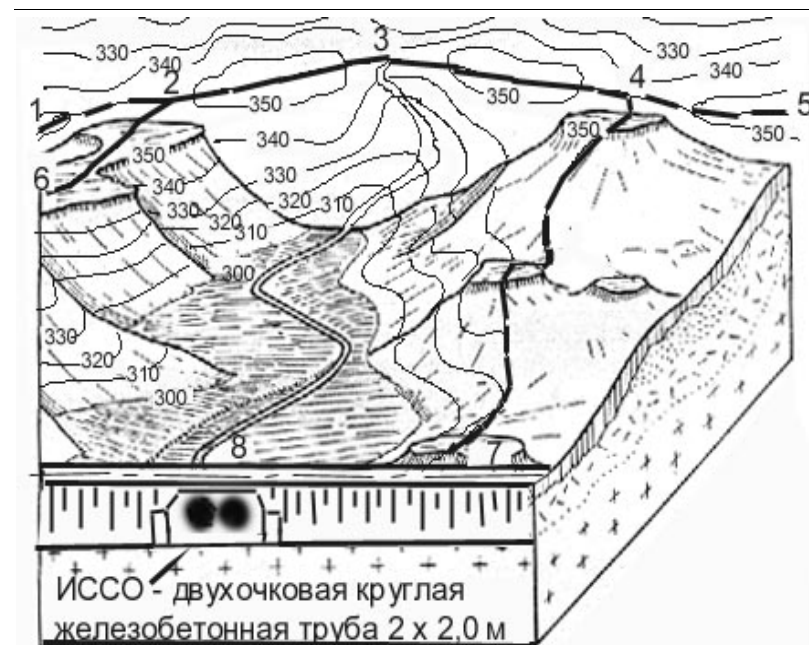
◀Рис.П.1.11. Нахождение главного лога сложного бассейна; рис. из /36/ (дополнен)

◀Рис.П.1.12. Типы бассейнов: АБВГ – простой бассейн; ГВДЕ – сложный бассейн, состоящий из пяти двускатных бассейнов и одного односкатного; рис. из /7/



Всегда следует помнить две вещи, см. рис.П.1.13: во-первых, что площади бассейнов и даже их число зависят от положения трассы, поэтому границы бассейнов определяют по картам *после того, как нанесена трасса*; во-вторых, что *основной целью* всех работ на данном этапе является *размещение водопропускного ИССО поперечного водоотвода* или проектирование продольного водоотвода. На рис.П.1.13 показано как соотносятся изгибы горизонталей и формы поверхности рельефа.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ БАССЕЙНОВ НА КАРТЕ



▲Рис.П.1.13. Рисунок местности, совмещенный с фрагментом топографической карты (выделены границы бассейна и размещено водопропускное ИССО): 1–2–3–4–5 – главный продольный водораздел в районе прохождения трассы; 6–2–3–4–7 – границы бассейна, из них: 6-2 и 7-4 – поперечные (боковые) водоразделы, 2-3-4 – главный (верхний, продольный) водораздел данного бассейна; 3-8 – главный лог бассейна (боковые лога не показаны); 8 – место расположения ИССО – двухочковой круглой железобетонной трубы 2x2,0 м с раструбным оголовком; рис. из /36/(нееработан)

Рис.П.1.13 отражает всю последовательность действий: находим на карте бассейн → определяем расход воды, притекающей с него к замыкающему створу → подбираем тип и отверстие водопропускного ИССО, выполняя необходимые проверки, → размещаем ИССО на трассе (на плане и продольном профиле).

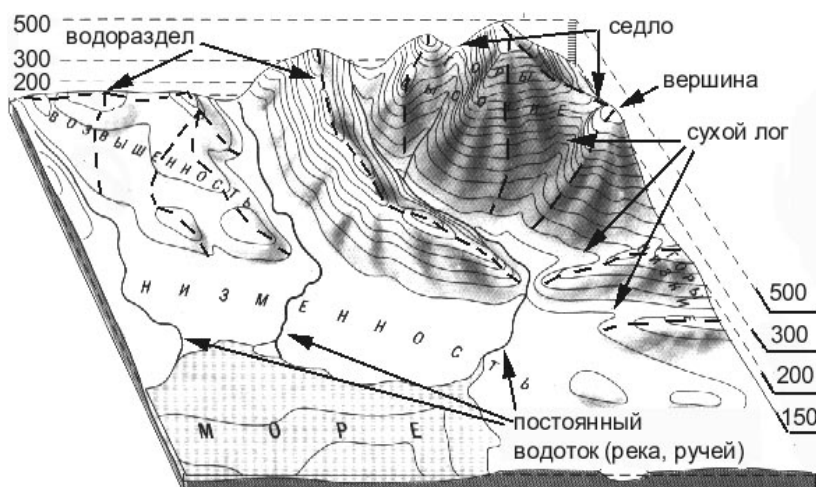
Для того, чтобы Вы хорошо усвоили, как горизонталы, расположенные на плоской карте передают рельеф местности и что такое *высота сечения рельефа* мы приводим два рисунка П.1.14 и П.1.15. На рис.П.1.14 хорошо видно, что такое лог и водораздел (в этом помогают и берг-штрихи); из рисунка становится понятным и термин *высота сечения рельефа* (на рис.П.1.14 она равна 10 м).

Если Вы хорошо усвоили материал, то без труда найдете все периодические водотоки на рис.П.1.15 (они специально не нарисованы, хотя часть из них подписана). На рис.П.1.15 как раз и показано (с помощью блок диаграммы и отмывки в тених) как находить водоразделы (обозначены пунктиром). Постоянные водотоки уже нарисованы, а вот сухие лога Вам придется поискать (если хотите себя проверить).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ БАССЕЙНОВ НА КАРТЕ



▲Рис.П.1.14. Соответствие форм рельефа и рисунка горизонталей; рис. из /35/(дополнен)



▲Рис.П.1.15. Объемное изображение рельефа в виде блок-диаграммы с отмывкой в тени; рис. из /34/ (дополнен)

На участках, где трасса пересекает продольный водораздел и нагорная сторона изменяет свое положение по отношению к трассе, соответственно изменяется и расположение бассейнов, см. рис.2.2: бассейны 6 и 7 расположены по разные стороны главного водораздела.

В отдельных случаях сложные бассейны могут состоять из бассейнов, расположенных с противоположных сторон трассы. Например, на рис.П.1.16 показан такой сложный расчлененный бассейн периодического водотока. Замыкающий створ сложного - 4-го бассейна расположен в сечении А. Бассейн состоит из бассейнов, расположенных как с одной стороны трассы, так и с другой ее стороны. Причем, на рассматриваемом участке трассы придется размещать четыре водопропускных сооружения.

Сначала - в точке А и этот бассейн по площади - максимальный, затем - в точках Б, В и Г. В точке Б вода собирается не со всего бассейна 1, а лишь с его части - нагорной по

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ БАССЕЙНОВ НА КАРТЕ

отношению к трассе (с левой стороны по ходу километров). Такие же замечания справедливы и для точек В и Г.

Вся сложность данного примера (рис.П.1.16) состоит в том, что вода, уже однажды пропущенная через ИССО в точках Б, В и Г, попадает в длинный сухой лог 4-го бассейна (который получает еще часть воды со своего левого склона) и опять должна быть пропущена через земляное полотно трассы в точке А.



▲Рис.П.1.16. Сложный бассейн, состоящий из бассейнов 1 - 4, расположенных с противоположных сторон трассы: 1, 2, 3 - бассейны, расположенные с левой стороны трассы (по ходу километров); 4 - бассейн, расположенный с правой стороны от трассы; рис. из /7/

Рассмотренный нами пример очень важен. В курсовом проекте вполне могут встретиться сложные бассейны, границы которых определить сложно. Все зависит от категории сложности рельефа местности и от того, насколько сложный план трассы Вы наметили.

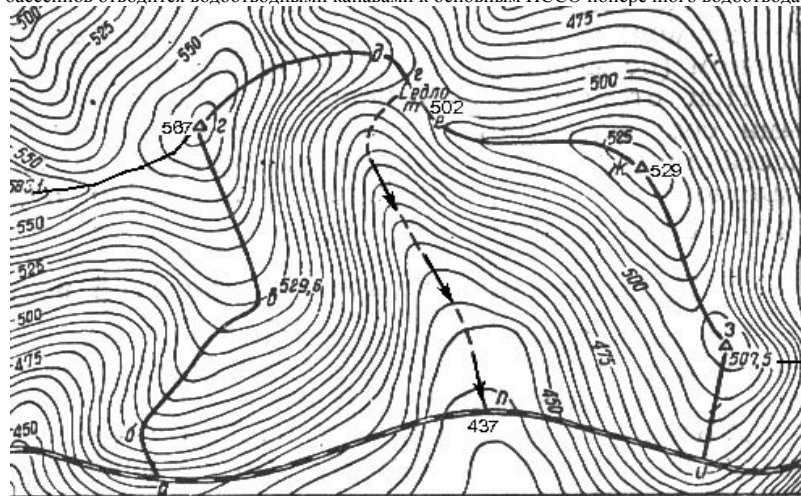
Приведенные ниже примеры определения границ бассейнов, рис.П.1.17 и П.1.18, позволят Вам закрепить прочитанный материал.

На рис.П.1.17 показан пример определения границ сложного (расчлененного) бассейна, расположенного по одну сторону от главного водораздела и трассы. Седло с отметкой 502 (рис.П.1.17, точка m) на главном водоразделе является началом главного лога. Самая низкая отметка в замыкающем створе - 437 м - является конечной точкой лога в пределах бассейна (рис.П.1.17, точка n). Другие лога на рис.П.1.17 не показаны. Высота сечения горизонталей равна 5 м.

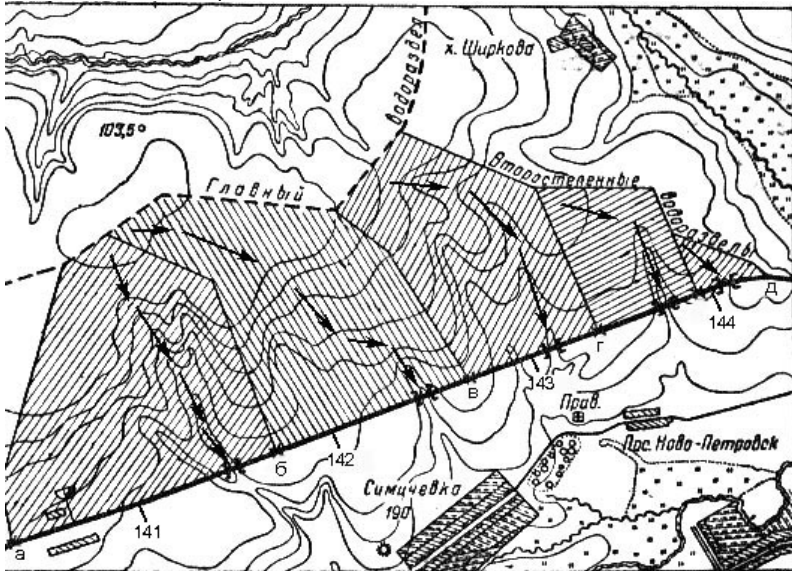
На рис.П.1.18 приведена схема определения площадей бассейнов, три из которых могут быть отнесены к сложным - расчлененным. Найденные площади заштрихованы. Показаны главные лога в пределах всех пяти бассейнов. Бассейны №1, №2 и №3 (считая по ходу километров трассы) имеют хорошо выраженные дополнительные лога (на рисунке они не показаны). Однако, как мы видим, было принято решение по размещению в пределах

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ БАССЕЙНОВ НА КАРТЕ

этих бассейнов лишь по одному ИССО на главных логах. Вода из других логов в пределах бассейнов отводится водоотводными канавами к основным ИССО поперечного водоотвода.



▲ Рис. П.1.17. Определение границ бассейна и выявление главного лога: а-б-в-г – боковой водораздел; г-д-е-ж-з – главный водораздел; з-и – боковой водораздел; а-и – замыкающий створ; п – место размещения ИССО; т – седло на главном водоразделе, начало главного лога; т-п – главный лог; рис. из /20/

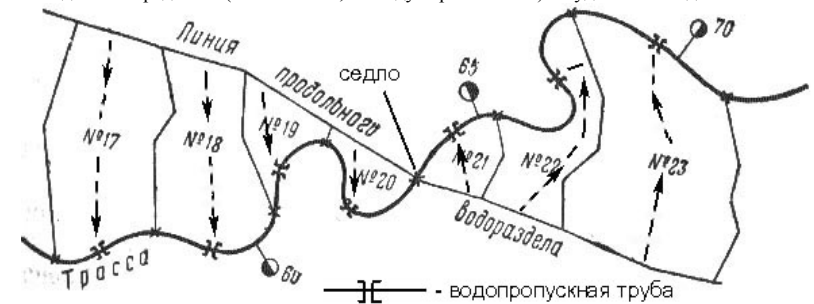


ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ БАССЕЙНОВ НА КАРТЕ

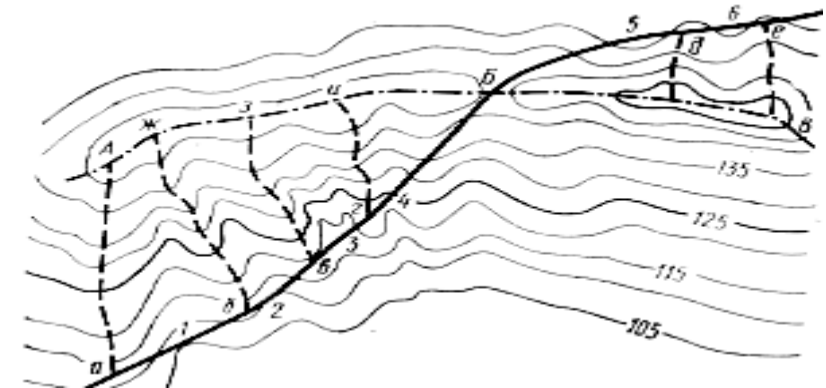
▲ Рис. П.1.18. Определение площадей бассейнов и выявление главных логов для участка трассы железнодорожной линии: а, б, в, г, д – водораздельные точки; рис. из /20/

На рис. П.1.19 приведен пример, на котором хорошо видно, что при пересечении трассой главного водораздела (обычно – в седле, как самой пониженной точке водораздела) направление, с которого вода притекает к трассе – меняется. Рис. П.1.19 приведен в виде схемы – без горизонталей, специально для того, чтобы подчеркнуть, что нагорная сторона – это та сторона, которая имеет более высокие отметки и именно с повышенной стороны (со стороны главного, продольного водораздела) вода стекает к трассе⁵. На рис. П.1.19 бассейны №17 – 20 расположены с южной стороны от водораздела, а бассейны №21 – 23 – уже с северной стороны. Но все равно, вода бежит «сверху – вниз» - по отношению к отметкам (а не к тому как повернута в данный момент карта). Мы так подробно объясняем этот вопрос потому, что иногда студенты неправильно находят бассейны, т.к. рисуют их не с нагорной стороны.

Сравните рис. П.1.19 и П.1.20, чтобы закрепить прочитанный материал. Рис. П.1.20 проще для понимания тем, что на нем приведены горизонталей. Но, зато на нем не показаны главные лога с направлением стока воды. Однако, мы надеемся, что Вы уже научились их находить и определять (по отметкам, по виду горизонталей) – куда бежит вода.



▲ Рис. П.1.19. Пример определения бассейнов при пересечении трассой главного продольного водораздела; рис. из /20/



⁵ Трасса делит любой бассейн, как правило, на две части: нагорную (верховую) и подгорную (нижнюю). Для размещения ИССО необходимо определить площадь именно нагорной части бассейна.

▲Рис.П.1.20. Топографическая карта с участком трассы железнодорожной линии, пересекающей главный водораздел: А-Б-В – главный продольный водораздел; а, б, в, г, д, е – водораздельные точки на трассе; 1 – 6 – места размещения ИССО; рис. из /7/

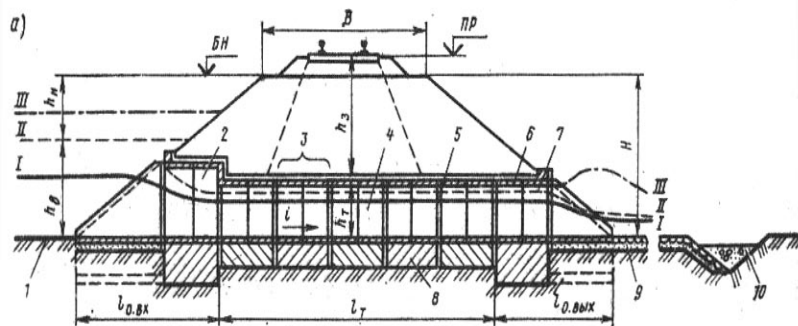
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБАХ

В приложении 2 приведены основные сведения о водопропускных трубах. В приложении использованы материалы работ /3/, /4/, /16/, /39-/41/, /45/, /46/, /49/, /50/. Приложение в первую очередь предназначено для студентов специальности 240100, т.к. студенты специальности 290900 подробно рассматривают конструкцию и расчеты труб в курсе «Сооружение и эксплуатация мостов, тоннелей и труб».

П.2.1. Основные части водопропускных труб

Трубы представляют собой малые водопропускные сооружения, расположенные в насыпях дорог. Они, как правило, состоят из следующих основных частей: входного и выходного оголовков (для плавного ввода и вывода водного потока), секций трубы (для возможности независимой осадки и фундамента, рис.П.2.1.



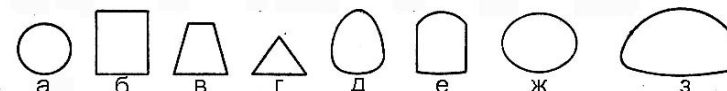
▲Рис.П.2.1. Схема водопропускной трубы: поверхность потока воды при режимах протекания: I – безнапорном; II – полунпорном; III – напорном; 1 – подводящее русло; 2 – входной оголовок; 3 – секция трубы; 4 – звено трубы; 5 – деформационный шов; 6 – гидроизоляция; 7 – выходной оголовок; 8 – фундамент; 9 – укрепление отводящего русла; 10 – каменная наброска; рис. из /16/

Длина средней части трубы определяется шириной насыпи по подошве и длиной входного и выходного оголовков. Для исключения изгиба трубы расчленяют на секции длиной не более 5 м. Швы между секциями и звеньями заполняют упругим гидроизоляционным материалом, чтобы вода из труб не проникала в насыпь и не разжижала грунт. Соприкасающиеся с грунтом поверхности труб покрывают гидроизоляцией, чтобы вода из насыпи не разрушала кладку труб. Во избежание застоя воды после осадки секции трубы укладывают со строительным подъемом по круговой кривой.

В зависимости от скорости течения воды на выходе из трубы отводное русло и откосы насыпи у трубы укрепляют одерновкой, каменным мощением или бетонными плитами. При необходимости перед входом в трубу устраивают сквозное ограждение для защиты трубы от засорения.

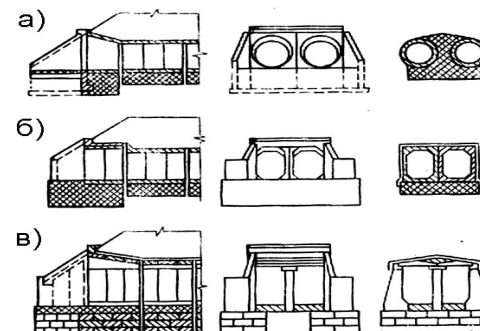
П.2.2. Классификация труб

По форме поперечного сечения: круглые, прямоугольные, трапециевидные, треугольные, оvoidальные, с вертикальными стенками и сводом, эллиптические и арочные, рис.П.2.2.



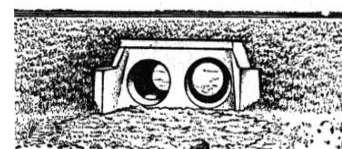
▲Рис.П.2.2. Основные формы поперечных сечений труб: а – круглое; б – прямоугольное; в – трапециевидное; г – треугольное; д – оvoidальное; е – с вертикальными стенками и сводом; ж – эллиптическое; з – арочное; рис. из /16/

По числу отверстий: одноочковые и многоочковые, рис.П.2.3.



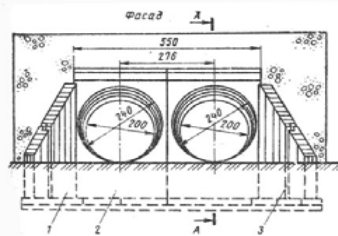
▲Рис.П.2.3. Двухочковые водопропускные трубы (продольный разрез, фасад, поперечное сечение): а – круглая железобетонная; б – прямоугольная железобетонная; в – прямоугольная бетонная; рис. из /39/

По материалу, из которого трубы изготавливаются: железобетонные – рис.П.2.4, П.2.5, бетонные – рис.П.2.6, П.2.7, каменные – рис.П.2.8, П.2.9, металлические – рис.П.2.10, деревянные – рис.П.2.11.

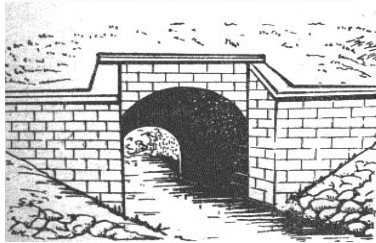


▲Рис.П.2.4. Внешний вид двухочковой круглой железобетонной трубы с раструбным оголовком; рис. из /41/

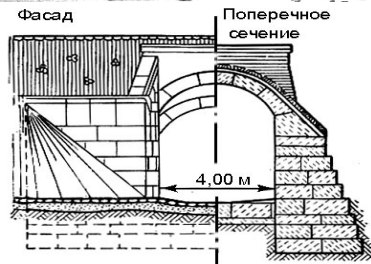
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБАХ



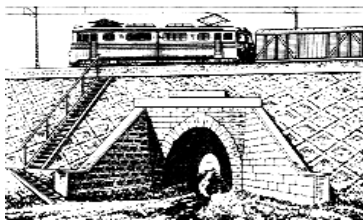
◀Рис.П.2.5. Фасад двухочковой круглой железобетонной трубы с коническим входным звеном и раструбным оголовком: 1 – откосная стенка оголовка; 2 – поперечная стенка оголовка; 3 – монтажный шов; рис. из /41/



◀Рис.П.2.6. Внешний вид бетонной блочной трубы с повышенным входным звеном и раструбным оголовком с обратными крыльями; рис. из /39/

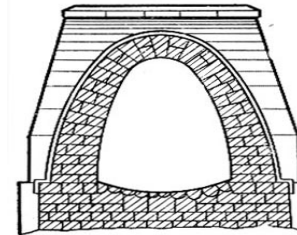


◀Рис.П.2.7. Фасад и поперечное сечение бетонной блочной трубы с повышенным входным звеном и раструбным оголовком с обратными крыльями; рис. из /39/

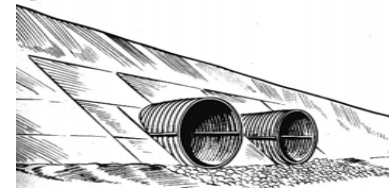


◀Рис.П.2.8. Внешний вид каменной оvoidальной трубы с раструбным оголовком; рис. из /52/

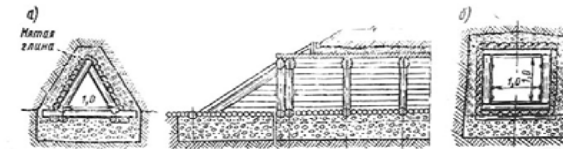
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБАХ



◀Рис.П.2.9. Поперечное сечение каменной оvoidальной трубы; рис. из /39/

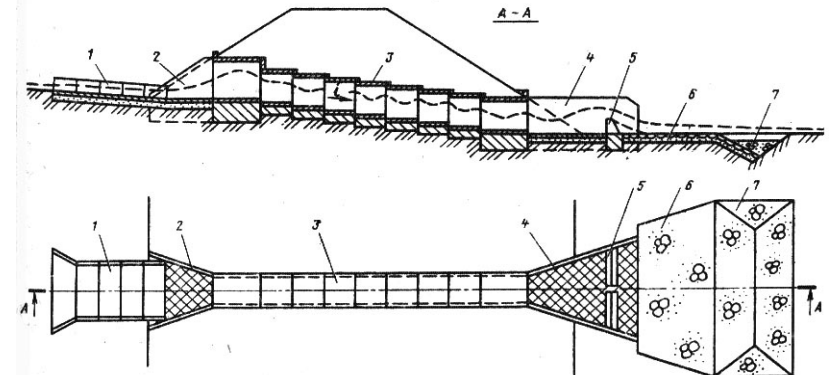


◀Рис.П.2.10. Внешний вид двухочковой металлической гофрированной трубы без оголовка со срезом перпендикулярно оси трубы; рис. из /40/



◀Рис.П.2.11. Поперечное сечение и продольный разрез деревянных труб: а – треугольных; б – прямоугольных; рис. из /39/

По уклону трубы: равнинные при $i_m \leq 20\%$ и косогорные при $i_m > 20\%$.

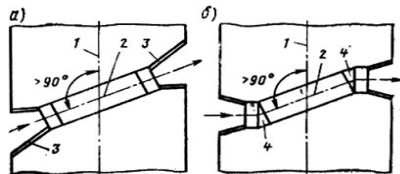


▲Рис.П.2.12. Схема косогорной трубы: 1 – быстроток с уширением; 2 – входной оголовок; 3 – средняя часть трубы; 4 – гаситель энергии; 5 – порог с прорезью; 6 – укрепление отводящего русла; 7 – кови с камнем (рисберма); рис. из /16/

По влиянию длины трубы на ее водопропускную способность: короткие – сжатое сечение не затоплено и длина не влияет на водопропускную способность и длинные – сжатое сечение затоплено и на протяжении всей длины трубы сохраняется спокойный поток, вследствие чего сопротивления по длине трубы влияют на ее пропускную способность.

По влиянию глубины воды в нижнем бьефе: затопленные со стороны нижнего бьефа, когда уровень воды в нижнем бьефе влияет на пропускную способность трубы и на глубину воды перед трубой и незатопленные.

По углу между трассой и осью трубы: прямые и косые. Трубы, как правило, располагают перпендикулярно трассе, но при косом пересечении логов (особенно – глубоких) устраивают косые трубы, рис.П.2.13, или даже криволинейные. Косые трубы могут иметь индивидуальные оголовки или клиновидные звенья. Применение индивидуальных оголовков улучшает гидравлические характеристики, но усложняет конструкцию и увеличивает длину трубы.



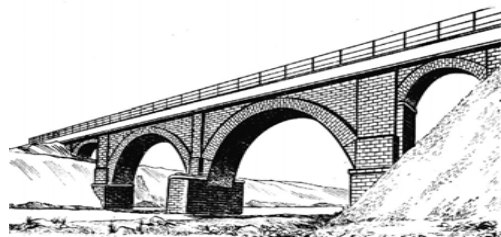
◀Рис.П.2.13. Схемы косых труб: а – с индивидуальными оголовками; б – с клиновидными звеньями; 1 – трасса; 2 – ось трубы; 3 – откосная стенка оголовка; 4 – клиновидное звено; рис. из /16/

На сети железных дорог России наиболее часто встречаются короткие незатопленные трубы, поэтому расчеты возможной водопропускной способности типовых труб заранее выполняют для этих характерных условий: при $i_m = i_k$ (уклон трубы равен критическому уклону, что обеспечивает увеличение водопропускной способности трубы).

П.2.3. Сравнение конструкций труб из различных материалов

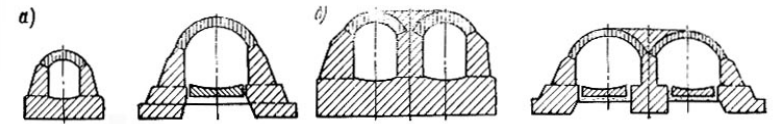
П.2.3.1. Каменные трубы

Трубы из камня напоминают каменные мосты, рис.П.2.14.



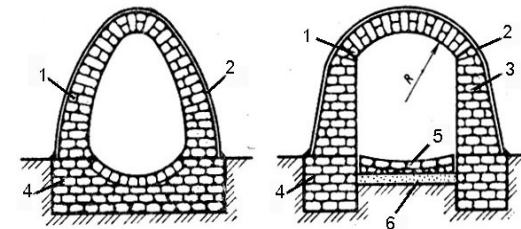
◀Рис.П.2.14. Четырехпролетный каменный арочный мост; рис. из /39/; камень хорошо работает на сжатие, поэтому его применяли с давних времен для возведения арочных каменных мостов и водопропускных труб: оvoidальных, коробовых, с вертикальными стенками и сводом

В каменных трубах как и в каменных арочных мостах, свод оперт пятнами на устои, которые в то же время являются стенами трубы и подпорными стенами для грунта, расположенного по сторонам, рис.П.2.15. Отверстия каменных труб – от 1 до 6 м. Каменные трубы бывают одно- и двухочковыми водопропускной способностью до 130 м³/с. Фундамент при большом отверстии – самостоятельный под каждую стену, а при малом отверстии – общий в виде сплошной плиты, рис.П.2.15.



▲Рис.П.2.15. Поперечные сечения каменных труб со сплошными и раздельными фундаментами: а – одноочковых; б – двухочковых; рис. из /39/

При раздельных фундаментах необходим каменный или бетонный лоток, рис.П.2.16 б. Разновидностью каменных труб являются овоидальные трубы; в них высокий свод оперт непосредственно на фундамент, рис.П.2.16 а.



сводом; 1 – свод, выложенный из камня; 2 – гидроизоляция; 3 – стена, выложенная из камня; 4 – фундамент; 5 – лоток; 6 – подготовка из щебня или гравия с глиной; рис. из /16/

◀Рис.П.2.16. Поперечные разрезы каменных труб: а – овоидального сечения; б – с вертикальными стенками и

Своды каменных труб принимают параболического, эллиптического, коробового или другого очертания, приближающегося к кривой давления от нагрузок на трубу, для уменьшения изгибающих моментов в сечениях сводов. Трубы состоят из секций длиной от 3 до 6 м, покрытых гидроизоляцией. Каменные трубы имеют порталные, раструбные, коридорные или воротниковые оголовки с нормальными или повышенными входными звеньями. Видимые поверхности оголовков обычно облицовывают тесаным камнем. Овоидальные каменные трубы имеют суживающиеся кверху отверстия, рис.П.2.16 а, что несколько снижает их водопропускную способность. Из-за большого объема работ по устройству сложной кладки сводов и укреплению подводящего и отводящего русел трудоемкость и продолжительность возведения овоидальных труб высока. Трубы с вертикальными стенками, рис.П.2.16 б, имеют пологие своды кругового очертания и небольшой лоток, отделенный от стен деформационными швами. По сравнению с овоидальными трубами они имеют большую водопропускную способность, меньший объем кладки сводов, простую кладку стен, поэтому трудоемкость и продолжительность их строительства меньше.

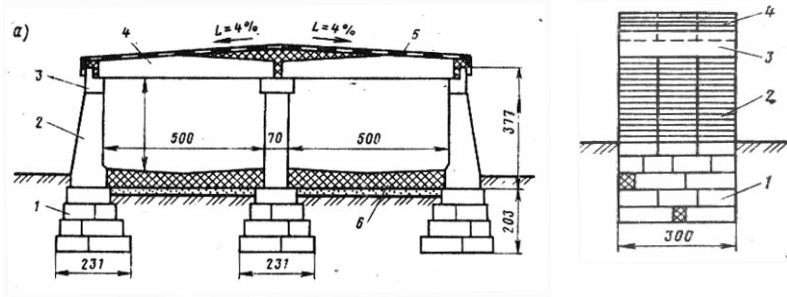
Достоинства каменных труб – простота их содержания и хорошая сохранность. Использование камня сокращает расход цемента. Недостатки каменных труб – большая трудоемкость возведения и выполнение всех работ на месте строительства.

Таким образом, каменные трубы являются надежными и долговечными сооружениями с малыми эксплуатационными расходами, но не удовлетворяющими современным требованиям индустриального строительства. Каменные трубы могут быть целесообразными в труднодоступных районах при наличии местного природного камня. В курсовом проекте проектирование каменных труб может быть задано в качестве элемента УИРС.

П.2.3.2. Бетонные трубы

Бетонные трубы имеют прямоугольные отверстия шириной 1,5; 2,0 и 3,0 м при высоте 2,0 м и шириной 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 и 6,0 м при высоте 3,0 м. Бетонные трубы могут быть одно- и двухчочковыми; водопропускная способность их достигает 152 м³/с.

Средняя часть бетонных труб состоит из секций длиной 3-4 м, которые могут быть монолитными или сборными. Сборные секции состоят из железобетонных плит перекрытия отверстия, бетонных блоков стен, насадок, лотка и фундамента, рис.П.2.17.



▲ Рис.П.2.17. Конструкция бетонной трубы: а – поперечный разрез двухчочковой трубы; б – секции трубы; 1 – фундамент; 2 – бетонный стеновой блок; 3 – насадка; 4 – железобетонная плита; 5 – гидроизоляция; 6 – лоток; рис. из /16/

Железобетонные плиты шириной 1 м не только перекрывают отверстия труб, но и служат распорками между стенками труб. Бетонные блоки стен имеют массивную фигурную конструкцию длиной 1 м и высотой 1,8 м и 2,6 м. Поверху стеновые блоки объединяют железобетонными насадками длиной 3-4 м, на которые укладывают плиты покрытия. Бетонные трубы отверстием до 3,0 м имеют сплошные фундаменты, а свыше 3,0 м – раздельные. Фундаменты могут быть на естественном основании или свайные. Бетонные трубы имеют раструбные оголовки с нормальными или повышенными входными звеньями (призматические звенья с наклонно лежащими плитами покрытия). Выходные звенья имеют нормальную высоту.

Для бетонных труб предельная высота насыпи зависит от типа основания. При естественных нескальных основаниях толщина ж/б плиты перекрытия увеличивается при высоте насыпи более 7,0 м и предельная высота составляет 19,0 м. При скальных и свайных основаниях толщина плиты перекрытия увеличивается при насыпях свыше 6,0 м; предельная высота насыпи при таких основаниях составляет от 16,0 до 18,0 м в зависимости от величины отверстия трубы.

Прямоугольные бетонные трубы с плитным ж/б перекрытием могут применяться на периодических и постоянных водотоках без наледных явлений. В виде исключения, в местах возможного образования наледей может быть допущено применение ПБТ (шириной не менее 3,0 м и высотой не менее 2,0 м) в комплексе с постоянными противоналедными сооружениями /1, п.8.7/, /15, п.8.3/.

Достоинства бетонных труб. Бетонные трубы применяют на периодических и постоянных водотоках. Трубы отверстием свыше 3,0 м можно применять на водотоках с наледями в комплексе с постоянными противоналедными сооружениями /1, п.8.7/. Бетонные трубы имеют малые эксплуатационные расходы и большой срок службы.

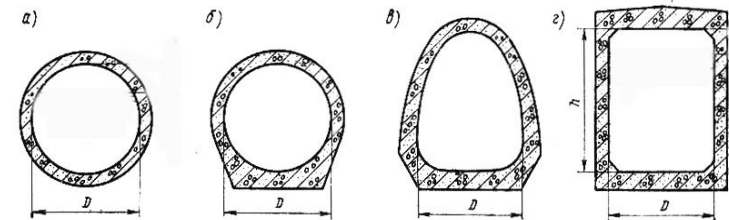
Недостатки бетонных труб. Сборные трубы из бетонных блоков, хотя и проще в изготовлении, чем каменные или бетонные монолитные, но все же неудобны из-за большого разнообразия блоков. Большой объем кладки блоков на цементном растворе,

гидроизоляционных и других работ требует значительных трудовых затрат и времени строительства. В этом отношении неоспоримое преимущество на стороне железобетонных труб, монтируемых из готовых однотипных звеньев.

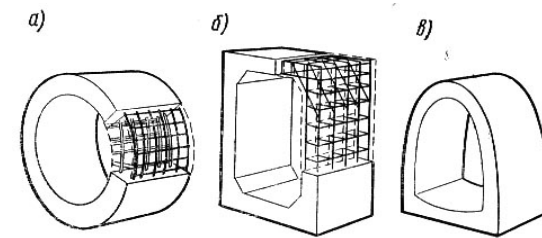
П.2.3.3. Железобетонные трубы

Железобетонные трубы сохраняют эксплуатационные достоинства каменных и бетонных труб, но лучше них приспособлены к индустриальному изготовлению в виде удобных для перевозки и монтажа однотипных звеньев замкнутого контура.

Сборные железобетонные трубы состоят из круглых цилиндрических, круглых с плоским основанием (пятой), овоидальных и прямоугольных звеньев, рис.П.2.18.



▲ Рис.П.2.18. Поперечные сечения звеньев железобетонных труб: а – круглое цилиндрическое; б – круглое с плоским основанием; в – овоидальное; г – прямоугольное; б – отверстие трубы, равное диаметру трубы или ширине трубы в свету; H_н – высота трубы в свету; рис. из /16/



◀ Рис.П.2.19. Общий вид и армирование типовых звеньев железобетонных труб: а - круглого; б – прямоугольного; в – овоидального; рис. из /39/

Толщину стенок звеньев принимают не менее 10 см. Длина звеньев, как правило, равна 1 м. Удлинение звеньев до 2-3 м снижает затраты труда на монтаж трубы и устройство гидроизоляции стыков между звеньями на 15-25%.

Круглые цилиндрические звенья имеют отверстия 1,00; 1,25; 1,50 и 2,00 м. Толщину и армирование звеньев принимают в зависимости от высоты насыпи, временной и подвижной нагрузки и положения звена в трубе.

В круглых трубах толщина звеньев увеличивается при высоте насыпи более 3,0 м, а затем при высоте насыпи более 7,0 или 8,0 м (в зависимости от величины отверстия трубы). В прямоугольных трубах увеличение толщины звеньев производится при высоте насыпи более 3,0 м или 3,5 м, а затем при высоте 7,0 или 9,0 м.

Предельная высота насыпи в типовых проектах круглых и прямоугольных железобетонных труб при естественных нескальных основаниях принята 19,0 м, для скальных и свайных оснований в круглых трубах 16,5 м, а в прямоугольных – от 16, 0 до 18,0 м в зависимости от величины отверстия трубы. Круглые ж/б трубы отверстием 1,00 м

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБАХ

применяются при высоте насыпи не более 6,0 м при естественном нескальном основании и не более 5,5 м при скальном или свайном основании.

Круглые звенья с плоским основанием имеют более экономичное армирование, переменную толщину стенок и не нуждаются в лещадных блоках, в результате чего стоимость, трудоемкость и продолжительность строительства.

Овоидальные звенья имеют свод небольшой толщины с незначительным армированием, что сокращает расход стали и бетона.

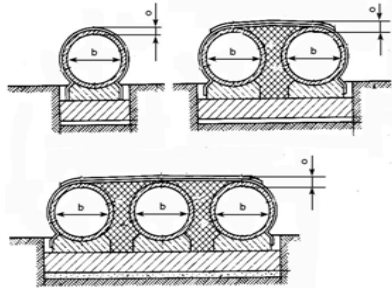
Прямоугольные железобетонные звенья имеют отверстия:

$b = 1,00$ и $1,25$ м при высоте трубы в свету $h_m = 1,5$ м;

$b = 1,50$; $2,00$ и $2,50$ м при $h_m = 2,0$ м;

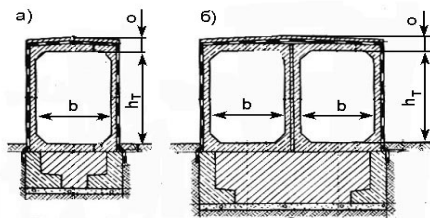
$b = 3,00$ и $4,00$ м при $h_m = 2,5$ м.

Из круглых и овоидальных звеньев собирают одно-, двух- и трехчочковые секции длиной 2 – 3 м, рис.П.2.20, водопропускной способностью до $40 \text{ м}^3/\text{с}$.



◀Рис.П.2.20. Поперечные сечения секций круглых железобетонных труб: a – одночочковой; b – двухчочковой; v – трехчочковой; b – отверстие трубы, равное ее внутреннему диаметру; δ – толщина свода трубы (на чертеже показана суммарная величина свода, гидроизоляции и защиты гидроизоляции); рис. из /40/ (переработан)

Пространство между звеньями в трубах с фундаментами заполняют бетоном, а в бесфундаментных – дренирующим грунтом. Верхней поверхности заполнения придают двускатный уклон не менее 0,03. Секции из прямоугольных звеньев могут быть одно- и двухчочковыми (с заполнением шва между стенками смежных звеньев), рис.П.2.21, водопропускной способностью до $84 \text{ м}^3/\text{с}$. Между секциями устраивают деформационные швы шириной не менее 3 см.



◀Рис.П.2.21. Секции прямоугольной железобетонной трубы: a) – одночочковая; b) – двухчочковая; b – отверстие трубы, равное ширине трубы в свету; h_m – высота трубы в свету; δ – толщина свода трубы; рис. из /40/ (изменен)

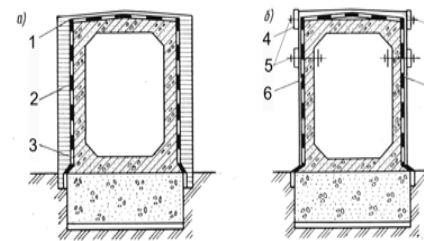
Для защиты бетона и арматуры от коррозии наружные поверхности и стыки в бетонных и железобетонных трубах покрывают гидроизоляцией. Гидроизоляция бывает оклеечной – с армирующими материалами и обмазочной – неармированной. Гидроизоляцию верхних поверхностей звеньев и плит покрытий труб защищают слоем цементно-песчаного раствора, а боковых поверхностей труб – асбоцементными плитами, кирпичной кладкой в $1/2$ кирпича или засыпкой грунтом. Наружные поверхности железобетонных звеньев и плит покрывают оклеечной гидроизоляцией. Соприкасающиеся с грунтом поверхности стен бетонных труб и оголовков покрывают обмазочной гидроизоляцией. Стыки между торцами звеньев и блоков оголовков труб конопатят паклей, пропитанной раствором битума в

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБАХ

бензине и заделывают цементно-песчаным раствором. Деформационные швы между секциями труб перекрывают полосой оклеечной гидроизоляции с компенсатором, расположенным внутри шва.

Конструкция и материалы гидроизоляции постоянно совершенствуются. Вот три примера из практики строительства БАМа /46/.

1. Устройство битумной оклеечной изоляции, которая по проекту прямоугольных железобетонных труб должна защищаться стенкой из кирпича, является трудоемким процессом. В условиях линейного строительства из-за большого числа водопропускных труб (в среднем, одна труба на 1 – 2 км трассы) трудоемкость доставки и кладки кирпича (при его расходе до 15 тыс. штук на 1 трубу) значительна. Снижение трудоемкости и ускорение темпов строительства на БАМе были достигнуты за счет применения звеньев с заводской гидроизоляцией. ЦНИИСом и Ленгипротрансместом были разработаны конструкция и технология изготовления звеньев с заводской битумно-пластиковой гидроизоляцией, в которых предусмотрены изготовление стеклопластиковых листов и устройство гидроизоляции на них на стадии бетонирования звеньев.
2. В тресте “Тындатранстрой” для гидроизоляции водопропускных труб проводились опытные работы по применению эпоксидно-каменноугольной мастики. Эта мастика выпускается готовой к употреблению в виде двух компонентов. Перемешанную мастику наносили тремя слоями толщиной 0,6 – 0,8 мм. Трубы, изолированные эпоксиднокаменноугольной мастикой не требовали защитной стенки из кирпича.
3. По рекомендации СКТБ Главбамстроя трестом “Нижнеангарсктрансстрой” была осуществлена замена трудоемкой монолитной защитной стенки из кирпича сборным покрытием асбоцементными листами толщиной 8 мм. В 1981 г. на Бурятском участке БАМа были построены 74 трубы с защитной изоляцией асбоцементными листами, что дало значительный экономический эффект, после чего конструкция защиты гидроизоляции прямоугольных труб асбоцементными листами была внесена Ленгипротрансместом в типовой проект, рис.П.2.22.



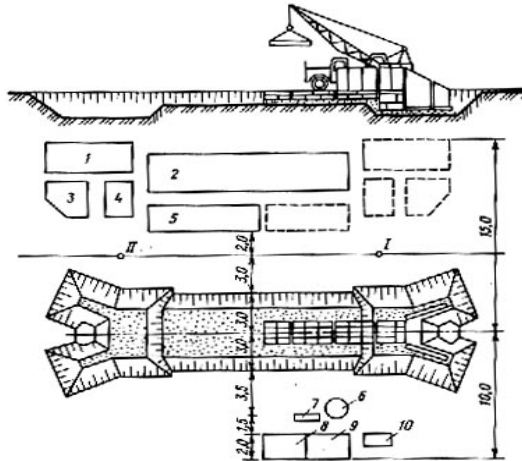
◀Рис.П.2.22. Защита гидроизоляции прямоугольных железобетонных труб: a – по типовому проекту с устройством кирпичной стенки; b – по предложенному решению с использованием асбоцементных плит; 1 – защитный слой; 2 – оклеечная гидроизоляция; 3 – защитная стенка в $1/2$ кирпича; 4 – доска; 5 – болты; 6 – асбоцементная плита; рис. из /46/ (переработан)

Масса звеньев железобетонных труб до 4,7 т; устанавливают их небольшими кранами на автомобильном или гусеничном ходу, рис.П.2.23.

Типовые круглые трубы имеют раструбные оголовки с коническими входными и выходными звеньями. В прямоугольных трубах отверстиями 1,00 – 2,50 м приняты раструбные оголовки с повышенным входным звеном на входе и нормальным на выходе (высота входного звена на 0,50 м больше нормального звена трубы); в трубах отверстием 3,00 и 4,00 м входные и выходные оголовки имеют нормальные звенья.

Круглые и прямоугольные железобетонные трубы могут применяться на периодически действующих водотоках, где отсутствуют наледные явления, а на постоянных водотоках – лишь в климатических районах с январской изотермой (среднемесячной

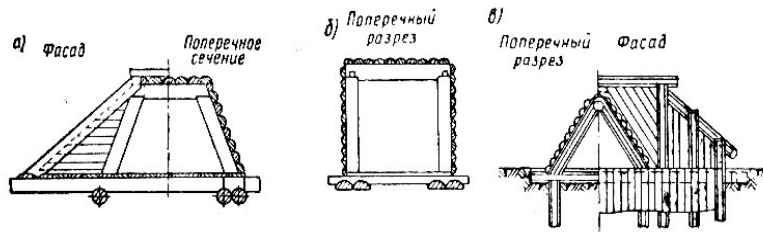
температурой января не ниже -13°C . Иначе при очистке трубы весной от льда металлическими скребками может быть поврежден защитный слой бетона, арматура трубы подвергнется коррозии в условиях водной среды со значительными перепадами температур и частыми переходами через 0°C , в результате чего труба разрушится, начнутся интенсивные деформации земляного полотна.



◀Рис.П.2.23. План строительной площадки водопропускной трубы: 1 – фундаментные блоки; 2 – звенья трубы; 3 – блоки оголовков; 4 – порталные блоки; 5 – лекальные блоки; 6 – бетономешалка; 7 – контейнер с цементом; 8 – щебень; 9 – песок; 10 – электростанция; I, II – стоянки крана; рис. из /45/

П.2.3.4. Деревянные трубы

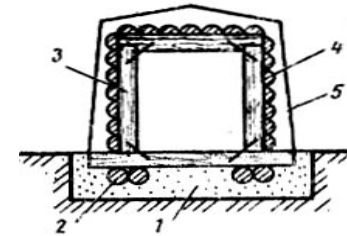
Деревянные трубы могут иметь прямоугольное, трапециевидное, треугольное или круглое отверстие, рис.П.2.24.



▲Рис.П.2.24. Деревянные трубы: а – трапециевидная; б – прямоугольная; в – треугольная; рис. из /41/

Наиболее рациональна трапециевидная форма. По сравнению с треугольной такая труба лучше пропускает воду и более удобна для эксплуатации (для осмотра, очистки и ремонта). По сравнению с прямоугольной трубой трапециевидная труба обладает большей жесткостью.

Деревянные трубы состоят из лежней, рам и обшивки, рис.П.2.25.



◀Рис.П.2.25. Поперечный разрез деревянной трубы: 1 – подготовка из щебня или гравия с глиной; 2 – лежень; 3 – рама; 4 – обшивка; 5 – слой мятой глины; рис. из /16/

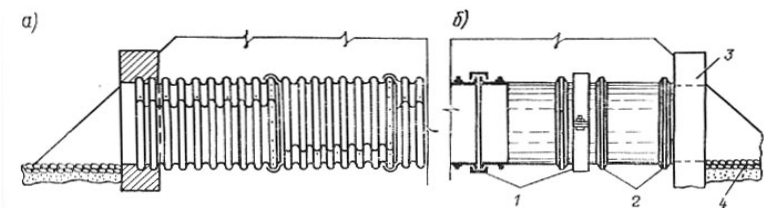
Лежни из бревен укладывают на спланированный грунт или глинистую подушку толщиной 0,50 – 0,75 м. Рамы изготавливают из бревен или брусьев и ставят на расстоянии 1,0 – 1,5 м. Элементы труб соединяют простейшими врубками с минимальным применением металлических креплений. Обшивку делают из пластин или толстых досок. Поверх досок укладывают слой мятой глины толщиной 0,2 – 0,3 м. Круглые деревянные трубы состоят из кольцевых кружал, обшитых горбылем или досками. Оголовки труб представляют собой порталные или раструбные стенки из свай и обшивки. Перед трубой в грунте устраивают шпунтовую стенку для защиты от подмыва. Отверстия деревянных труб – до 2,0 м.

Достоинства. Деревянные трубы имеют малую стоимость, трудоемкость и продолжительность строительства. Их можно возводить из местных материалов в любое время года. **Недостатки.** Деревянные трубы имеют незначительный срок службы (4 – 6 лет) из-за гниения древесины. Их ремонт и замена сложны и трудоемки.

Деревянные трубы могут быть конкурентоспособны в северных районах страны с преобладанием низких температур, например, в Северной строительной-климатической зоне, при условии пропитки антисептиками. Деревянные трубы могут применяться на временных притрассовых автомобильных дорогах. Размещение деревянных труб может быть задано в курсовом проекте в качестве элемента УИРС.

П.2.3.5. Металлические трубы

Металлические трубы применялись на железных дорогах еще в XIX веке. Первые металлические трубы были чугунными. Они состояли из круглых звеньев отверстием до 2,1 м, длиной не более 3,2 м и толщиной стенок до 30 мм, которые взаимно объединяли стыковыми полухомутами, стягиваемыми болтами, рис.П.2.26 б. Чугунные трубы имели малую стоимость и трудоемкость строительства, хорошие эксплуатационные качества, но большой расход металла.

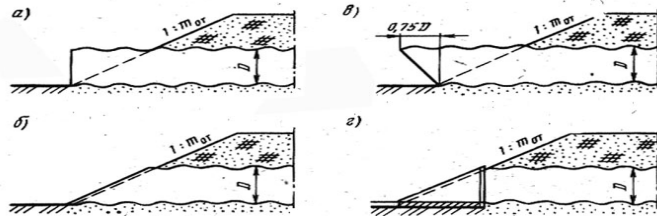


▲Рис.П.2.26. Металлические трубы: а – из волнистой стали (гофрированные); б – чугунные; 1 – стыковые накладки; 2 – ребра жесткости; 3 – оголовок; 4 – мощение; рис. из /39/

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБАХ

В конце XIX века начали применять более экономичные трубы из тонколистовой гофрированной (волнистой) стали с повышенной стойкостью против коррозии, рис.П.2.26 а. Характерная особенность этих труб состоит в том, что при действии давления грунта насыпи они немного сплющиваются и деформируются в стороны, при этом возникает упругий отпор грунта, который повышает несущую способность труб и тем значительно, чем выше качество и степень уплотнения окружающего грунта. Отверстия гофрированных труб имеют круглую, эллиптическую или арочную форму. Отверстия круглых труб достигают 9 м, а эллиптических – 12 м.

Гофрированные трубы могут быть как с оголовком так и без оголовка, рис.П.2.27. Вертикальный торец трубы должен выступать из насыпи на уровне ее подошвы не менее чем на 0,2 м, а наклонный торец, срезанный параллельно откосу насыпи – не менее чем на 0,5 м. Оголовок типа «капюшон», рис.П.2.27 в, обеспечивает «зарядку» гофрированных труб при малых подпертых глубинах, в России не применяется, но широко распространен в США. Его недостаток – неустойчивый напорный режим при значениях H/h_m близких к 1,00.



▲ Рис.П.2.27. Типы гофрированных труб: а – без оголовка со срезом перпендикулярно оси трубы; б – со срезом параллельно откосу; в – с оголовком типа «капюшон»; г – с раструбным железобетонным оголовком с углом раструбности 20°; D – диаметр (отверстие) трубы; $t_{от}$ – величина заложения откоса насыпи, рис. из /4/

Металлические гофрированные трубы бывают многоочковыми и многоярусными. При многоярусном расположении верхние отверстия пропускают только весенние паводковые воды и поэтому большую часть времени эксплуатации остаются сухими, что повышает их долговечность, позволяет применять на водотоках с наледями.

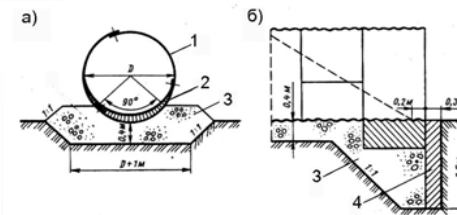
Наибольшее отверстие имеет построенная в Канаде труба, состоящая из пяти отверстий по 10,8 м каждое. Общее отверстие ее 54 м. Наибольшее число очков имеет двухъярусная труба, построенная в Канаде и состоящая из 14 круглых отверстий по 2,6 м в нижнем ярусе и 7 круглых отверстий по 1,5 м в верхнем ярусе; всего 21 отверстие.

Стальные трубы состоят из гнутых гофрированных листов толщиной 1,5 – 7,0 мм с кольцевыми или спиральными гофрами. Для защиты от коррозии листы после механической обработки покрывают тонким слоем цинка толщиной 80 - 100 мкм.

Гофрированные трубы могут значительно деформироваться без повреждений, поэтому их укладывают без фундаментов на грунтовые подушки или ложе со строительным подъемом. Наименьшая толщина подушки 0,4 м, рис.П.2.28.

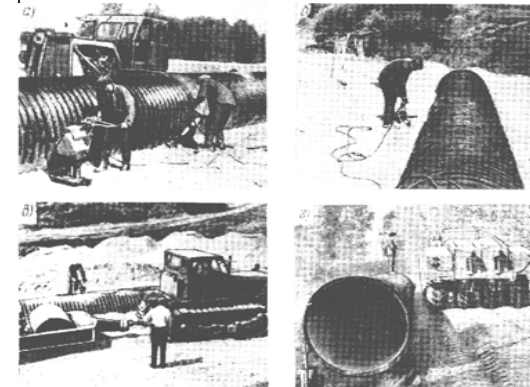
В качестве материала подушки рекомендуются дренирующие грунты: пески средней крупности, крупные и гравелистые, а также щебенисто-галечниковые и древесно-гравийные грунты, не содержащие частиц размером больше 50 мм. При повышенной агрессивности среды поверхности труб дополнительно покрывают битумом, эпоксидной смолой или полимерной эмалью. Для защиты от абразивного действия наносов и коррозии лотки труб покрывают бетоном или асфальтобетонными блоками, что сокращает трудоемкость и сроки работ. Толщина покрытия лотков должна быть выше гофр на 2 см.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБАХ

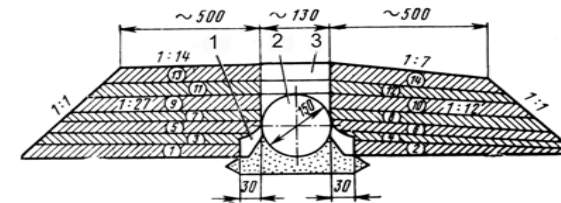


▲ Рис.П.2.28. Конструкция металлической гофрированной трубы: а – поперечный разрез трубы; б – продольный разрез трубы; 1 – труба; 2 – лоток; 3 – гравийно-песчаная подушка; 4 – экран; рис. из /16/

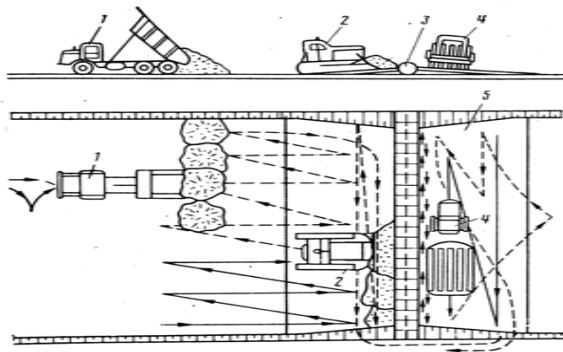
Трубы засыпают песчаным, супесчаным грунтом (не применяют пылеватые пески и глинистые грунты) послойно равномерно с обеих сторон трубы и тщательно уплотняют для обеспечения надежной совместной работы гибкой стальной трубы с окружающим грунтом, рис.П.2.29 – П.2.31.



▲ Рис.П.2.29. Уплотнение грунта при засыпке труб: а – электротрамбовками; б – с применением шпалоподбоек; в – вибротамком; г – пневмотамком; рис. из /50/

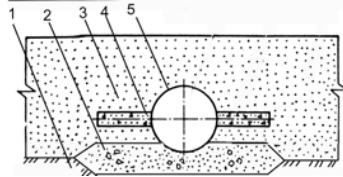


▲ Рис.П.2.30. Последовательность отсыпки и уплотнения слоев грунта обсыпки при устройстве металлической гофрированной трубы: 1 – грунт вблизи стенок трубы, уплотняемый электротрамбовками; 2 – труба отверстием 1,5 м; 3 – часть грунта над телом трубы, уплотняемая бульдозером при толщине засыпки свыше 0,5 м; цифры в кружках – последовательность отсыпки и уплотнения слоев; рис. из /46/



▲Рис.П.2.31. Технологическая схема сооружения металлической гофрированной трубы: 1 – автосамосвал, доставляющий грунт из карьера; 2 – бульдозер перемещающий грунт к телу трубы и разравнивающий его слоями заданной толщины; 3 – труба; 4 – полуприцепной пятисекционный пневмокоток ДУ-16В массой 26 т (толщина уплотняемых слоев 30 см); рис. из /46/

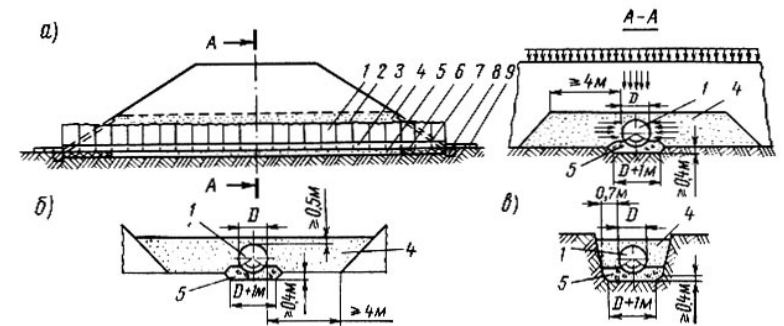
Предельное относительное изменение горизонтального диаметра трубы в процессе отсыпки и уплотнения грунтовых призм по бокам конструкции не должно превышать 3%. Область применения металлических гофрированных труб согласно утвержденному МПС в 1983 г. проекту ограничивалась высотой насыпи 6 м из-за вероятных деформаций поперечного сечения трубы (овализации). СибЦНИИСом предложена конструкция трубы с устройством для предотвращения ее деформации, рис.П.2.32.



◀Рис.П.2.32. Металлическая гофрированная труба с ограничителями деформаций: 1 – грунт основания; 2 – гравийно-песчаная подушка; 3 – грунт обсыпки; 4 – ограничитель деформаций трубы: слой щебня, пропитанного цементным раствором или бетонные плиты; 5 – труба; рис. из /46/ (доработан)

В зависимости от модуля деформации грунта E , МПа, обсыпки трубы и величины ее отверстия нормируют наибольшую величину насыпи, допускаемую по условиям прочности. Коэффициент уплотнения грунта должен быть не менее 0,95 максимальной стандартной плотности. Толщина засыпки над трубой на железных дорогах должна быть не менее 1,2 м.

Важное замечание. Основная особенность металлических гофрированных труб – это их совместная работа с окружающим грунтом. Вертикальная нагрузка воспринимается трубой и через ее боковые поверхности передается грунту, расположенному рядом с ней, рис.П.2.33. Если рядом с трубой грунт не будет сопротивляться этому силовому воздействию, то конструкция получит недопустимые деформации с потерей устойчивости и разрушением. Поэтому наряду с выполнением всех требований по изготовлению и монтажу собственно металлической трубы должно быть обеспечено высокое качество работ устройства основания и особенно – обсыпки трубы. Высота обсыпки трубы должна быть не менее 0,5 м.



▲Рис.П.2.33. Металлическая гофрированная труба: а - продольный разрез трубы, сооружаемой до возведения насыпи; б - фасад трубы, сооружаемой в провале насыпи; в - фасад трубы при сооружении ее с заглублением в грунт основания; 1 – металлическая гофрированная труба с двусторонним цинковым покрытием; 2 – дополнительное защитное покрытие; 3 – асфальтобетонный лоток; 4 – грунтовая призма (обсыпка); 5 – гравийно-песчаная подушка; 6 – противофильтрационный экран; 7 – укрепление откосов; 8 – блок-упор; 9 – укрепление русла; ↓↓↓ - действие нагрузок на трубу в сечении А-А; рис. из /50/

Предельная высота насыпи для металлических труб зависит от отверстия трубы и модуля деформации E , Мпа ($1\text{МПа} = 1 \cdot 10^6 \text{ Па}$; 1Па – единица давления в системе СИ; паскаль равен давлению, вызываемому силой 1 Н, равномерно распределенной по нормальной к ней поверхности площадью 1 м^2). Деформируемость грунтов при сжатии характеризуется модулем деформации E , МПа, который определяют в полевых и лабораторных условиях. Для предварительных расчетов модуль деформации может приниматься по таблицам /49, табл.1.13, 1.14/. Для песчаных грунтов в зависимости от значения коэффициента пористости e и гранулометрического состава грунта E изменяется от 11 МПа для пылеватых песков при $e = 0,75$ до 50 МПа для гравелистых крупных и средней крупности песков при $e = 0,45$. Для глинистых грунтов значения модуля деформации изменяются от 5 МПа для аллювиальных суглинков с показателем текучести $0,50 < J_L < 0,75$ до $E = 75$ МПа для супесей и суглинков моренных отложений с $J_L \leq 0,5$. Учитывая тот факт, что в курсовом проекте нет данных по физико-механическим свойствам грунтов в прил.7 приведены значения предельной высоты насыпи для грунтов с модулем деформации $15 \leq E < 30$ МПа, что вполне обоснованно, т.к. на практике сложно обеспечить требуемый гранулометрический состав и физико-механические свойства грунтов засыпки, что в конечном итоге сведет на нет все преимущества МГТ. В строительстве они действительно оправдают себя, а вот в эксплуатации принесут много забот путейцам. В прил.7 указаны значения предельной высоты насыпи и для $E \geq 30$ МПа. Но эти значения могут использоваться только при разработке деталей УИРС или в дипломных проектах с обязательным указанием мер по контролю за качеством грунтов обсыпки (грунтовой призмы вокруг тела МГТ), см. рис.П.2.33. Трубы отверстием 3,0 м применяют только при грунтах обсыпки со значением $E \geq 35$ МПа.

В зависимости от высоты насыпи h_n и характеристики грунтов обсыпки МГТ собирают из стальных листов толщиной 2,0 мм или 2,5 мм. Переход на большую толщину листа имеет место в следующих условиях:

- для труб отверстием 1,5 м при $h_n \geq 6,0$ м (при $E \geq 15$ МПа) и при $h_n \geq 9,0$ м (при $E \geq 30$ МПа);
- для труб отверстием 2,0 м – при $h_n \geq 6,5$ м (при $E \geq 30$ МПа); при $E < 30$ МПа независимо от высоты насыпи применяют листы толщиной 2,5 мм;

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБАХ

- для труб отверстием 3,0 м независимо от высоты насыпи применяют листы толщиной 2,5 мм.

МГТ могут применяться на периодических водотоках без процессов наледеобразования, иначе труба будет закрыта наледью, рис.П.2.34, и перестанет работать.



Наносы леса
- результат карчехода
Наледь, заполнившая
отверстие трубы

МГТ 2х1,5 м

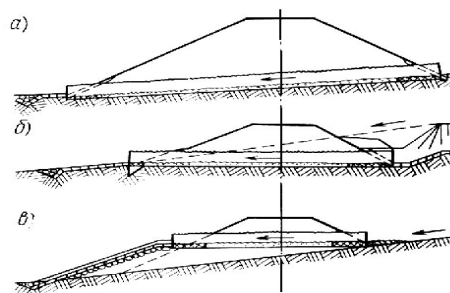
◀Рис.П.2.34.
Металлическая
гофрированная труба
отверстием 2×1,5 м на
обходе Байкальского
тоннеля БАМ; рис. из
/3/(дополнен)

На рис.П.2.34 показана МГТ 2×1,5 м на обходе Байкальского тоннеля БАМ. В осенне-зимний период труба забивается льдом и снегом, что приводит к нарушению ее работы, подтоплению насыпи с нагорной стороны, иногда к переливу воды через насыпь. Земляное полотно захламлено древесиной, принесенной водой в результате карчехода.

При очистке отверстия трубы от наледи высока вероятность повреждения антикоррозионного (обычно двухслойного: горячая оцинковка и полимерная мастика) покрытия тела трубы, ее быстрая коррозия и разрушение. Ремонт трубы в теле насыпи – сложное и дорогое мероприятие.

Гофрированные трубы укладываются с уклонами не менее 10% (для предотвращения снижения водопрпускной способности трубы) и не более 30% (по условиям прочности). На косогорных участках трубы укладывают по одной из схем, рис.П.2.35.

Подробнее об укладке косогорных труб см. /4, с.141 – 144/; о расчете выходных русел МГТ, расположенных на подсыпке (рис.П.2.35 в), см. /4, с.210-217/.



◀Рис.П.2.35. Схемы
расположения гофрированных
труб на косогорах: а – на
естественном основании; б –
со срезкой грунта и
уположением основания под
трубу; в – в теле насыпи выше
ее подошвы; рис. из /50/

Типовые гофрированные круглые трубы, применяемые на железных дорогах России, имеют отверстия 1,5; 2,0 и 3,0 м. Они могут быть многоочковыми и многорусными. Водопрпускная способность одноярусной трехочковой трубы отверстием 3,0 м достигает 51 м³/с. Основным элементом труб является гофрированный лист размером 1760х910 мм, толщиной 1,5 – 2,5 мм с гофрами 130х32,5 мм, изогнутый по заданному радиусу трубы и с отверстиями для болтов, рис.П.2.36.

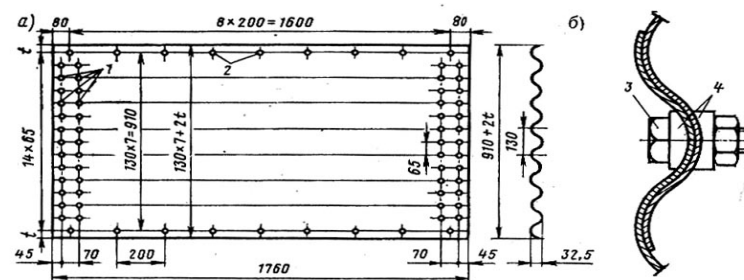
Для металлических гофрированных труб в типовых проектах разработаны три типа оголовочной части трубы, см. рис.П.2.27:

- 1) с выступающим из тела насыпи вертикально-срезанным торцом – для труб с отверстием 1,5 и 2,0 м;
- 2) с выступающим из тела насыпи торцом, срезанным по откосу насыпи – для труб отверстием 2,0 и 3,0 м;

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБАХ

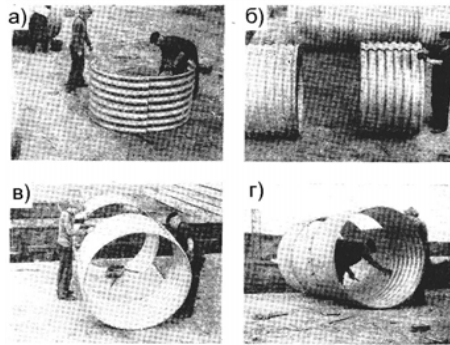
- 3) раструбные оголовки из железобетонных блоков – для труб отверстием 1,5 и 2,0 м
В современной практике, как правило, применяют оголовки с вертикально срезанным торцом.

Длина гофрированного стального листа позволяет собирать круглые трубы с интервалом отверстия 0,5 м, рис.П.2.37. Продольные и поперечные стыки элементов выполняют внахлестку обычными болтами диаметром 16 мм с плосковыпуклыми и плосковогнутыми квадратными шайбами, обеспечивающими плотное прилегание шайб к поверхностям гребней и впадин волн стыкуемых гофрированных листов, рис.П.2.36. Трубы защищают от коррозии, укладывают на грунтовые основания, рис.П.2.38 и засыпают грунтом. Чтобы ни водоток, ни подрусловые воды не могли вынести мелкие частицы грунта из-под трубы, у ее концевых участков устраивают противофильтрационные экраны из глины, цементогрунта или бетона, рис.П.2.28.

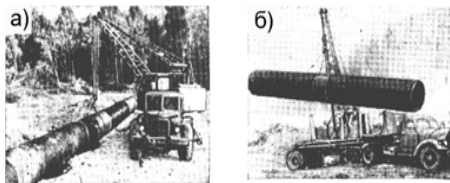


▲Рис. П.2.36. Гофрированный металлический лист: а – развертка листа (размеры в мм); б – болтовое соединение листов; 1 – отверстия для болтов продольного стыка; 2 – то же поперечного; 3 – болт с гайкой; 4 – плосковыпуклая и плосковогнутая шайбы; рис. из /16/

Важным преимуществом гофрированных труб является возможность укрупнительной сборки и нанесения дополнительного защитного покрытия в теплом помещении на центральном полигоне с последующей доставкой на объекты готовых секций длиной от 4 до 12 м, что существенно сокращает трудоемкость и сроки монтажа труб, особенно в холодное время года. Масса 1 пог. м трубы диаметром 1,5 м равна примерно 150 кг, а масса всей трубы длиной 25 м составляет 3,8 т.



▲Рис.П.2.37. Последовательность сборки металлической гофрированной трубы: а – сборка отдельного звена; б – расстановка двух собранных звеньев на необходимом расстоянии; в – установка нижнего элемента соединительного звена; г – установка всех болтов в поперечных стыках; рис. из /50/



▲Рис.П.2.38. Монтаж металлической гофрированной трубы: а – монтаж трубы в проектное положение автокраном; б – монтаж секций трубы «с колес»; рис. из /50/

Достоинства металлических гофрированных труб. Элементы труб имеют небольшие габаритные размеры и малый вес. Их можно перевозить любым транспортом. Листы соединяют внахлестку, бандажами или фланцами, заклепками, обычными или высокопрочными болтами, а также сваркой или пайкой, специальными замковыми швами или скрепами.

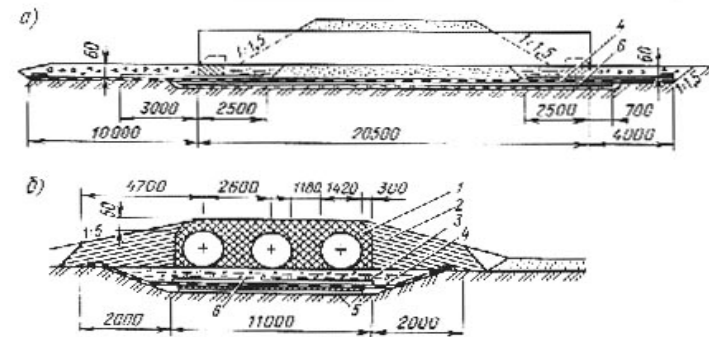
Благодаря малой массе, транспортабельности элементов, незначительной трудоемкости и быстрой сборке стальные гофрированные трубы соответствуют современным требованиям индустриального строительства, имеют высокую эксплуатационную надежность. Применение их особенно эффективно в отдаленных районах, при бездорожье и в суровых северных климатических условиях.

Применение стальных гофрированных труб по сравнению с железобетонными снижает стоимость строительства в 1,5 – 2 раза, массу привозимых материалов в 30 – 40 раз, транспортные расходы более чем в 8 раз, трудоемкость работ в 2 – 4 раза, но увеличивает расход стали на 10 – 15 %.

Разработан проект опытных гофрированных труб отверстием 5,0 – 7,5 м круглого и эллиптического поперечного сечения, а также с бетонными или железобетонными стенами и сводом из гофрированной стали, для пропуска водотоков с расчетным расходом до 60 м³/с, а также автотранспортных средств. Техничко-экономические показатели стальных труб больших отверстий лучше, чем железобетонных труб, эстакад и путепроводов.

В курсовом проекте размещение металлических гофрированных труб больших отверстий для совмещенного пропуска периодических водотоков и автодорог может быть задано в качестве элемента УИРС.

При строительстве на Севере Западной Сибири железных дорог Ягельная – Ямбург, Лабитнанги – Бованенково, Сургут – Уренгой -Новый Уренгой - Надым, предназначенных для обслуживания нефтегазовых месторождений, вместо типовых металлических гофрированных труб применяют трубы, оставшиеся от прокладки магистральных газопроводов диаметром 1,42 м, рис.П.2.39, см. /45/, /46/.



▲Рис.П.2.39. Металлическая труба отверстием 3×1,42 м (128-й км железной дороги Лабитнанги – Бованенково): а – продольный разрез; б – поперечное сечение; 1 – зона уплотнения грунта ручным механизированным инструментом; 2 – то же катком; 3 – грунтоцементная подушка; 4 – пенопласт толщиной 10 м на выравнивающем слое из песка; 5 – геотекстиль; 6 – деревянные слани на выравнивающем слое из песка; рис. из /45/

Теплоизоляция, предотвращающая деградацию вечной мерзлоты, состоит из деревянных сланей, укладываемых на выровненное основание, слоя нетканного материала (геотекстиля) и грунтоцементной подушки. При необходимости под входным и выходным оголовками поверх геотекстиля на подготовку из песка укладывается пенопласт толщиной 0,10 м.

Условия, в которых эксплуатируются эти трубы характеризуются /46/:

- агрессивной водной средой;
- значительными температурными перепадами от –54 до +31 °С;
- интенсивным замораживанием и оттаиванием в зоне переменного горизонта воды в весенне-осенний период;
- суточным перепадом температур, достигающим 7°С;
- числом дней с переходом через нулевое значение более 50;
- истирающим воздействием ледохода.

После проведения натурных обследований были даны рекомендации /46/ о необходимости применения дополнительного двухслойного защитного покрытия, состоящего из цинка и полимерной антикоррозионной мастики. Иначе газовые трубы диаметром 1,42 м и толщиной стенки 19 мм, покрытые снаружи только рулонной гидроизоляцией в таких экстремальных условиях под воздействием питтинговой коррозии очень быстро приходят в негодность.

П.2.4. Назначение и конструкция фундаментов труб

Для равномерной передачи давления на грунты основания, а также во избежание пучения при замерзании воды, находящейся в грунте основания, трубы укладывают на фундаменты. Под оголовками фундаменты необходимы также для предотвращения подмыва трубы. Фундаменты оголовков закладывают ниже глубины промерзания грунта основания на 0,25 м. Под звеньями труб, где промерзание грунта основания меньше, т.к. он прикрыт грунтом насыпи от воздействия холодного наружного воздуха, толщину фундамента снижают, если это возможно по давлению на грунт. При прочных грунтах основания возможна укладка водопропускных труб без фундаментов с устройством противодиффузионных стен-экранов: металлических гофрированных на железных и

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБАХ

автомобильных дорогах с обязательным устройством гравийно-песчаной подушки и с учетом высоких требований к грунтам обсыпки; остальных – только на автомобильных дорогах. Ниже рассмотрены конструкции фундаментов железобетонных труб. Фундамент бетонных труб был представлен на рис.П.2.17, а металлических гофрированных на рис.П.2.28.

В обычных климатических условиях для железобетонных труб применяют следующие виды фундаментов, рис.П.2.40, в зависимости от вида грунта и его плотности:

при пластичных глинистых и мелких песчаных средней плотности грунтах основания применяют сплошные фундаменты из монолитного бетона, из бетонных блоков или свайные фундаменты;

при твердых и полутвердых глинистых и песчаных средней плотности грунтах звенья диаметром до 1,5 м укладывают на железобетонные лекальные блоки или плиты, на гравийно-песчаные или глинисто-щебеночные подушки толщиной не менее 0,4 м;

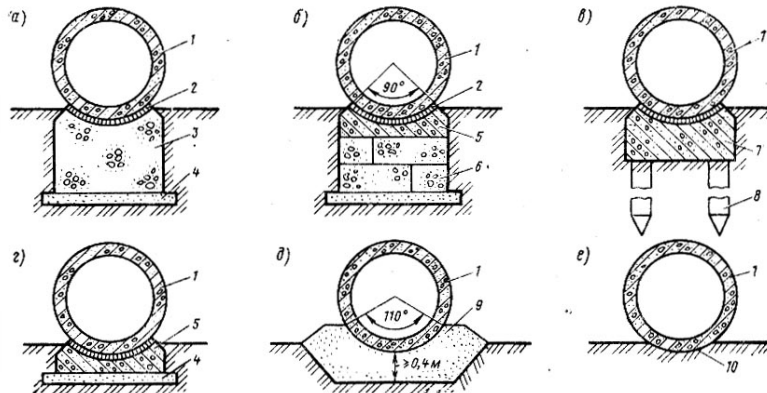
при плотных песчаных, крупнообломочных и скальных грунтах – на профилированное уплотненное грунтовое ложе.

При этом уровень грунтовых вод должен находиться на 0,3 м ниже подушек для предохранения труб от деформаций при замерзании воды.

Трубы без фундаментов, рис.П.2.40 е, не применяют на железных дорогах из-за опасности недопустимых деформаций под действием временной подвижной нагрузки.

Фундаменты средних секций закладывают на глубину 0,5 – 1,5 м независимо от глубины промерзания грунтов основания. Глубину заложения фундаментов крайних секций и оголовков труб при скальных, крупнообломочных, гравелистых и крупнопесчаных грунтах принимают независимо от глубины промерзания, а при всех других грунтах – на 0,25 м ниже глубины промерзания.

В суровых северных климатических условиях при наличии вечномерзлых и пучинистых грунтов применяют сборно-монолитные фундаменты, состоящие из железобетонных стенок Т-образной или Г-образной формы длиной на секцию, пространство между которыми заполняется монолитным бетоном, рис.П.2.21. Глубина заложения такого фундамента принимается в зависимости от глубины промерзания грунта и величины отверстия трубы.

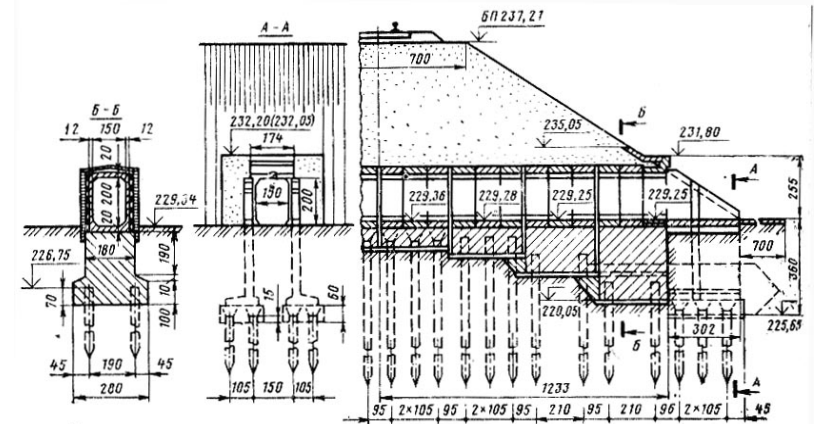


▲ Рис.П.2.40. Виды фундаментов труб: а – на естественном основании, каменный или бетонный; б – то же из бетонных блоков; в – свайный; г – из лекальных блоков или плит; д – труба на грунтовой подушке; е – на земляном ложе; 1 – звено трубы; 2 – подливка из цементного раствора; 3 – бетонная или каменная кладка; 4 – подготовка из щебня или

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБАХ

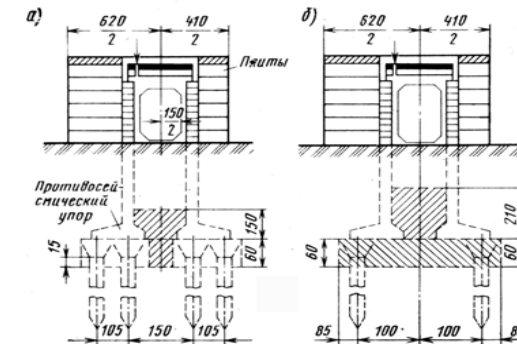
гравия; 5 – лекальный блок; 6 – бетонные блоки; 7 – ростверк; 8 – свая; 9 – грунтовая подушка; 10 – земляное ложе; рис. из /16/

В северных условиях при талых и слабых грунтах крайние секции и откосные стенки оголовков устраивают на свайных фундаментах, рис.П.2.41. Свайные фундаменты повышают жесткость основания, увеличивают давление грунта насыпи на звенья, но предохраняют трубы от растяжения.



▲ Рис.П.2.41. Прямоугольная труба на свайном фундаменте в северных условиях; рис. из /16/

Для Бурятского участка БАМа Ленгипротрансмостом и СКТБ Главбамстроя было переработано около 20 проектов труб на свайном основании (призматические сваи, объединенные ростверком), что дало значительный экономический эффект, рис.П.2.42.

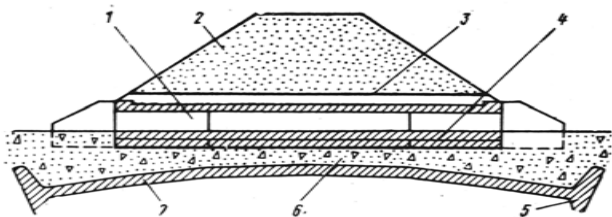


▲ Рис. П.2.42. Изменение конструкции ростверков трубы (прямоугольная железобетонная труба на призматических сваях): а – по типовому проекту Сибгипротранса; б – улучшенный вариант, дающий экономию, предложенный Ленгипротрансмостом и СКТБ Главбамстроя; рис. из /46/

Типовой проект Сибгипротранса, рис.П.2.41, П.2.42 а, предусматривает при сооружении прямоугольных железобетонных труб устройство двух отдельных ростверков под правую и левую части каждого оголовка. Изменив конструкцию ростверков оголовков трубы путем их объединения, удалось уменьшить число свай под оголовком до 4 вместо 10 – 12 по типовому проекту, рис.П.2.42 б. Кроме того, в случае опирания свай ростверка на

прочные грунты под средней частью трубы, также удалось добиться сокращения числа свай путем изменения конструкции секций фундаментов.

В условиях слабых грунтов трубы нередко подвергаются деформациям, наиболее опасными из которых являются растяжки труб со значительным (до 30 – 50 см) раскрытием межсекционных швов и повышенная неравномерная осадка секций. Основной причиной таких деформаций является образование в основании труб областей пластического разрушения слабых грунтов. Свайные фундаменты в таких случаях могут исключить неравномерную осадку, но не могут предотвратить растяжки труб. На таких грунтах применяют фундамент типа плита-экран, рис. П.2.43.



▲ Рис. П.2.43. Труба с плитой-экраном: 1 – водопропускная труба; 2 – тело насыпи; 3 – оголовок трубы сверху; 4 – фундамент; 5 – плита-экран; 6 – песчано-гравийная подушка между плитой-экраном и подошвой фундамента; 7 – основание плиты-экрана (щебеночная подготовка, пролитая цементным раствором; рис. из /46/ (изменен)

Работа экрана на растяжение с малым его удлинением при подвижках грунта под ним в стороны от оси насыпи обеспечивает устойчивость грунтовой прослойки в пространстве между экраном и фундаментом трубы. Исключается существенное растяжение трубы, состоящей из отдельных секций. Плита-экран выполнена в виде криволинейной арки (по дуге круга), обращенной выпуклостью вверх. Это сделано для уменьшения абсолютного значения осадки средней части трубы и уменьшения разницы в осадках под осью насыпи и у ее подошв (под оголовками). Толщина основной части плиты-экрана 20 см, ее стрелка колеблется от 1 до 2 м. Глубина заложения принимается не менее чем на 0,25 м ниже глубины промерзания грунта. Плиты-экраны запроектированы железобетонными (в монолитном и сборном исполнении). Плита укладывается на щебеночную подготовку толщиной 20 см, пролитую цементным раствором. Выше плиты-экрана отсыпается песчано-гравийная подушка до уровня подошвы фундамента. Размещение секций фундамента на таком малосжимаемом непучинистом грунте позволяет существенно уменьшить глубину его заложения и назначить ее независимо от глубины сезонного промерзания грунта, что позволяет получить экономию на одной трубе в среднем: трудозатрат - 32%; объема кладки - 31%; арматуры - 25 %; цемента - 31 %.

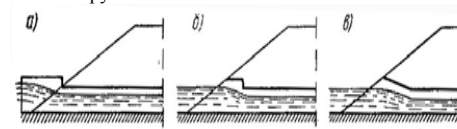
П.2.5. Оголовки водопропускных труб

П.2.5.1. Назначение и виды оголовок

Чтобы снизить сопротивление потоку воды, устремляющемуся в трубу, и тем самым увеличить водопропускную способность трубы, на входе устраивают оголовок, благодаря которому поток суживается постепенно и входит в трубу более плавно с меньшим сопротивлением. На выходе из трубы устраивают выходной оголовок, чтобы водный поток постепенно и более спокойно растекался в стороны с меньшей опасностью для размыва

выходного русла. Кроме того, оголовки предохраняют от подмыва и оползания откосы насыпи у трубы (например, порталный и воротниковый оголовок относятся к неотбегаемым оголовкам, на гидравлические условия протекания воды в трубе влияют незначительно и, в основном, выполняют вторую функцию оголовков – защитную).

В начале трубы имеется перепад уровня воды (происходит сжатие водного потока во входном сечении), см. прил.4. Если назначить высоту трубы так, чтобы первое гидравлическое требование (необходимый запас в свету высшей точки внутренней поверхности трубы над наивысшим уровнем воды в трубе) выполнялось в начале трубы, то на большей части длины трубы ее высота не будет использована полностью, что неэкономично. Однако, для снижения высоты основных звеньев можно воспользоваться двумя способами: 1) применить оголовок и вывести перепад уровня воды за пределы трубы; 2) использовать в начале трубы специальные звенья: повышенной высоты (для прямоугольных железобетонных труб), конические входные звенья (для круглых железобетонных) или повышенные звенья с наклонно лежащими плитами покрытия (для прямоугольных бетонных труб). Обычно используют оба способа - устраивают входной оголовок и изменяют размеры или форму входных звеньев. Если перепад происходит до звеньев трубы



◀ Рис. П.2.44. Схема расположения перепада воды в безнапорных водопропускных трубах: а – с оголовком; б – с повышенным входным звеном; в – с коническим входным звеном; рис. из /41/

Общее представление о конструкции оголовок дает рис. П.2.45.

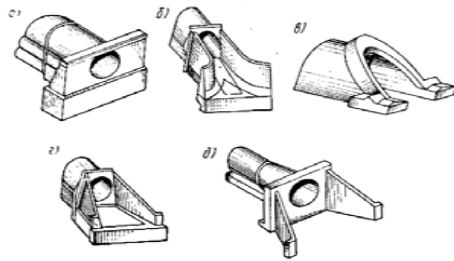
Классификация оголовочных частей труб может быть проведена по различным признакам: по положению откосных стенок оголовок, по виду входного звена; по наличию оголовка; по расположению перепада воды, рис. П.2.46.

В зависимости от положения откосных стенок (крыльев) оголовки делятся на порталные – со стенкой перпендикулярной оси водотока; коридорные – со стенками постоянной высоты, параллельными оси трубы и плавно закругленными на концах; раструбные оголовки со стенками, срезанными параллельно откосе насыпи и углом сходимости от 4 до 22°.

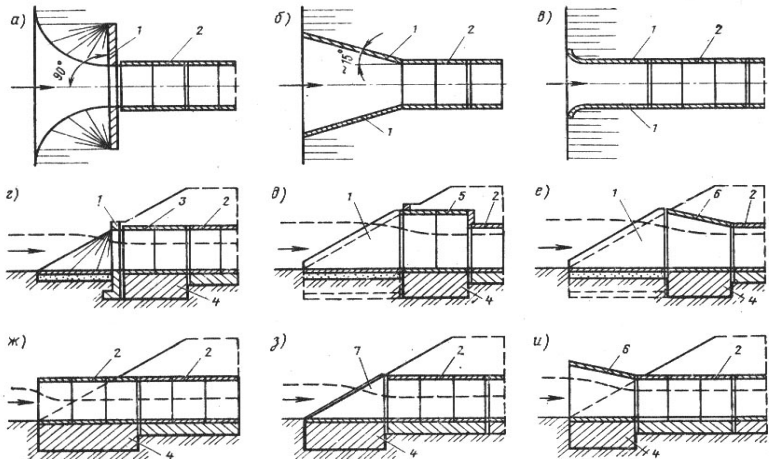
По виду входного звена оголовки бывают с нормальным входным звеном, высота которого равна высоте звеньев средней части трубы; с повышенным входным звеном или с коническим звеном.

По наличию оголовка: на водотоках с небольшими расходами трубы могут быть без оголовок с вертикальным срезом, выступающим из тела насыпи, или с воротниковым оголовком (наклонный срез в плоскости откоса насыпи), а также с повышенным или коническим входным звеном без откосных стенок.

По расположению перепада воды: в пределах оголовка или входного звена: обтекаемые (коридорные и раструбные с повышенным или коническим входным звеном); остальные – неотбегаемые.



▲Рис.П.2.45. Внешний вид различных типов оголовок: а – портального; б – коридорного; в – воротникового; г – раструбного со срезанными откосными крыльями; д – раструбного со срезанными откосными крыльями и коническим входным звеном; рис. из /41/



▲Рис.П.2.46. Виды оголовочных частей труб: а – портальный оголовок; б – раструбный оголовок; в – коридорный оголовок(продольный разрез вид сверху); г – коридорный оголовок с нормальным входным звеном(продольный разрез вид сбоку); д – раструбный оголовок с повышенным звеном; е – то же с коническим звеном; ж – труба без оголовка с вертикально срезанным торцом; з – воротниковый оголовок; и – труба с коническим звеном без откосных стенок; у – труба с коническим звеном без откосных стенок; 1 – откосная стенка; 2 – секция трубы; 3 – нормальное звено; 4 – фундамент; 5 – повышенное звено; 6 – коническое звено; 7 – звено с наклонным торцом; 7 – звено с наклонным торцом, срезанным в плоскости откоса насыпи; рис. из /16/

Рассмотрим подробнее преимущества и недостатки входных оголовок разных типов, рис.П.2.47.

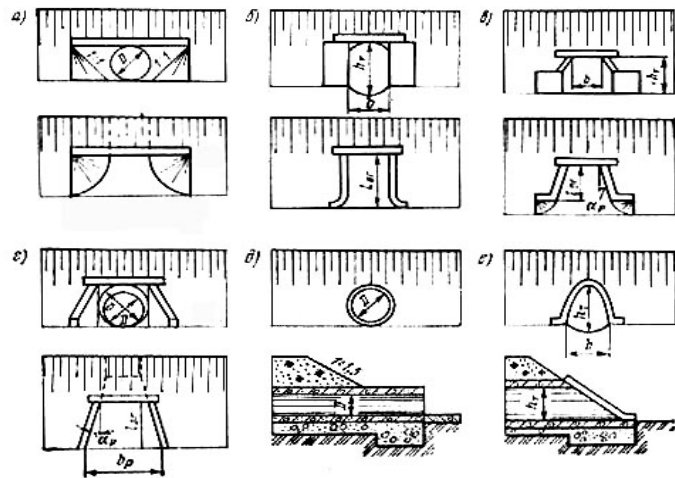
Рис.П.2.47 а. Оголовки круглых труб малых диаметров при небольшом расходе выгодно делать *портального типа* в виде вертикальной стенки, обсыпанной с обеих сторон от отверстия конусами, сопрягающимися с откосами насыпи и укрепленными камнем или плитами. Около 50 % круглых труб малого диаметра на автомобильных и железных дорогах дорогах России имеют такие оголовки. Вертикальная стенка защищает звенья трубы и тело насыпи около трубы; все звенья одинаковой высоты и формы; нет откосных крыльев – это преимущества. Зато недостатки: портальный оголовок – необтекаемый (перепад воды находится в трубе) и кроме того, возможен размыв конусов. Поэтому портальные оголовки применяют, в основном, на автодорогах для круглых труб малых диаметров (0,50 и 0,75 м).

Рис.П.2.47 б. *Коридорные оголовки* применялись в проектах до 1946 г. для размещения кривой спада в пределах оголовка и понижения глубины на входе в трубу, что обеспечивало для тех же гидравлических условий возможность применение труб меньшей высоты. Последующие исследования показали ухудшение гидравлических условий труб с данным типом оголовков по сравнению с раструбными, а также значительный перерасход материала на их сооружение, т.е. их неэкономичность. В связи с этим коридорные оголовки в настоящее время не применяются. Однако на сети дорог продолжает эксплуатироваться большое число труб с коридорными оголовками, отличающимися длиной, шириной обратных стенок и степенью закругленности входной части оголовка.

Рис.П.2. 47 в, г. Значительное распространение получили *раструбные оголовки* различных конструкций: наименьшую длину из них имеют оголовки с *коротким высоким раструбом и обратными стенками*, поддерживающими откос насыпи, построенные по проектам 1946 – 1952 гг., а наибольшую длину имеют оголовки *без обратных стенок с откосными крыльями до подошвы насыпи*, построенные по типовым проектам после 1961 г. Раструбные оголовки не вмещают всей длины перепада воды, именно, поэтому при раструбном оголовке у входа в трубу устраивают конические звенья (для круглых труб) или устраивают «повышенное входное звено» для прямоугольных труб: несколько звеньев повышенной высоты (для прямоугольных железобетонных труб) или вход в трубу делают в виде призмы с неравными основаниями (для прямоугольных бетонных труб). Применение с 1955 г. в круглых трубах конических звеньев на входе в трубу обеспечило снижение гидравлического сопротивления на входе и зарядку труб, т.е. работу их полным сечением. В действующем типовом проекте *конические входные звенья сочетаются с раструбными открялками*. Этот тип оголовка относится к *обтекаемым* и обладает наибольшей водопропускной способностью из всех применяемых в настоящее время. Из существующих типов *необтекаемых* оголовок наилучшие гидравлические характеристики имеют раструбные без обратных крыльев с углом раструбности $\alpha_p = 20^\circ$, которые применяются в типовых проектах. В прямоугольных трубах распространение получили *повышенные звенья на входе в трубу*, которые позволяют расширить диапазон работы таких труб в безнапорном режиме и получить снижение стоимости за счет уменьшения высоты основной части трубы.

Рис.П.2. 47 д. Сравнительно небольшое распространение среди бетонных и железобетонных труб получили *безоголовочные трубы с вертикальным срезом трубы* у подошвы насыпи, однако этот вид оголовочной части трубы является основным для металлических гофрированных труб.

Рис.П.2. 47 е. Также небольшое распространение имеют трубы с *воротниковыми оголовками* – входное звено круглой трубы с небольшим утолщением срезаемое по откосу насыпи. Утолщение, выступающее из насыпи называется – «воротником».

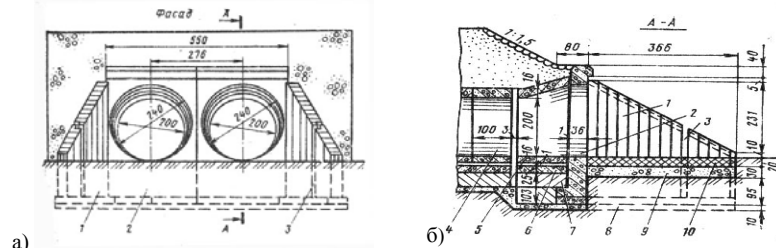


▲Рис.П.2.47. Формы и типы оголовков (оголовочных частей) водопропускных труб (а – г – фасад и план; д, е – фасад и продольный разрез): а – круглая труба с порталным (необтекаемым) оголовком; б – прямоугольная труба с вертикальными стенками и сводом, оголовок коридорный (обтекаемый); в – прямоугольная труба с раструбным оголовком с обратными стенками (короткий необтекаемый оголовок); г – круглая труба с коническим входным звеном и раструбным (обтекаемым) оголовком; д – круглая безоголовочная труба (необтекаемый оголовок); е – овоидальная труба с воротниковым (необтекаемым) оголовком; D – внутренний диаметр основного звена круглой трубы; D₁ – внутренний диаметр конического звена входа; b – отверстие трубы (ширина трубы в свету – для прямоугольных труб или внутренний диаметр – для круглых труб); h_г – высота трубы в свету; b_р – ширина оголовка в его конце; α_р – угол раструба; l_{ог} – длина оголовка; рис. из /4/

П.2.5.2. Конструкция оголовков труб

Конструкции оголовков металлических труб были рассмотрены выше, см. рис.П.2.27.

Раструбные оголовки типовых круглых железобетонных труб с коническим входным звеном состоят из откосных стенок (крыльев), расположенных под углом к оси труб, поперечной стенки с отверстиями, косых конических звеньев и лекальных блоков, рис.П.2.48.

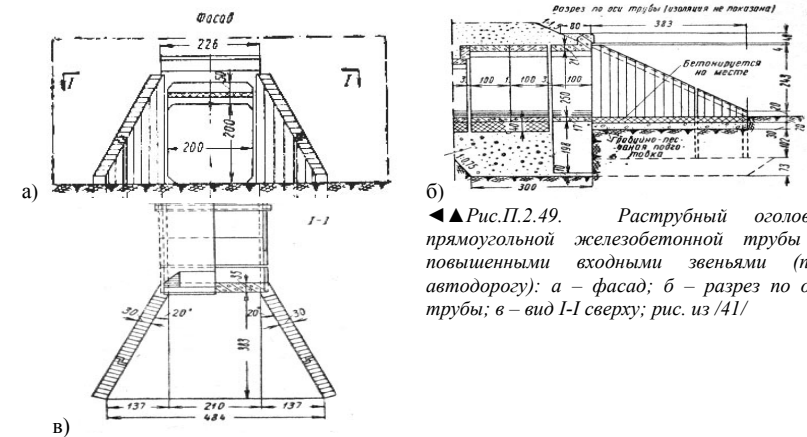


▲Рис.П.2.48. Оголовок круглой железобетонной двухчковой трубы: а – фасад; б – продольный разрез по оси трубы, сечение А-А (фрагмент входной части трубы); 1 – откосная стенка; 2 – поперечная стенка с отверстием; 3 – монтажный шов; 4 – цилиндрическое звено; 5 – коническое звено; 6 – лекальный блок; 7 – фундамент; 8 –

железобетонная плита; 9 – гравийно-песчаная подготовка; 10 – бетонный лоток; рис. из /16/

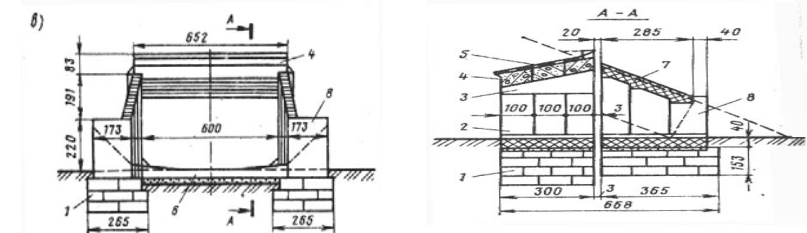
Наружный диаметр конического звена в 1,2 раза больше внутреннего диаметра цилиндрического звена трубы; при этом нижняя образующая внутренней поверхности звена горизонтальна. Конические звенья укладывают на железобетонные лекальные блоки, расположенные на фундаменте или гравийно-песчаной подушке в зависимости от вида и глубины промерзания грунта основания. Откосные стенки большого размера для уменьшения массы разделены вертикальным швом на две части. Откосные стенки ставят на железобетонные плиты, уложенные на щебеночную подготовку. Лоток между стенками бетонируют на месте на гравийно-песчаной подготовке.

Раструбные оголовки типовых прямоугольных железобетонных труб с повышенными входными звеньями имеют похожую конструкцию, рис.П.2.49.



▲Рис.П.2.49. Раструбный оголовок прямоугольной железобетонной трубы с повышенными входными звеньями (под автодорогу): а – фасад; б – разрез по оси I-I сверху; рис. из /41/

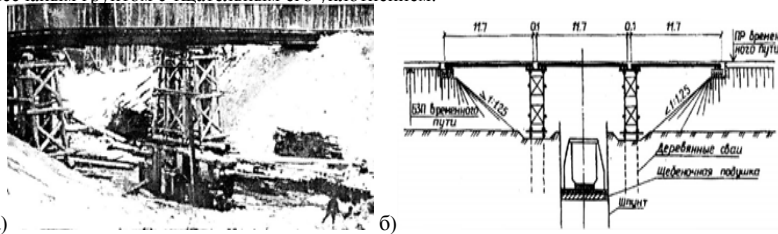
Для прямоугольных бетонных труб при больших отверстиях (4,0; 5,0; 6,0 м) целесообразно применять раструбные оголовки с раздельными фундаментами из бетонных блоков под откосные крылья. Вместо повышенного звена используют блоки плиты перекрытия, положенные наклонно, с подкладкой под них трапециевидного блока стены. Блоки откосных крыльев изготавливают из бетона и устанавливают на сборные бетонные блоки фундаментов. Для сокращения длины откосных крыльев (уменьшения объема бетонной кладки) используют обратные стенки.



▲Рис.П.2.50. Раструбный оголовок прямоугольной бетонной трубы с повышенным входным звеном: 1 – фундамент; 2 – бетонный стеновой блок; 3 – насадка; 4 – железобетонная плита перекрытия; 5 – гидроизоляция; 6 – бетонный лоток; 7 – многитная насадка; 8 – блок обратной стенки; рис. из /16/

Замечание. Прямоугольные бетонные трубы (ПБТ) пропускают большие расходы воды (например, двухчочковая прямоугольная бетонная труба отверстием $2 \times 6,0$ м с повышенным входным звеном и раструбным оголовком может пропустить при напоре $H = 4,0$ м расход $Q_{соор(возм)} = 152$ м³/с, см. прил.8) и, благодаря своей монолитной конструкции: массивным бетонным стенам (монолитным или сборным толщиной до 0,7 – 1,0 м и мощному фундаменту, применяются при высоте насыпи до 19,0 м (типичные, на естественном нескальном основании); а также на водотоках с наледями. Поэтому, вполне вероятно, что в курсовом проекте эти трубы найдут широкое применение. Однако, не следует забывать, что по трудоемкости сооружения из всех водопропускных труб ПБТ – самые сложные. Поэтому те места, где размещены ПБТ часто становятся барьерными, особенно, при строительстве пионерных железных дорог в отдаленных, малоосвоенных районах со слабым развитием транспортной сети.

Например, при строительстве железной дороги Тюмень-Сургут в таежно-болотистой местности на участке Туртас – Салым для обеспечения строительства проектных ПБТ и пропуска укладки на последующие участки при обходе барьерных мест сооружались временные мосты по пониженному профилю (объемлющие мосты), рис.П.2.51. Под такими мостами сооружались ИССО в капитальном исполнении. Пролетные строения временных мостов – пакеты из металлических двутавровых балок; промежуточные опоры сооружались в виде деревянных рам и шпальных клеток на свайных фундаментах; устои – из шпал обсыпного или диванного типов. Для обеспечения устойчивости промежуточных опор сооружение тела ПБТ производилось в первую очередь в средней части с последующей полойной засыпкой котлована и тела трубы с уплотнением грунта. После строительства ПБТ временные мосты разбирались, разрывы (прогалы) в теле земполотна засыпались песчаным грунтом с тщательным его уплотнением.



▲Рис.П.2.51. Временный объемлющий мост по профилю пониженных отметок на месте строительства ПБТ отв 3,0 м на 362-км линии Тюмень-Сургут: а – фото; б – схема; рис. из /3/

ПРИЛОЖЕНИЕ 3.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СВАЙНО-ЭСТАКАДНЫХ МОСТАХ

В приложении 3 приведены основные сведения о свайно-эстакадных (стоечно-эстакадных) мостах, рекомендуемых для применения на периодических водотоках при высоте насыпи от 2,0 до 8,0 м. В прил.3 использованы материалы работ /16/, /24/, /39/, /45/, /49/.

До 1941 г. мосты из железобетона, исключая пролетные строения малых пролетов и некоторые виды путепроводов, строили всецело на месте. Из каменной или бетонной кладки возводили монолитные опоры и тут же в пролете между опорами на подмостях в опалубке сооружали пролетные строения. При большом объеме строительства в послевоенный период резко возросла необходимость ускорения и удешевления работ, в частности, путем индустриализации - перехода к сборности мостов из типовых унифицированных частей, изготовленных заранее на заводе или полигоне, т.к. такие процессы: изготовления частей («деталей») мостов и их монтаж по оси мостового перехода можно было механизировать.

Сначала перешли к заводскому изготовлению железобетонных пролетных строений малых и средних пролетов, позднее появились сборные опоры и железобетонные мосты в целом. Освоение сборных конструкций, в первую очередь, для небольших пролетов объясняется их массивностью, а также тем, что для них части моста доступнее для перевозки в законченном виде.

Сборными называют мосты, у которых и пролетные строения, и опоры собирают на месте строительства из готовых элементов и крупных блоков. В таком виде сборные железобетонные мосты появились только к 1950 г.

Среди разнообразных видов сборных мостов (рамно-дисковые, рамно-блочные, крупноблочные мосты-трубы, свайно-эстакадные) наиболее удачной конструкцией обладают свайно-эстакадные, получившие из-за этого наибольшее распространение, рис.П.3.1 – П.3.3.

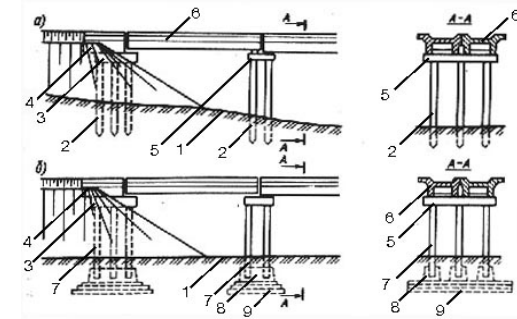
◀Рис.П.3.1.

Общий вид четырехпролетного железобетонного свайно-эстакадного моста; рис. из /39/



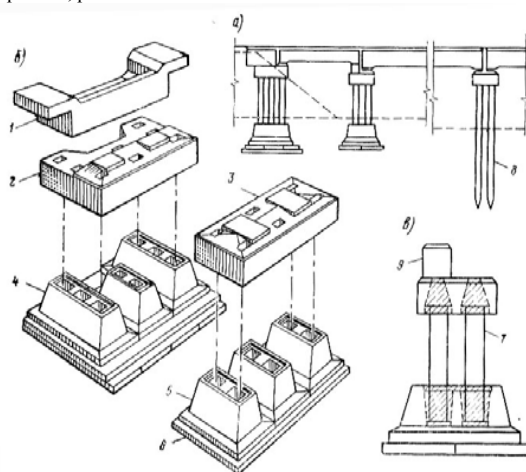
◀Рис.П.3.2.

Схемы сборных железобетонных мостов эстакадного типа: а – свайно-эстакадного; б – стоечно-эстакадного; 1- линия земли; 2 – свая; 3 – подферменник устоя; 4 – шкафный блок; 5 – подферменник быка; 6 – пролетное строение; 7 – стойка; 8 – стакан; 9 – фундаментная плита; рис. из /45/ (дополнен)



ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СВАЙНО-ЭСТАКАДНЫХ МОСТАХ

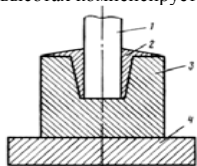
Свайно-эстакадные мосты состоят всего из пяти-шести типов элементов: свай (стойки, столбы); ростверки (насадки, подферменники); шкафные блоки устоев; пролетные строения, рис.П.3.3.



заделка стоек в плите и башмаке быка; 1 – шкафная часть устоя с крыльями; 2 – подферменник устоя; 3 – подферменник быка (плита-насадка); 4 – фундаментный башмак устоя; 5 – фундаментный башмак быка; 6 – фундаментные плиты; 7 – стойка; 8 – свая; 9 – переходный подферменник быка (при установке пролетных строений различной высоты); рис. из /39/

◀Рис.П.3.3. Основные части свайно-эстакадного моста: а – разбивка на пролеты; б – сборные части устоев и быков; в –

Верх устоя монтируют из двух блоков: шкафной части с крыльями и подферменника, который служит насадкой для заделки в ней верхних концов свай или стоек. В быке подферменная плита-насадка аналогична насадке устоя. В случае применения стоек вместо свай (когда грунты основания не допускают забивку сай) нижние концы стоек размещают в гнездах фундаментных башмаков (стаканов), поставленных на фундаментные плиты (фундамент на естественном основании), рис.П.3.4. Также заделывают в насадках и верхние концы свай после их забивки в грунт. Излишние по высоте верхние части забитых свай удаляют (бетон разбивают перфораторами, арматуру обрезают автогеном). При установке на быке пролетных строений различной длины (следовательно, различной высоты) разница в высотах компенсируется переходным подферменником.



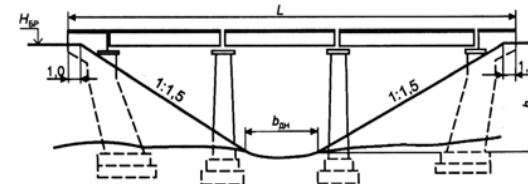
◀Рис.П.3.4. Схема фундамента стаканного типа (фундамент на естественном основании): 1 – стойка; 2 – бетон замоноличивания; 3 – стакан; 4 – фундаментная плита; рис. из /49/

Эстакадные мосты (свайно-, стоечно-, столбчато-эстакадные) ввиду малого числа типов элементов небольшой массы (блок пролетного строения – до 26 т; блок опор - до 10 т), а также простоты схемы, применимой для мостов различной длины (различного отверстия), удобны для заводского изготовления, не сложны в монтаже и при хорошем выполнении работ надежны в эксплуатации.

В отдельных случаях при наличии агрессивных грунтовых вод, при высотах насыпей свыше 8 м применяют монолитные бетонные опоры. Объем монолитной береговой опоры при высоте насыпи 4,0 м составляет 120 м³, тогда как объем сборной опоры свайно-

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СВАЙНО-ЭСТАКАДНЫХ МОСТАХ

эстакадного моста при той же высоте насыпи около 23 м³. Такие мосты балочно-разрезной схемы с типовыми железобетонными пролетными строениями с массивными опорами и обсыпными устоями также как и свайно-эстакадные имеют трапециевидную форму подмостового русла, рис.П.3.5.



◀Рис.П.3.5. Железобетонный мост с массивными опорами и обсыпными устоями: L_m – длина моста; h_n – высота насыпи; $H_{гр}$ – отметка бровки насыпи возле моста; $b_{дн}$ – ширина русла по дну; рис. из /21/

Свайно-эстакадные мосты вполне конкурентоспособны с трубами. Так при составлении проекта железной дороги Тюмень-Сургут первоначально основным типом водопропускных сооружений были водопропускные трубы /45/. Однако в ходе анализа было установлено преимущество свайно-эстакадных мостов для условий таежно-болотистой местности. В результате их применения трудоемкость работ была сокращена в 3 раза, отпала необходимость в разработке котлованов для фундаментов труб и выполнении больших объемов бетонной кладки. Высокая степень сборности конструкций мостов позволила зимой (в условиях Западной Сибири, в таежно-болотистой местности, на слабосточных марях) организовать их поточное строительство.

Комплекс работ по сооружению свайно-эстакадных мостов включает в себя соответствующие подготовительные работы, вибропогружение свай, установку ростверок и блоков устоев, монтаж блочных пролетных строений, гидроизоляционные и отделочные работы. Подготовительные работы по сооружению моста заключаются в разбивке и закреплении оси моста и опор, подготовке площадки для складирования сборных железобетонных элементов, доставке на строительную площадку сборных конструкций, материалов, инструмента и приспособлений. Работы по сооружению опор ведут в два этапа: I этап – погружение свай и установка насадок в проектное положение с опиранием их на хомуты; II этап – омоноличивание стыков насадок со сваями. Способ погружения свай на проектную глубину выбирают в зависимости от свойств грунта, заглубления и применяемого оборудования (с подмывом или без подмыва водой): забивка молотом; забивка вибромолотом; заглубление вибропогружателями. Для установки и фиксирования в проектном положении погружаемых свай (оболочек) применяют направляющие устройства разных типов: копры, навесное копровое оборудование, каркасы, кондукторы, см. /49/.

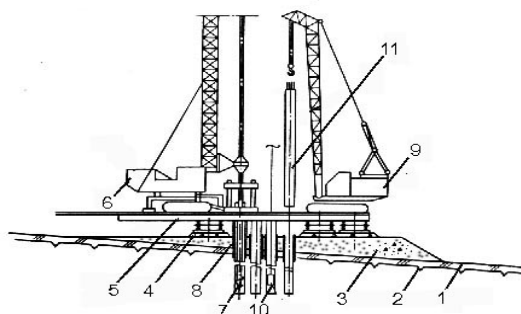
В районах распространения вечной мерзлоты, а также при грунтах основания недопускающих забивку свай (скальные грунты) могут применяться столбчатые фундаменты (опускные столбы; сборные столбы из сплошных блоков или оболочек; буронабивные столбы), рис.П.3.6. При помощи буровой машины, располагаемой на металлических подмостях, производят бурение скважин. Бурение ведут под защитой обсадных труб. Для обеспечения работы передвижного бурового агрегата устраивают балочную клетку. Для выравнивания дна забоя в скважину бадей подают щебень и песчано-цементный раствор. Затем краном устанавливают железобетонный столб. После этого бетонируют монолитную плиту ростверка.

Свайно-эстакадные мосты могут применяться не только на периодических, но и на постоянных малых водотоках с толщиной льда до 0,3 м при условии расположения промежуточных опор вне межженного русла реки, с обязательной фиксацией русла соответствующим укреплением и при отсутствии ледохода.

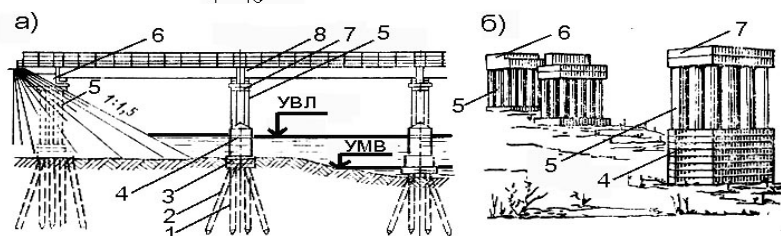
При сложных инженерно-геологических и гидрологических условиях принимают следующие меры: увеличивают число свай и добавляют наклонные сваи; низ стоек опор над ростверком, в котором заделаны концы свай, дополнительно усиливают плитами-насадками. Плиты-насадки имеют сквозные отверстия и размещаются одна на другой до уровня

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СВАЙНО-ЭСТАКАДНЫХ МОСТАХ

высокого ледохода и защищают стойки опор от воздействия ледохода, рис.П.3.7. Такой мост по своей стоимости значительно превосходит типовой свайно-эстакадный мост.



▲Рис.П.3.6. Технологическая схема погружения железобетонных столбов: 1 – поверхность земли; 2 – граница вечномёрзлых грунтов; 3 – планировка площадки из дренирующего грунта; 4 – балочная клетка; 5 – металлические подмости; 6 – передвижной буровой агрегат; 7 – шнековый буровой снаряд; 8 – обсадная труба; 9 – кран; 10 – бадей; 11 – столб; рис. из /45/ (переработан)



▲Рис.П.3.7. Свайно-эстакадный мост на постоянном водотоке в сложных условиях: а – фрагмент схемы моста; б – внешний вид смонтированных опор (без пролетных строений); 1 – вертикальная свая; 2 – наклонная свая; 3 – свайный ростверк – насадка; 4 – плиты-насадки; 5 – стойки опоры; 6 – шкафный блок устоя; 7 – ригель – насадка промежуточной опоры; 8 – пролетное строение; рис. из /39/ (дополнен)

В курсовом проекте свайно-эстакадные мосты размещаются на периодических водотоках без ледоходов.

Типовой проект сборных железобетонных мостов (свайно-эстакадных, стоечно-эстакадных, столбчато-эстакадных) с пролетными строениями от 6,0 до 16,5 м при высоте насыпи от 2,0 до 8,0 м под железную дорогу нормальной колеи разработан в 1974 г. Ленгипротрансмостом (общий № 501-2-259; инвентарный №708).

В типовом проекте предусмотрены следующие 10 схем разбивки на пролеты:

I – $n \times 6,0$; II – $n \times 9,3$; III – $n \times 11,5$; IV – $9,3 + m \times 13,5 + 9,3$; V – $11,5 + m \times 16,5 + 11,5$;
 VI – $6,0 + m \times 9,3 + 6,0$; VII – $6,0 + m \times 11,5 + 6,0$; VIII – $6,0 + m \times 13,5 + 6,0$;
 IX – $6,0 + m \times 16,5 + 6,0$; X – $9,3 + m \times 16,5 + 9,3$.

В обозначении схем n – общее число пролетов; m – число внутренних пролетов.

Железобетонные пролетные строения при длине 6,0 м применяют плитные двухблочные из обычного железобетона с нормальной строительной высотой. При длине свыше 6,0 м применяются ребристые двухблочные из обычного железобетона с нормальной строительной высотой. Все пролетные строения с ездой поверху на балласте.

Для свайно-эстакадных мостов применяют железобетонные сваи сплошные квадратного сечения 35×35 см длиной от 6 до 16 м или 40×40 см длиной от 8 до 18 м.

В проекте предусмотрено укрепление конусов моста монолитными бетонными плитами, а русел – монолитными или сборными железобетонными плитами. По сейсмическим условиям применение данного типового проекта ограничено сейсмичностью не более 6 баллов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СВАЙНО-ЭСТАКАДНЫХ МОСТАХ

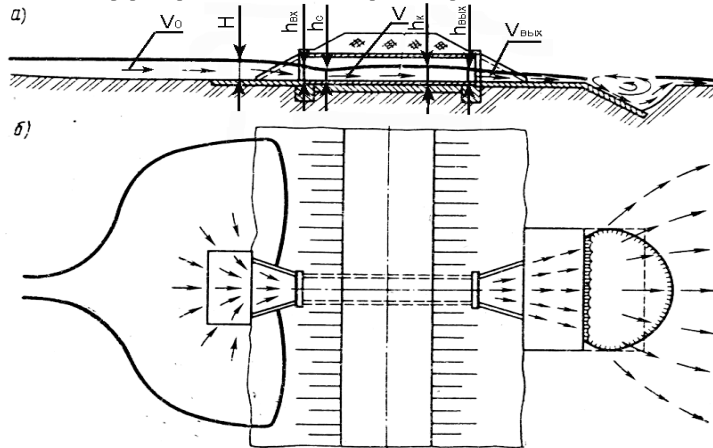
В курсовом проекте рекомендуются для применения на периодических водотоках пять первых схем свайно-эстакадных мостов, прил.9.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4.

ВОДОПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ТРУБ И МОСТОВ

В приложении 4 приведены основные сведения о гидравлической работе труб и мостов с укрепленным подмостовым руслом. Даны пояснения о возможных режимах работы труб и рекомендации по подбору труб с учетом режимов их работы. Используются материалы работ /4/, /8/, /10/, /15/.

Для уменьшения стоимости водопропускного сооружения его отверстию придают, как правило меньшую площадь сечения по сравнению с живым сечением водотока в естественном состоянии, в связи с чем сооружение и насыпи на подходах к нему нарушают естественный режим водотока. Поэтому в процессе стока, начиная с определенного момента, расход притока воды будет больше расхода, который может пропустить сооружение. Это приводит к аккумуляции перед сооружением части объема притекающей воды – создается временный водоем. В результате увеличивается глубина воды перед сооружением (напор), что приводит к возрастанию скорости потока в сооружении и увеличению его водопропускной способности. При этом на входе в сооружение поток изменяет форму и площадь живого сечения (претерпевает сжатие), вследствие чего изменяется форма кривой свободной поверхности, рис.П.4.1.



▲Рис.П.4.1. Схема протекания потока через водопропускную трубу: а – продольный профиль водотока по ложу; б – план; V_0 – скорость потока перед водосливом (сооружением) на участке, где происходит плавно изменяющееся движение (примерно на расстоянии $2H$ от сооружения); V – скорость воды в трубе; $V_{вых}$ – скорость воды на выходе из трубы; H – напор (геометрический напор истечения, т.е. возвышение уровня воды перед водосливом над порогом, другими словами – подпертая глубина воды перед сооружением); $h_{вх}$ – глубина воды на входе в трубу; h_c – глубина в сжатом сечении; h_k – критическая глубина; $h_{вых}$ – глубина на выходе из трубы; рис. из /15/(дополнен)

При выходе из ИССО на укрепленный участок русла поток, находясь в бурном состоянии, растекается, а затем, при сходе с укрепления в естественный лог, образует

воронку размыва. При этом поток переходит в спокойное состояние при помощи гидравлического прыжка. Размывающая способность потока резко снижается, и он спокойно вытекает из воронки размыва, являющейся естественным гасителем энергии потока. Для защиты от размыва концевую часть укрепления устраивают в виде заглубленного на глубину размыва предохранительного откоса или вертикальной стенки, см. рис. П.4.1.

Характер протекания потока и водопропускная способность ИССО зависят не только от величины отверстия и типа сооружения, но и от особенностей всего водопропускного тракта, который кроме самого ИССО включает участки подхода и выхода (верхний и нижний бьефы), а также участки сопряжений (сопряжение верхнего бьефа с ИССО и сопряжение нижнего бьефа с ИССО).

Гидравлический расчет водопропускных сооружений представляет сложную задачу, при решении которой необходимо учитывать переменные во времени режимы работы ИССО и периодического водотока. В результате гидравлических расчетов должны быть установлены следующие параметры: напор H , м; глубина воды на входе $h_{вх}$, м; глубина воды на выходе $h_{вых}$, м; выходящая скорость воды $v_{вых}$, м/с; глубина размыва за укреплением.

Для выбора типа и отверстия ИССО необходимо знать его возможную водопропускную способность, т.е. расход $Q_{соор(возм)}$, м³/с, который может пропустить сооружение (при фиксированном значении величины отверстия) в зависимости от напора воды перед ним $Q_{соор(возм)} = f(H)$.

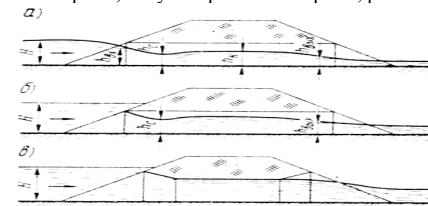
Расчеты малых ИССО основываются на решении уравнения энергии потока (уравнение Д.Бернулли). При этом предполагается отсутствие размыва русла в сооружении, что отличает гидравлический расчет труб и мостов (малых и средних мостов, сооружаемых на периодических водотоках с устройством укрепления русла и конусов) от расчета больших мостов через постоянные водотоки, где допускается предусматривать размыв мостового русла. В основу гидравлического расчета положена теория водослива с широким порогом, которая подробно рассматривается в курсе гидравлики.

В курсовом проекте гидравлический расчет ИССО не выполняется. Для поперечного водотока на периодических водотоках подбираются типовые ИССО, для которых построены графики возможной водопропускной способности сооружения $Q_{соор(возм)} = f(H)$ – зависимости значений расхода воды, который может пропустить сооружение (труба или мост), от значений напора воды перед ним, прил.5 – 10.

Подпертая глубина воды перед сооружением H (напор) определяет: площадь, затопливаемую временным водоемом, и объем воды, аккумулируемой перед сооружением, а в отдельных случаях может влиять на положение проектной линии продольного профиля трассы в пределах границ разлива подпертой воды.

Строго говоря, полный напор истечения определяется по формуле: $H_0 = H + \alpha \cdot v_0^2 / 2g$, где H – геометрический напор истечения, который, пренебрегая глубиной воды в нижнем бьефе, принимают равным подпертой глубине воды перед сооружением; $\alpha \cdot v_0^2 / 2g$ – скоростной напор, где α – коэффициент кинетической энергии (коэффициент Кориолиса), принимают равным $\alpha=1,1$; v_0 – скорость потока перед водосливом, м/с; см. рис. П.11.1. Обычно в расчете ИССО при скоростях $v_0 < 0,5$ м/с скоростным напором пренебрегают и принимают $H_0 = H$, см. /8, с.118-119/.

В зависимости от режима протекания воды равнинные трубы ($i_m < 20 \text{ ‰}$) делятся на безнапорные, полунапорные и напорные, рис.П.4.2.



▲Рис.П.4.2. Режимы работы равнинных труб: а – безнапорный; б – полунапорный; в – напорный; H – напор; $h_{вх}$ – глубина воды на входе в трубу; h_c – глубина в сжатом сечении; h_k – критическая глубина; $h_{вых}$ – глубина на выходе из трубы; рис. из /15/

Безнапорный режим – входное сечение не затоплено и на протяжении всей трубы поток имеет свободную поверхность; *полунапорный* – входное сечение затоплено, но на всем остальном протяжении трубы поток имеет свободную поверхность; *напорный* – входное сечение затоплено и на большем протяжении труба работает полным сечением.

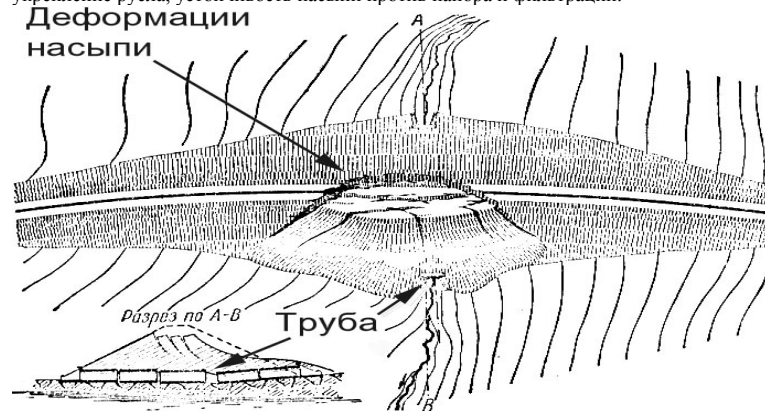
Если $i_m > 20\%$, то трубу считают *косоугольной*, особенности гидравлического расчета таких труб приведены в /4/. В курсовом проекте косоугольные трубы не рассчитываются. Гидравлический расчет косоугольной трубы может быть задан в качестве элемента УИРС.

Условие затопления входного сечения трубы и соответственно ее режим работы устанавливают расчетом /4/. Приблизительно считают, что переход от безнапорного режима к полунапорному или напорному наблюдается при отношении $H / h_t = 1,10 \div 1,15$ для всех типов оголовков, кроме воротничкового $H / h_t = 1,20$ и коридорного $H / h_t = 1,30$, где H – напор, м; h_t – высота трубы в свету, м.

В прямоугольных трубах, имеющих необтекаемые оголовки, даже при значительной величине H / h_t устойчивого напорного режима получить не удастся, поскольку перед входным сечением образуется воронка, через нее в трубу прорывается воздух, труба полностью не заряжается и работает в полунапорном режиме. В круглых трубах с раструбными оголовками и коническими звеньями область полунапорного режима невелика и практически считают, что при увеличении H после безнапорного режима труба начинает работать сразу в напорном режиме.

При полунапорном и особенно напорном режимах трубы и насыпи на подходах к ним работают в более напряженных условиях, в связи с чем возникают дополнительные трудности в эксплуатации сооружений. *Наиболее неблагоприятными являются переход от полунапорного к напорному режиму и неустойчивый напорный режим*, при котором в трубе возникает давление, причем меньше атмосферного. В этих случаях возможен вынос грунта из тела земляного полотна через швы и трещины в трубе с последующей потерей несущей способности насыпи, рис. П.4.3.

Поэтому *напорный режим работы труб не допускается даже при пропуске максимальных расходов*. Полунапорный режим допускается при пропуске максимальных расходов /1, п.8.7/. При этом трубы должны иметь фундаменты (под оголовками и звеньями), при необходимости предусматривают противофильтрационные экраны, устойчивое основание, достаточную высоту насыпи. Также необходимо обеспечить водонепроницаемость швов между торцами звеньев и секциями фундаментов, надежное укрепление русла, устойчивость насыпи против напора и фильтрации.



▲ Рис. П.4.3. Деформации насыпи вследствие деформации секций водопропускной трубы; рис. из /10/ (дополнен)

Наиболее безопасным является безнапорный режим работы трубы с обеспечением требуемого возвышения высшей точки внутренней поверхности трубы над поверхностью воды в трубе, при котором возможно проплывание через трубу некрупных предметов. При полунапорном и особенно напорном режимах трубы, конечно, пропускают гораздо больший расход, но, как было сказано выше – это очень дорогой выигрыш, т.к. возможны нарушения основных требований, которые необходимо выполнить при проектировании железной дороги – *требований безопасности, плавности и бесперебойности движения поездов*.

На графиках водопропускной способности труб, прил.5 – 8 линия со штриховкой *вверху* соответствует напору H , м, при котором происходит переход от безнапорного режима протекания воды к полунапорному.

Линия со штриховкой *внизу* соответствует наибольшим значениям H , при которых обеспечивается необходимый просвет между уровнем воды и высшей точкой внутренней поверхности трубы.

Для выбора типа укрепления выходного русла на графиках возможной водопропускной способности труб, прил.5 – 8, указаны значения $v_{вых}$, м/с, в зависимости от напора H .

Шкалы расходов для двухочковых труб обозначены $2 \cdot Q_{соор(возм)}$, для трехочковых труб – $3 \cdot Q_{соор(возм)}$.

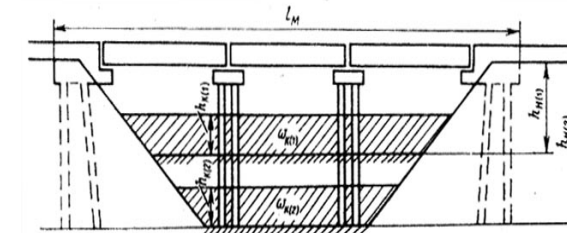
Гидравлический расчет малых мостов аналогичен расчету прямоугольных труб при безнапорном режиме. В зависимости от уровня воды в нижнем бьефе выделяют мосты с *незатопленным* подмостовым руслом и мосты с *затопленным* подмостовым руслом /15, рис.9.15, с.223/.

Глубину потока во входном сечении моста $h_{вх}$, м, по которой следует проверять достаточность возвышения низа пролетного строения моста, приблизительно можно определить по формуле $h_{вх} = 0,85 \cdot H$, из /15, с.226/.

На железных дорогах России *преобладают мосты с незатопленным руслом*. Применительно к этому случаю для малых и средних мостов с типовыми пролетными строениями *заранее построены графики возможной водопропускной способности*.

В свайно-эстакадных (стоечно-эстакадных, столбчато-эстакадных) мостах с обсыпными устоями, имеющих трапецидальное русло, при фиксированной схеме моста расход, пропускаемый сооружением *зависит не только от напора, но и высоты насыпи*, рис.П.4.4.

При разных высотах насыпи h_n , но одинаковом напоре H (одинаковых критических глубинах h_k) площадь живого сечения потока под мостом ω_k будет больше при меньшей высоте насыпи $h_{n(1)}$, а скорости течения примерно одинаковыми. Следовательно, при одной и той же схеме моста и одинаковом напоре водопропускная способность при $h_{n(1)}$ будет выше, чем при $h_{n(2)}$. Поэтому зависимости $Q_{соор(возм)} = f(H)$ для свайно-эстакадных мостов рассчитаны при различной высоте насыпи и приведены в прил.9, на рис. П.9.1 – П.9.10 (из работы /24/).



◀ Рис. П.4.4. Живое сечение потока под мостом с трапецидальной формой русла; рис. из /15/

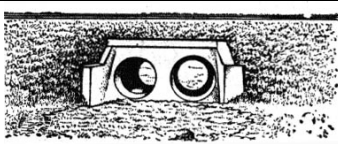
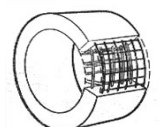

По условию не превышения более чем на 20% скорости течения воды на выходе из-под моста для принятого типа укрепления русла (в проекте принято укрепление сборными бетонными плитами, $v_{вых(доп)} = 4,5$ м/с) максимальная величина напора принята $H_{max} = 3,0$ м

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. КРУГЛЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ТРУБЫ

- для свайно-эстакадных мостов, см. прил.9, и железобетонных мостов с массивными опорами и обсыпными устоями, см. прил.10.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5.

КРУГЛЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ТРУБЫ С РАСТРУБНЫМИ
ОГОЛОВКАМИ И КОНИЧЕСКИМИ ВХОДНЫМ И ВЫХОДНЫМ
ЗВЕНЬЯМИ ПОД ЖЕЛЕЗНУЮ ДОРОГУ (СЕРИЯ 3.501.1-144, ИНВ. № 1313)

Внешний вид; продольные и поперечные сечения; тип оголовка	Отверстие трубы $b = D$, м	Высота трубы H_m , м	Толщина свода трубы δ , м	Высота повышенного (конического) входного звена $H_{вх}$, м	Минимально допустимая по первому конструктивному требованию высота насыпи $H_{н(мин)-констр}$, м	Максимальная высота насыпи $H_{н(max)-констр}$, м	
						на естественном основании	на свайном или скальном основании
 Двухочковая круглая железобетонная труба с раструбным оголовком	1,00	1,00	0,10	1,20	1,50	6,00	5,50
 Звено круглой железобетонной трубы	1,25	1,25	0,12	1,50	1,77	19,00	16,50
 Одноочковая круглая железобетонная труба с раструбным оголовком перед засыпкой (на ж.-д. линии Тюмень-Сургут, фото из /3/)	1,50	1,50	0,14	1,80	2,04	19,00	16,50
	2,00	2,00	0,16	2,40	2,56	19,00	16,50

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. КРУГЛЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ТРУБЫ

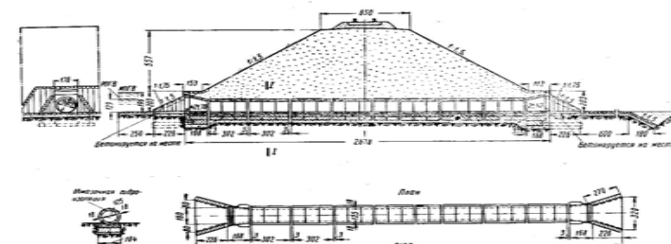
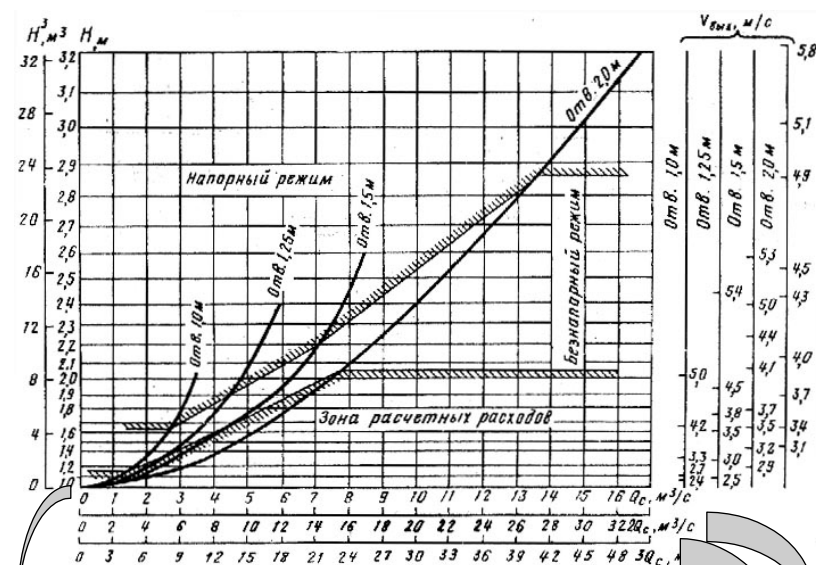


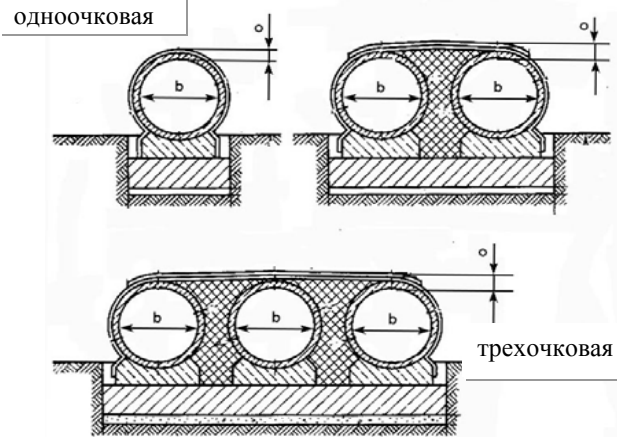
Рис. XVII.25. Пример круглой трубы под железную дорогу

Одноочковая круглая железобетонная труба с раструбными оголовками и коническими входным и выходным звеньями под насыпью однопутной железной дороги; на естественном основании



ДВУХОЧКОВАЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. КРУГЛЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ТРУБЫ



▲ Рис. П.5.1. Графики возможных водопропускных способностей круглых железобетонных труб (одно-, двух- и трехочковых) с раструбными оголовками и коническими входными и выходными звеньями $Q_{соор(возм)} = f(H)$; $b = D$ – отверстие круглой трубы равно ее внутреннему диаметру, м; δ – толщина свода трубы, м

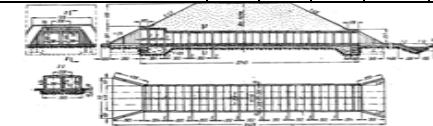
ПРИЛОЖЕНИЕ 6.

ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ТРУБЫ С РАСТРУБНЫМИ ОГОЛОВКАМИ (СЕРИЯ 3.501-104, ИНВ.№1072)

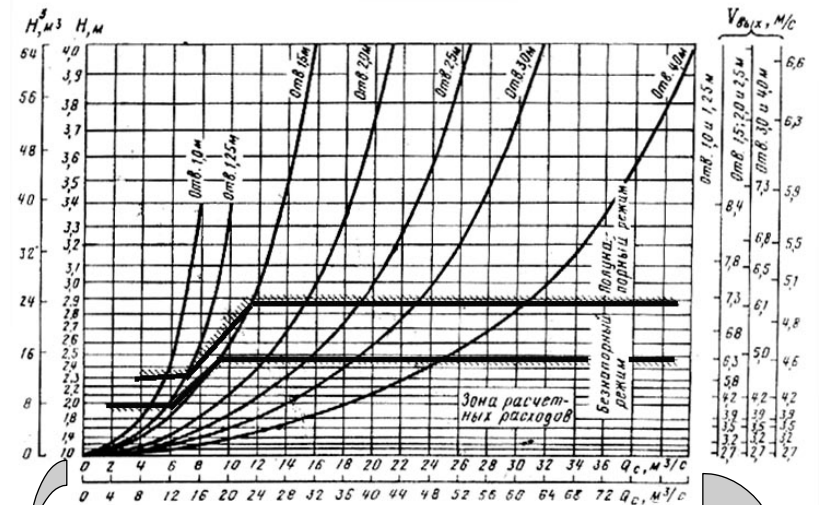
Внешний вид; продольные и поперечные сечения; тип оголовка		Отверстие трубы b , м	Высота трубы H_1 , м	Толщина свода трубы δ , м	Высота повышенного входного звена $H_{в.к}$, м	Минимально допустимая по первому конструктивному требованию высота насыпи $H_{мин(констр)}$, м	Максимальная высота насыпи	$H_{д(max)}$ - констр., м	на естественном основании	на свайном или скальном основании

ПРИЛОЖЕНИЕ 6. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ТРУБЫ

	1,00	1,50	0,11	2,00	2,51	7,00*	7,00*
	Звено прямоугольной железобетонной трубы						
	1,25	1,50	0,13	2,00	2,53	19,00	16,00
	Фрагмент двухочковой прямоугольной железобетонной трубы с раструбным оголовком: а – продольный разрез со стороны входного оголовка; б – фасад раструбного оголовка; в – поперечное сечение двухочковой трубы						
1,50	2,00	0,15	2,50	3,05	19,00	16,00	
2,00	2,00	0,17	2,50	3,07	19,00	16,00	
2,50	2,00	0,20	2,50	3,10	19,00	16,00	
3,00	2,50	0,29	3,00	3,19	19,00	17,00	
4,00	2,50	0,30	4,00	3,20	19,00	18,00	



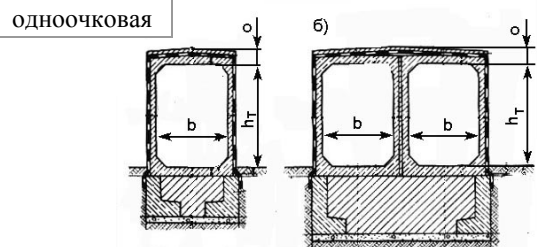
Двухочковая прямоугольная железобетонная труба с раструбными оголовками, повышенными звеньями на входе и нормальными на выходе



ДВУХОЧКОВАЯ

* Для прямоугольных труб отверстием 1,0 м ограничением является высота насыпи, рассчитанная по условию $L_{тр} \leq 20$ м, исходя из возможности очистки и осмотра трубы /1, п.8.8/.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ТРУБЫ



▲ Рис.П.6.1. Графики возможных водопротускных способностей прямоугольных железобетонных труб (одно- и двухчочковых) с раструбными оголовками и повышенными (или нормальными – в зависимости от величины отверстия) звеньями на входе и нормальными звеньями на выходе $Q_{соор(возм)} = f(H)$; b – отверстие трубы, м (ширина трубы в свету); $h_т$ – высота трубы в свету, м; $δ$ – толщина свода трубы, м

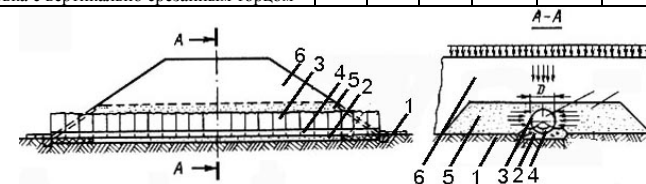
ПРИЛОЖЕНИЕ 7.

КРУГЛЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ГОФРИРОВАННЫЕ ТРУБЫ БЕЗ ОГОЛОВКОВ С ВЕРТИКАЛЬНО СРЕЗАННЫМ ТОРЦОМ (СЕРИЯ 3.501.3-133)

Внешний вид; продольные и поперечные сечения; тип оголовка	Отверстие трубы $b = D$, м	Высота трубы $H_{нр}$ = D , м	Толщина свода трубы (толщина)	Высота повышенного (обыкновенного)	Минимально допустимая по	Максимальная высота насыпи $H_{н(макс)-констр}$, м, при модуле деформации грунта обсыпки тела трубы E , МПа

ПРИЛОЖЕНИЕ 7. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ГОФРИРОВАННЫЕ ТРУБЫ

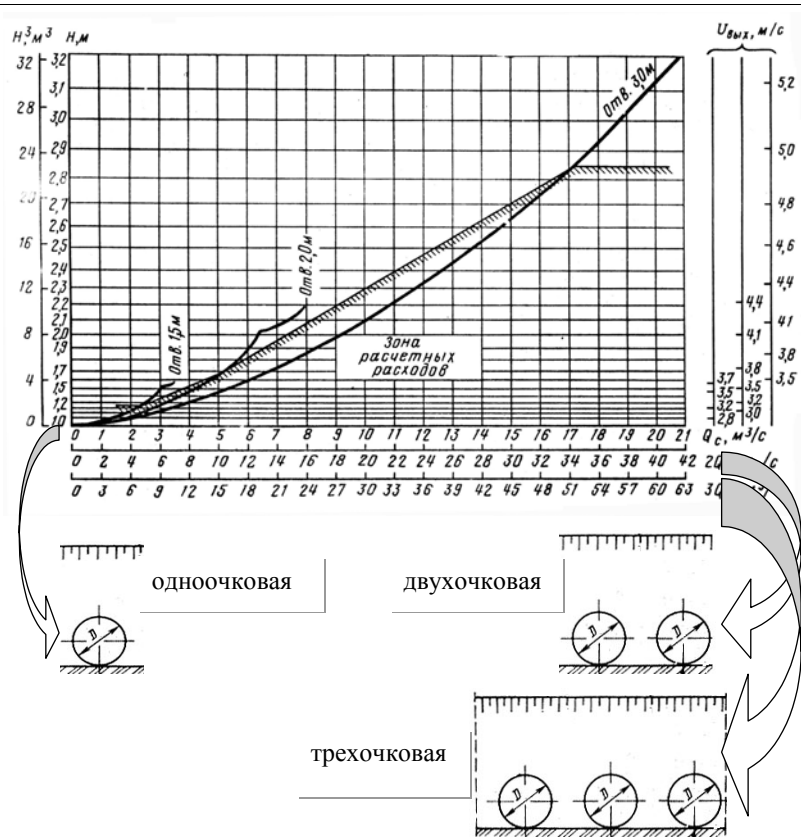
 Общий вид входной части двухчочковой металлической гофрированной трубы без оголовка с вертикально срезанным торцом (фото из /50/						при $E \geq 15$ МПа	при $E \geq 30$ МПа
	1,50	1,50	0,05	1,50	2,15	7,40	10,70
 Сборка металлической гофрированной трубы из стандартных листов (фото из /50/)	2,00	2,00	0,05	2,00	2,65	4,50	7,60
	3,00	3,00	0,05	3,00	3,65	-	4,70*
 Металлическая гофрированная труба без оголовка с вертикально срезанным торцом							



Металлическая гофрированная труба в теле насыпи: 1 – поверхность грунта основания; 2 – гравийно-песчаная подушка; 3 – труба; 4 – асфальтобетонный лоток; 5 – грунтовая призма обсыпки; 6 – грунты тела насыпи; D – диаметр (отверстие трубы); $\downarrow\downarrow\downarrow$ - действие нагрузки на тело трубы

* Металлические гофрированные трубы отверстием (диаметром) 3,00 м применяются в опытно порядке при модуле деформации грунта обсыпки $E \geq 35$ МПа.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ГОФРИРОВАННЫЕ ТРУБЫ



▲ Рис. П.7.1. Графики водопропускных способностей металлических (одно-, двух- и трехочковых) безоголовочных (с вертикально срезанным торцом) труб $Q_{с(гор)} = f(H)$; D – внутренний диаметр (отверстие) трубы, м

ПРИЛОЖЕНИЕ 8. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ БЕТОННЫЕ ТРУБЫ

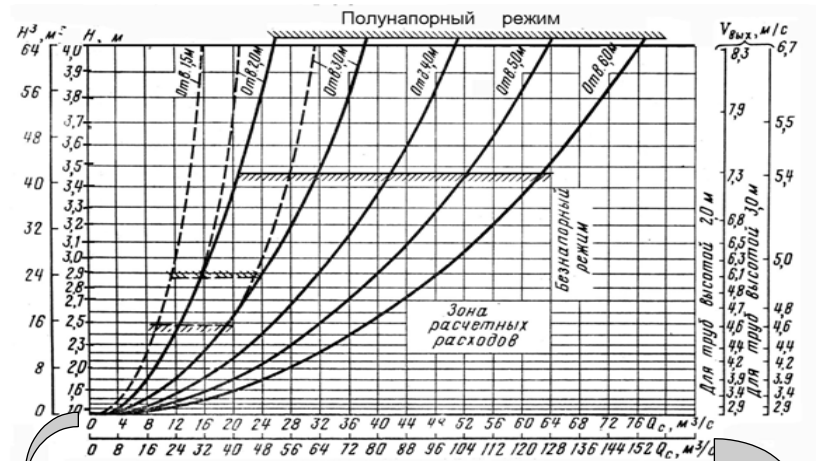
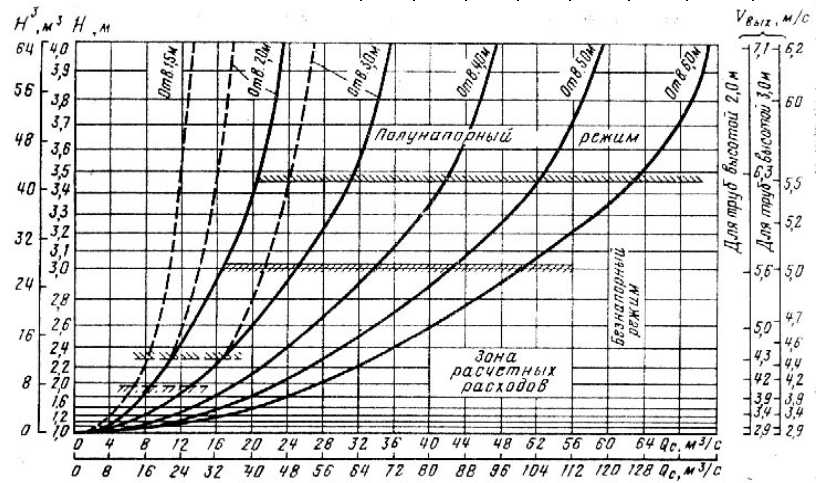
ПРИЛОЖЕНИЕ 8.

ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ БЕТОННЫЕ ТРУБЫ С РАСТРУБНЫМИ ОГОЛОВКАМИ
(СЕРИЯ 3.501-107, ИНВ. № 1130)

Внешний вид; продольные и поперечные сечения; тип оголовка	Отверстие трубы b , м	Высота трубы h_m , м	Толщина свода трубы δ , м	Высота повышенного входного звена $h_{вх}$, м	Минимальная допустимая по конструктивному требованию высота насыпи h_n (min)-констр., м		Максимальная высота насыпи h_n (max)-констр., м	
					для труб с нормальными входными звеньями	для труб с повышенными входными звеньями	на естественном основании	на свайном или скальном основании
<p>Двухочковая прямоугольная бетонная труба с раструбным оголовком и повышенным входным звеном: а – продольный разрез (фрагмент); б – фасад раструбного оголовка; в – поперечное сечение трубы</p>	1,50	2,00	0,20	2,50	2,60	3,10	19,00	16,00
	2,00	2,00	0,23	2,50	2,63	3,13	19,00	16,00
	3,00	2,00	0,32	2,50	2,72	3,22	19,00	16,00
<p>Раструбный оголовок одноочковой бетонной трубы с повышенным входным звеном</p>	2,00	3,00	0,23	3,50	3,63	4,13	19,00	17,00
	3,00	3,00	0,32	3,50	3,72	4,22	19,00	17,00
	4,00	3,00	0,38	3,50	3,78	4,28	19,00	18,00
	5,00	3,00	0,46	3,50	3,86	4,36	19,00	18,00

ПРИЛОЖЕНИЕ 8. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ БЕТОННЫЕ ТРУБЫ

звенем: 1 – фундамент; 2 – бетонный стеновой блок; 3 – насадка; 4 – железобетонная плита покрытия; 5 – гидроизоляция; 6 – лоток; 7 – монолитная насадка; 8 – блок обратной (откосной) стенки	6,00	3,00	0,53	3,50	3,93	4,43	19,00	18,00
--	------	------	------	------	------	------	-------	-------



одночочковая

ПРИЛОЖЕНИЕ 8. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ БЕТОННЫЕ ТРУБЫ

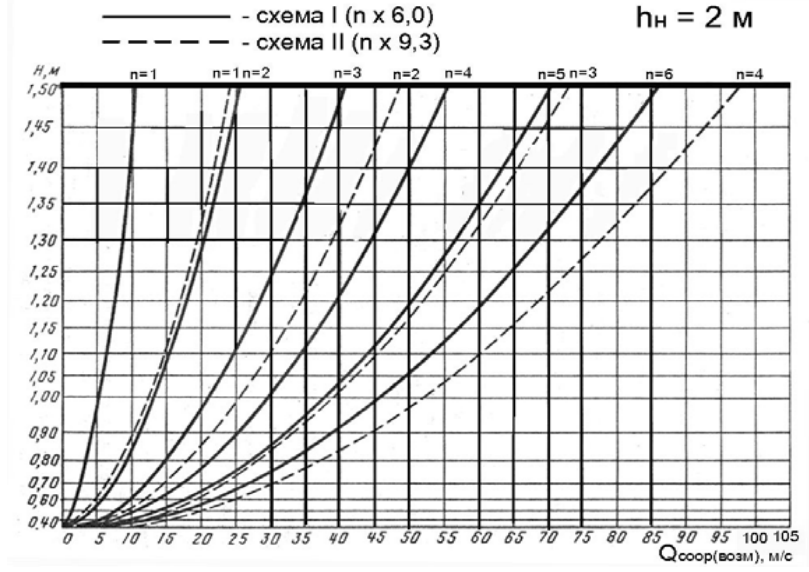
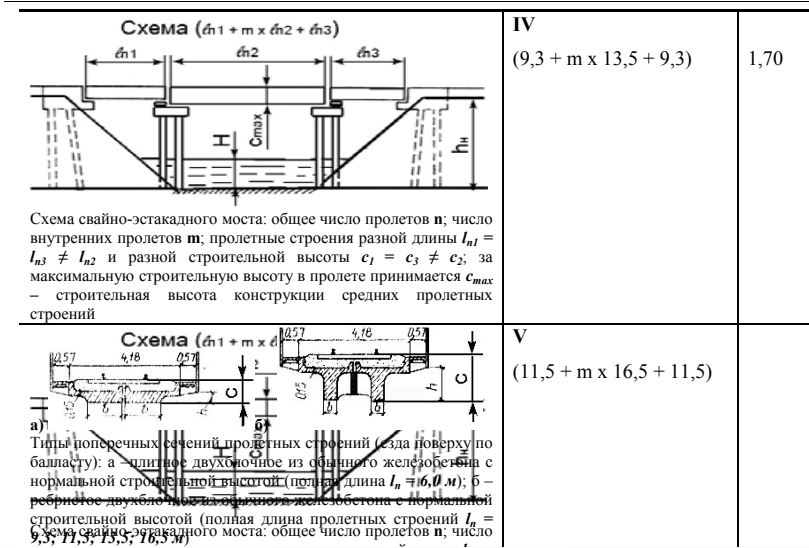


▲Рис.П.8.1. Графики водопропускных способностей прямоугольных бетонных труб (одно- и двухчочковых) с раструбными оголовками $Q_{\text{соор(возм)}} = f(H)$; a – с нормальными входными звеньями; b – с повышенными входными звеньями; пунктир – при высоте трубы $h_t = 2,0$ м; сплошная линия – при высоте трубы $h_t = 3,0$ м; b – отверстие трубы (ширина в свету), м

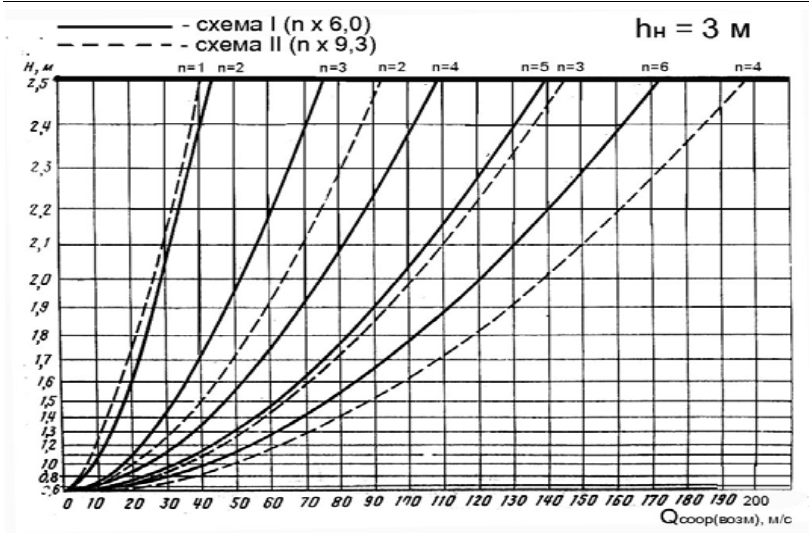
ПРИЛОЖЕНИЕ 9.

СВАЙНО-ЭСТАКАДНЫЕ МОСТЫ С ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ ПРОЛЕТНЫМИ СТРОЕНИЯМИ ДЛИНОЙ ОТ 6,0 ДО 16,5 М ПРИ ВЫСОТЕ НАСЫПИ ОТ 2,0 ДО 8,0 М ПОД ЖЕЛЕЗНУЮ ДОРОГУ НОРМАЛЬНОЙ КОЛЕИ (СЕРИЯ 501-2-259; ИНВ. № 708)

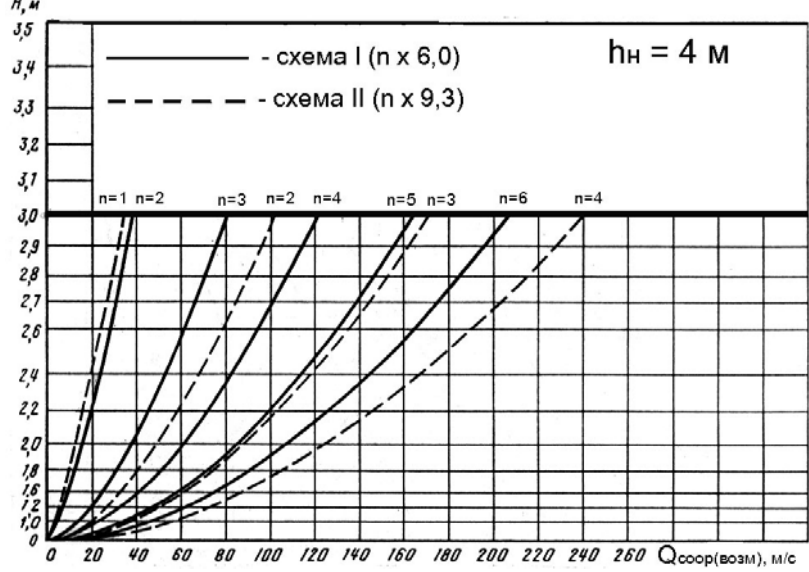
Внешний вид моста; схематическое изображение схем с пролетными строениями одинаковой и разной длины; типы поперечных сечений пролетных строений	Схема моста	Максимальная строительная высота конструкции в пролете, С _{max} , м
 Четырехпролетный свайно-эстакадный мост		
Схема $(n \times l_n) = (3 \times l_n)$	I (n x 6,0)	0,95
	II (n x 9,3)	1,40
Схема свайно-эстакадного моста: общее число пролетов n ; пролетные строения одинаковой длины $l_{n1} = l_{n2} = l_{n3}$ и одинаковой строительной высоты $c_1 = c_2 = c_3$, которая и принимается за максимальную строительную высоту в пролете c_{max} ; h_n – средняя высота насыпи возле устоев моста; H – напор воды	III (n x 11,5)	1,55
	IV (9,3 + m x 13,5 + 9,3)	1,70



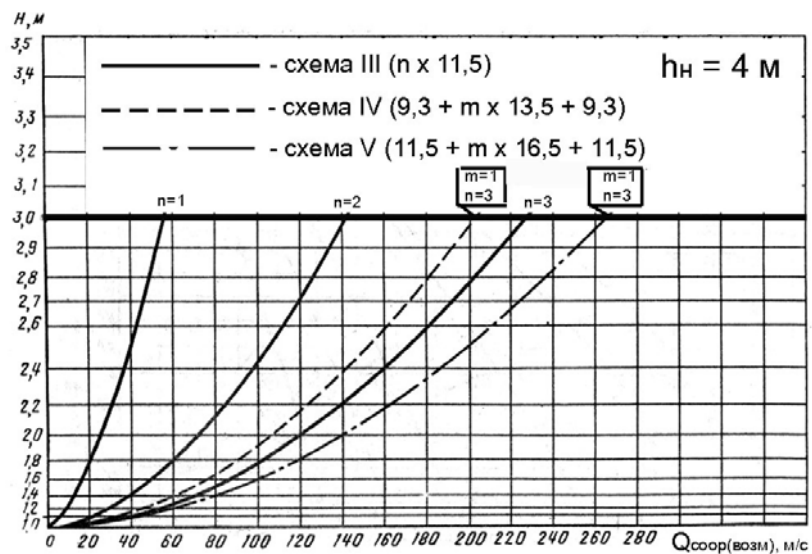
▲ Рис. П.9.1. Графики возможных водопропускных способностей $Q_{соор(возм)} = f(H)$; свайно-эстакадных мостов при средней высоте насыпи возле устоев $h_n = 2$ м



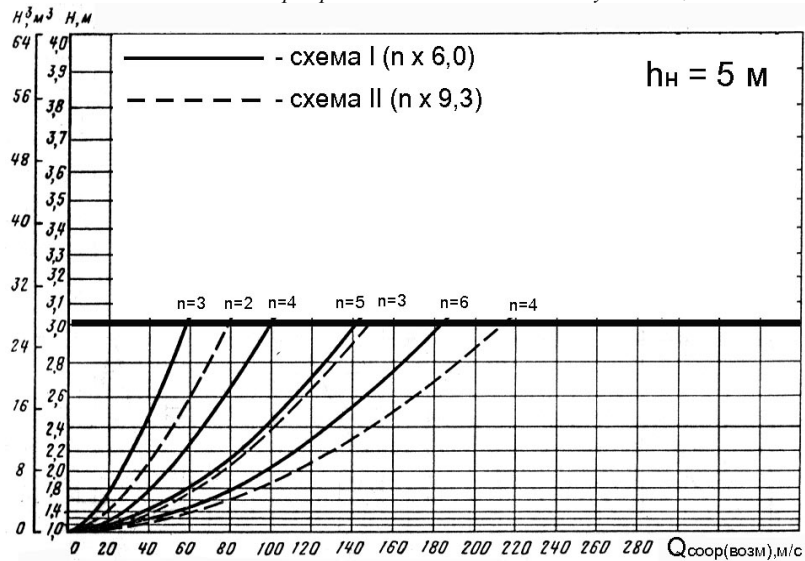
▲ Рис. П.9.2. Графики возможных водопропускных способностей $Q_{соор(возм)} = f(H)$; свайно-эстакадных мостов при средней высоте насыпи возле устоев $h_n = 3$ м



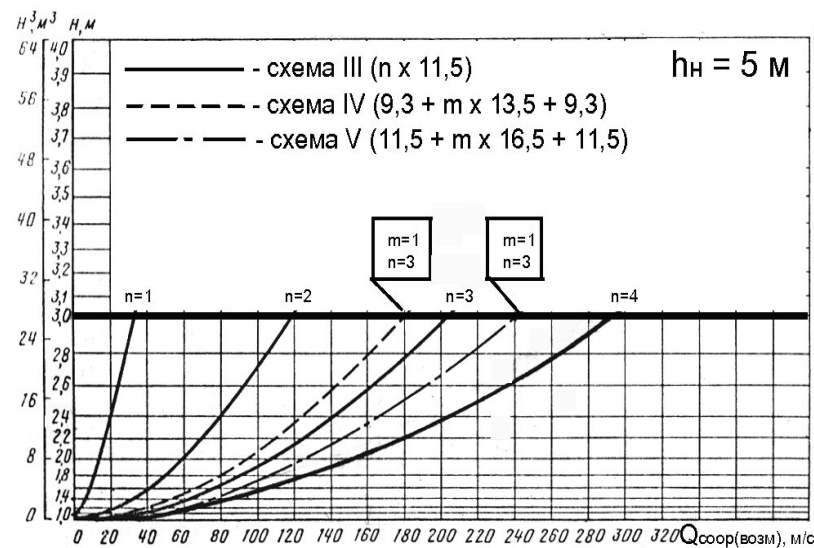
▲ Рис. П.9.3. Графики возможных водопропускных способностей $Q_{соор(возм)} = f(H)$; свайно-эстакадных мостов при средней высоте насыпи возле устоев $h_n = 4$ м



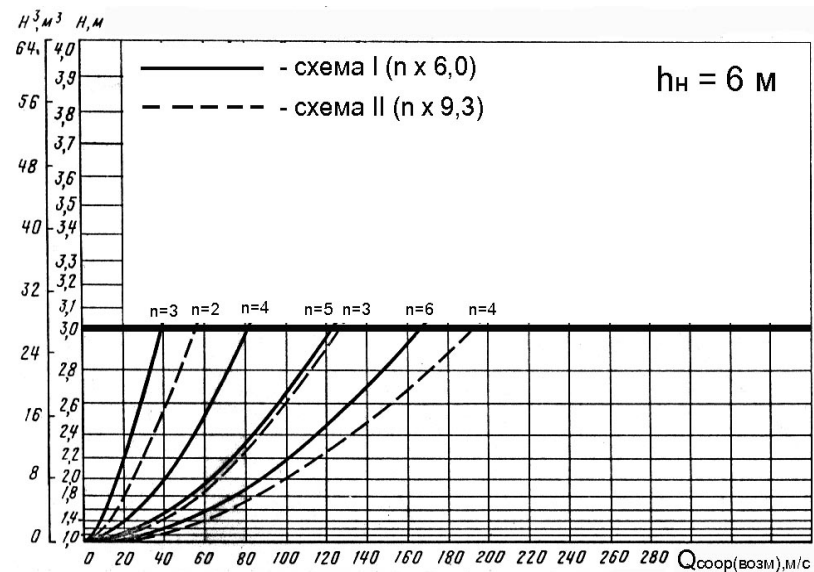
▲ Рис. П.9.4. Графики возможных водопрпускных способностей $Q_{\text{соор(возм)}} = f(H)$; свайно-эстакадных мостов при средней высоте насыпи возле устоев $h_n = 4 \text{ м}$



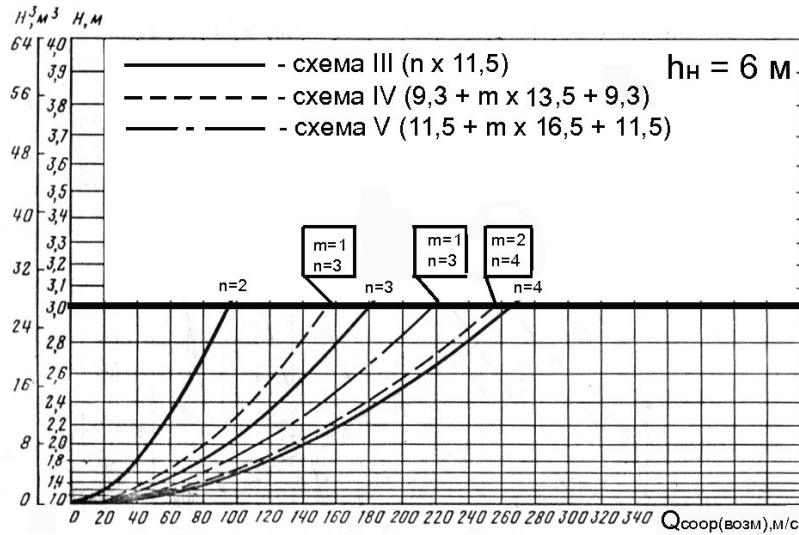
▲ Рис. П.9.5. Графики возможных водопрпускных способностей $Q_{\text{соор(возм)}} = f(H)$; свайно-эстакадных мостов при средней высоте насыпи возле устоев $h_n = 5 \text{ м}$



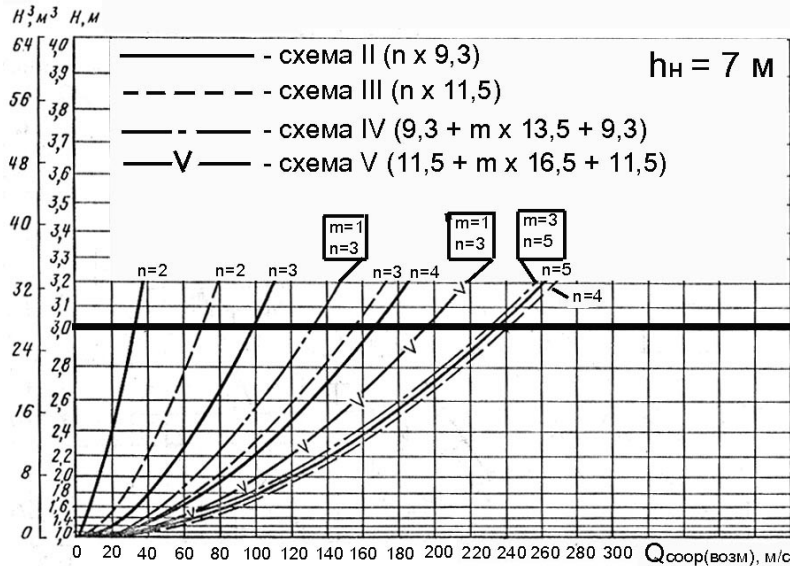
▲ Рис. П.9.6. Графики возможных водопрпускных способностей $Q_{\text{соор(возм)}} = f(H)$; свайно-эстакадных мостов при средней высоте насыпи возле устоев $h_n = 5 \text{ м}$



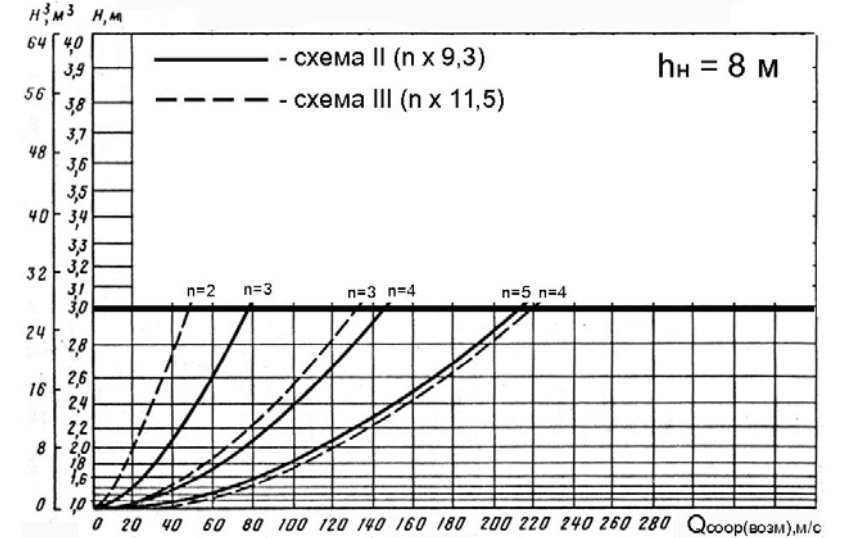
▲ Рис. П.9.7. Графики возможных водопропускных способностей $Q_{\text{соор(возм)}} = f(H)$; свайно-эстакадных мостов при средней высоте насыпи возле устоев $h_n = 6 \text{ м}$



▲ Рис. П.9.8. Графики возможных водопропускных способностей $Q_{\text{соор(возм)}} = f(H)$; свайно-эстакадных мостов при средней высоте насыпи возле устоев $h_n = 6 \text{ м}$



▲ Рис. П.9.9. Графики возможных водопропускных способностей $Q_{\text{соор(возм)}} = f(H)$; свайно-эстакадных мостов при средней высоте насыпи возле устоев $h_n = 7 \text{ м}$



▲ Рис. П.9.10. Графики возможных водопропускных способностей $Q_{\text{соор(возм)}} = f(H)$; свайно-эстакадных мостов при средней высоте насыпи возле устоев $h_n = 8 \text{ м}$

ПРИЛОЖЕНИЕ 10.

МОСТЫ С МАССИВНЫМИ ОПОРАМИ, ОБЫШНЫМИ УСТОЯМИ И ПРОЛЕТНЫМИ СТРОЕНИЯМИ ИЗ ПРЕДНАПРЯЖЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Внешний вид моста; схема моста; внешний вид и поперечные сечения типовых пролетных строений		Полная длина пролетных строений l_n , м	Строительная высота конструкции c , м
		16,5	1,90

Внешний вид моста с массивными опорами и обышными устоями

ПРИЛОЖЕНИЕ 10. МОСТЫ С МАССИВНЫМИ ОПОРАМИ И ОБСЫПНЫМИ УСТОЯМИ

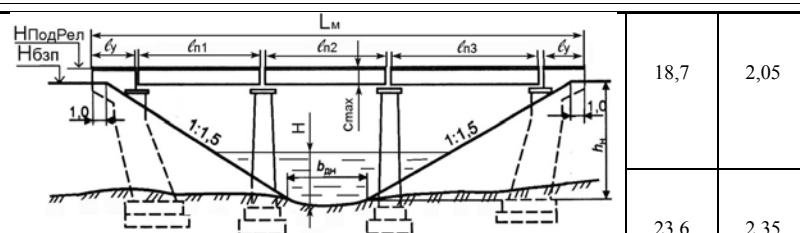
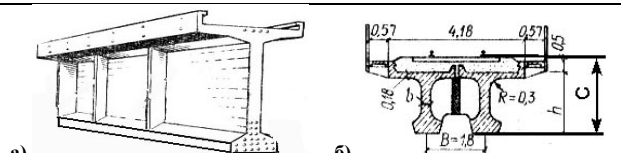


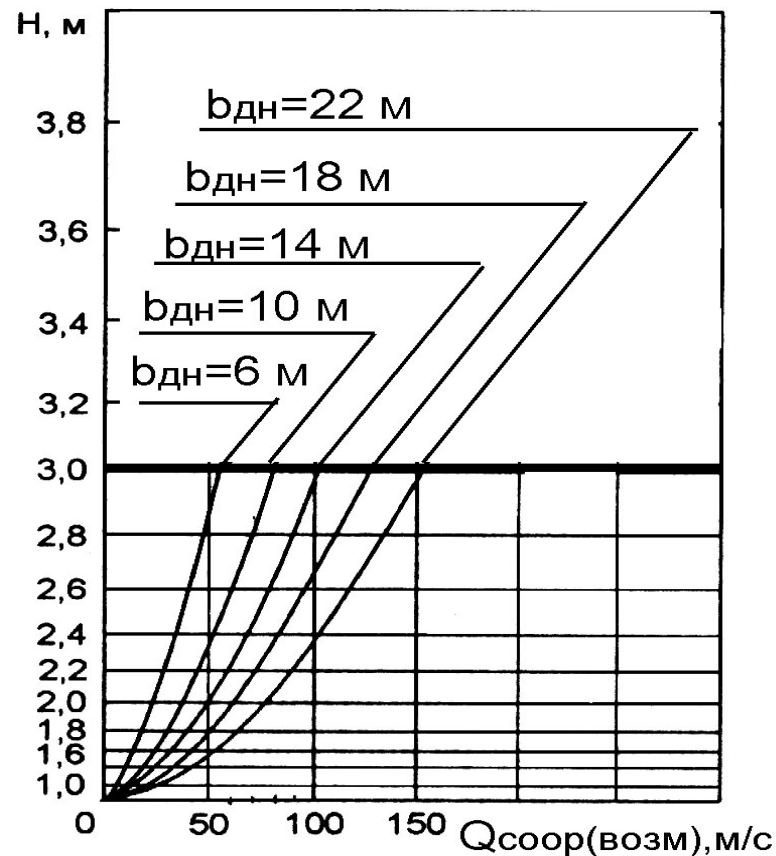
Схема железобетонного моста с массивными опорами и обсыпными устоями: $H_{бзп}$ – отметка бровки земляного полотна; $H_{пр}$ – отметка подошвы рельса на мосту; L_m – длина моста; l_y – длина устоя (ширина устоя по фасаду); l_n – полная длина пролетного строения; $b_{дн}$ – ширина русла по дну; h_n – средняя высота насыпи возле устоев; H – напорн воды; S_{max} – строительная высота конструкции в пролете (максимальная из всех пролетных строений, использованных в схеме моста)



а) Двухблочное ребристое пролетное строение из преднапряженного железобетона; б) – поперечное сечение; с – строительная высота конструкции в пролете

18,7	2,05
23,6	2,35
27,6	2,75
34,2	2,94

ПРИЛОЖЕНИЕ 10. МОСТЫ С МАССИВНЫМИ ОПОРАМИ И ОБСЫПНЫМИ УСТОЯМИ



▲ Рис. П.10.1. Графики возможных водопропускных способностей $Q_{соор(возм)} = f(H)$; железобетонных мостов с массивными опорами и обсыпными устоями, применяемых в курсовом проекте на периодических водотоках при средней высоте насыпи возле устоев $8 м < h_n < 20 м$; $b_{дн}$ – ширина русла по дну, м

Длина моста определяется по формуле

$$L_m = b_{дн} + 3 \cdot h_n + 2,$$

где $b_{дн}$ – ширина русла по дну, м;

h_n – средняя высота насыпи возле конусов моста, м.

ПРИЛОЖЕНИЕ 11.

ВЫБОР ТИПОВ И ОТВЕРСТИЙ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОДОТОКАХ С ВЫПОЛНЕНИЕМ ПРОВЕРОК СОХРАННОСТИ ИССО И ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

В приложении 11 изложена методика выбора типов и отверстий водопропускных сооружений (труб и мостов с укрепленным подмостовым руслом) на периодических водотоках с выполнением проверок их сохранности (и сохранности земляного полотна на подходах к ним) по конструктивным и гидравлическим требованиям. Даны рекомендации по размещению названных ИССО в курсовом проекте. В прил.11 использованы материалы работ /1/ - /4/, /7/, /8/, /15/, /17/, /18/, /20/ - /22/, /24/, /28/, /38/, /43/, /44/.

П.11.1. Определение гидравлических параметров и выбор отверстия сооружения

При определении отверстия ИССО без учета аккумуляции гидравлические параметры устанавливаются из условия выполнения равенства

$$Q_{пр P\%} = Q_{соор(возм)} \quad (П.11.1)$$

где $Q_{пр P\%}$ - расход воды, притекающей к замыкающему створу (расход притока), $P\%$ -ной вероятности превышения, $м^3/с$;

$Q_{соор(возм)}$ - расход воды, который может пропустить сооружение данного типа и отверстия, в зависимости от напора воды перед ним, $м^3/с$.

Гидравлические параметры определяют графическим способом. На график водопропускной способности сооружения $Q_{соор(возм)} = f(H)$ наносят точку $Q_{пр P\%}$, $м^3/с$, и проводят вертикальную линию, параллельную оси ординат. Точки пересечения этой прямой с кривыми $Q_{соор(возм)} = f(H)$ (при различных величинах отверстия) позволяют определить гидравлические параметры:

- 1) по оси ординат величины напоров воды H , м, при различных отверстиях b , м (следует помнить, что на графиках, приведенных в прил.5 – 10, рядом со шкалой напора H , м, приведена также шкала объема воды, аккумулируемой в пруде H^2 , $м^3$, которая используется при расчетах труб с учетом аккумуляции; т.к. в курсовом проекте расчеты с учетом аккумуляции не выполняют, кроме элементов УИРС, то эта шкала не используется и по ней отсчетов брать не надо);
- 2) по шкале «скорость течения воды на выходе из ИССО» (вертикальная шкала, нанесенная на графиках водопропускных способностей труб справа) - скорость $v_{вых}$, м/с, в зависимости от величины отверстия трубы (для круглых труб и прямоугольных железобетонных), или в зависимости от высоты трубы в свету (для прямоугольных бетонных труб).

Согласно /1, п.8.14/ водопропускные сооружения на железных дорогах общей сети рассчитывают на воздействие водного потока при двух паводках – расчетном и наибольшем. Поэтому и расходы притока $Q_{пр P\%}$ определяют двух вероятностей превышения, см. п.2.2. пособия. Следовательно, и гидравлические параметры: напор H , м, и скорость воды на выходе из ИССО $v_{вых}$, м/с, необходимо определять дважды: для расчетного $Q_{пр P\%}$ и для максимального $Q_{пр P\%}$.

Вполне естественным является стремление проектировщика снизить строительную стоимость ИССО за счет уменьшения его отверстия. Однако, чем меньше принимаемое

отверстие ИССО (при одной и той же величине расхода притока), тем больше напор воды перед ИССО и скорость течения на выходе из ИССО, а следовательно и размывающая способность водного потока. Поэтому, после определения гидравлических параметров для ИССО какого-нибудь типа (при различных значениях величины отверстия) необходимо выполнить ряд проверок сохранности ИССО и насыпи подходов к нему.

П.11.2. Проверки сохранности водопропускных труб и земляного полотна на подходах к трубам

Требования сохранности ИССО могут быть разделены на две группы: к первой относятся требования по обеспечению безопасной эксплуатации сооружений под воздействием нагрузок водного потока – гидравлические требования; ко второй – требования, обеспечивающие безопасную эксплуатацию ИССО под воздействием статических и динамических нагрузок – конструктивные требования.

В курсовом проекте рекомендуется размещать типовые ИССО, для которых выполнены гидравлические расчеты и расчеты несущих конструкций и оснований на действие постоянных нагрузок от собственного веса конструкций и грунта насыпи, временной вертикальной подвижной, строительной и сейсмической нагрузок с учетом коэффициентов сочетаний и надежности по нагрузке.

Поэтому все рекомендации, изложенные ниже, относятся к типовым водопропускным сооружениям. Индивидуальное проектирование ИССО может быть задано в курсовом проекте в качестве элемента УИРС.

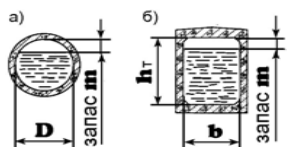
Разделение гидравлических и конструктивных требований на первое, второе, третье и т.д. – условно и принято в пособии для последовательного изложения необходимых проверок.

П.11.2.1. Гидравлические требования сохранности водопропускных труб и земляного полотна подходов

Первое гидравлическое требование:

пропуск расчетного расхода с обеспечением необходимого запаса по высоте трубы в свету

Пояснения. Нормальными условиями эксплуатации труб является их работа в безнапорном режиме. Поскольку расчеты стока могут приводить к ошибкам в расходе, для повышения гарантии нормальных условий эксплуатации труб даже в случае превышения фактического расхода притока воды над расчетным расходом притока следует при выборе отверстия трубы предусмотреть пропуск расчетного расхода только при безнапорном режиме с обеспечением возвышения t высшей точки внутренней поверхности трубы над уровнем воды в трубе. Согласно /37/ минимальное значение t принимают: в круглых и сводчатых трубах высотой до 3 м – не менее 1/4 высоты трубы в свету, свыше 3 м – не менее 0,75 м; в прямоугольных трубах высотой до 3 м – не менее 1/6 высоты трубы в свету, свыше 3 м – не менее 0,50 м. Тем самым будет создан некоторый резерв водопропускной способности трубы и обеспечен запас по высоте трубы в свету для пропуска небольших плавующих предметов (обломков деревьев и др.), рис.П.11.1.



▲Рис.П.11.1. Запас по высоте трубы в свету при пропуске расчетного расхода: а – в круглых трубах; б – в прямоугольных трубах; D – внутренний диаметр трубы; m – нормируемая величина запаса по высоте в свету; h_r – высота трубы в свету; b – отверстие трубы; рис. из /16/

Поскольку наибольшая глубина устанавливается во входном сечении трубы – $h_{вх}$, то можно заранее рассчитать напор H , при котором будет обеспечена требуемая величина запаса m . Такие расчеты для типовых труб выполнены, их результаты нанесены на графики водопропускных способностей труб.

Линия со штриховкой вниз на графиках $Q_{соор(возм)} = f(H)$ как раз и соответствует первому гидравлическому требованию. Эта линия ограничивает возможную зону пропуска расчетных расходов. Точка пересечения вертикальной линии $Q_{пр(расчет)}$ – расхода притока расчетной скорости превышения, и кривой возможной водопропускной способности трубы – $Q_{соор(возм)}(H)$ должна располагаться в зоне расчетных расходов.

Второе гидравлическое требование:

пропуск максимального расхода при безнапорном или полунанпорном режимах

Пояснения. Полунанпорный режим допускается только для пропуска наибольшего расхода $Q_{пр(max)}$ и только при наличии фундаментов под звеньями и оголовками труб и выполнении специальных конструктивно-технологических требований.

На графиках водопропускных способностей прямоугольных труб (см. рис.П.6.1 в прил.6 и рис.П.8.1 в прил.8) граница безнапорного и полунанпорного режимов указана линией со штриховкой вверх. Для того, чтобы выполнялось второе гидравлическое требование необходимо, чтобы точка пересечения вертикальной линии $Q_{пр(max)}$ – максимального расхода притока, и кривой возможной водопропускной способности трубы – $Q_{соор(возм)}(H)$ располагалась внутри области безнапорного режима (желательно) или внутри области полунанпорного режима (допускается), но не выше области полунанпорного режима. Для типовых прямоугольных труб, графики которых $Q_{соор(возм)} = f(H)$ приведены в прил.6 и 8, второе гидравлическое требование всегда выполняется, т.к. на этих графиках нет области напорного режима.

На графиках водопропускных способностей круглых железобетонных труб (см. прил.5) линией со штриховкой вверх обозначена граница безнапорного и напорного режимов (устойчивого полунанпорного режима в этих трубах нет, см. прил.4). Следовательно, точка пересечения вертикальной прямой $Q_{пр(max)}$ и кривых $Q_{соор(возм)}(H)$ должна находиться только внутри области безнапорного режима; напорный режим – не допускается, см. /1, п. 8.7/.

На графиках водопропускных способностей металлических гофрированных труб вся область графика является областью безнапорного режима. Следовательно, вертикальная прямая $Q_{пр(max)}$ и кривые $Q_{соор(возм)}(H)$ просто должны пересечься в пределах поля графика. При этом, сами кривые $Q_{соор(возм)}(H)$ экстраполировать (произвольно дорисовывать) – не допускается, т.к. они построены с учетом выполнения третьего гидравлического требования.

Третье гидравлическое требование:

ограничение величины максимального напора воды (максимальной глубины потока во входном сечении – для металлических гофрированных труб)

Пояснения. Во всех типовых проектах труб (кроме металлических гофрированных) ограничивается максимальный напор: не более 4,0 м. При большем напоре насыпь работает как плотина и ее необходимо проверять на фильтрацию воды. Третье гидравлическое требование учтено заранее – еще на этапе построения графиков $Q_{соор(возм)}(H)$ для железобетонных и бетонных труб – на них нет значений напора больше 4,0 м.

Для МГТ, применяемых в районах с обычными климатическими условиями, ограничивается глубина потока во входном сечении $h_{вх}$, м:

- 1) при пропуске расчетного расхода $h_{вх(расчет)} < 0,75 \cdot D$, где D – диаметр трубы в свету, м;
- 2) при пропуске наибольшего расхода $h_{вх(max)} < 0,90 \cdot D$.

Поэтому, исходя из этих условий, на графиках $Q_{соор(возм)}(H)$ для МГТ наибольший допустимый напор H_{max} ограничен значениями: 3,20 м для труб $D=3,0$ м; 2,20 м для труб $D=2,0$ м; 1,55 м для труб $D=1,5$ м (отношение $H/h_{вх}$ меняется для МГТ от 1,15 до 1,20).

Следовательно, для МГТ третье гидравлическое требование также было учтено при построении графиков $Q_{соор(возм)}(H)$.

Четвертое гидравлическое требование:

ограничение значения максимальной скорости течения воды на выходе (для принятого типа укрепления выходного русла)

Пояснения. Русло в сооружении и на выходе из него (в нижнем бьефе) должно быть предохранено от размыва. С увеличением напора скорость потока в ИССО и на выходе из него значительно возрастает. Для увеличения водопропускной способности сооружения (для допущения больших значений напора) применяют различные типы укрепления русла: одерновка, каменная наброска, мощение камнем (одиночное или двойное), фашинные тюфяки, габионы, бутровая кладка, укрепление бетонными плитами, и др., которые выдерживают достаточно высокие скорости течения воды /4, табл.2.9, с.35-36/. Тип укрепления русла выбирают по скорости потока в пределах самого укрепления, т.е. за сооружением.

В типовых проектах железобетонных и бетонных водопропускных труб, графики водопропускных способностей которых приведены в прил.5, 6, 8, принято укрепление выходного русла сборными железобетонными плитами, для которого $v_{укр(дон)} = 6,1$ м/с.

Чтобы предотвратить разрушение укрепления следует обеспечить следующие требования /8, с.135 – 136/:

1. скорость на выходе из ИССО при пропуске расчетного расхода не должна превышать допустимую для принятого типа укрепления русла: $v_{вых(расчет)} \leq v_{укр(дон)}$;
2. при пропуске максимального расхода разрешается превышение указанной скорости на величину:
 - для труб – не более чем на 35%, т.е. $v_{вых(max)} \leq 1,35 \cdot v_{укр(дон)}$;
 - для мостов – не более чем на 20 %, т.е. $v_{вых(max)} \leq 1,20 \cdot v_{укр(дон)}$.

Такие превышения приняты для максимальных расходов с учетом того, что они будут кратковременными (на пике паводка) и редкими (с малой повторяемостью).

Следовательно, для всех труб (кроме металлических гофрированных) необходимо проверить точки пересечения вертикальной прямой $Q_{пр(расчет)}$ и кривых $Q_{соор(возм)}(H)$ по шкале $v_{вых}$, м/с, расположенной на графиках $Q_{соор(возм)} = f(H)$ справа от поля графика; точки пересечения должны лежать не выше значения $v_{вых(расчет)} = 6,1$ м/с. При пропуске максимального расхода следует проверить точки пересечения вертикальной прямой $Q_{пр(max)}$

и кривых $Q_{соор(возм)}(H)$ по шкале $v_{вых}$, м/с; точки пересечения должны лежать не выше значения $v_{вых(max)} = 8,3$ м/с.

Для металлических гофрированных труб при пропуске расчетного и при пропуске максимального расходов $v_{вых(расчет)} = v_{вых(max)} = 6,1$ м/с.

Четвертая гидравлическая проверка учтена на этапе построения графиков $Q_{соор(возм)} = f(H)$, поэтому она всегда выполняется, см. прил.5 – 8. Например, в прил.6 на рис.6.1 для прямоугольных железобетонных труб отверстием 1,00 и 1,25 м графики $Q_{соор(возм)} = f(H)$ обрываются при значении $v_{вых(max)} = 8,4$ м/с (погрешность по сравнению с требуемым значением $v_{вых(max)} = 8,3$ м/с составляет всего 1%), вот почему кривые $Q_{соор(возм)}(H)$ нельзя самовольно продолжать (экстраполировать). Можно убедиться также, что зоны расчетных расходов на всех графиках $Q_{соор(возм)}(H)$, см. прил.5 – 8, не выходят за пределы $v_{вых(расчет)} = 6,1$ м/с.

Пятое гидравлическое требование:

обеспечение нормируемого запаса по высоте над наивысшим уровнем подпертой воды (НУПВ) для недопущения затопления насыпи (выемки) или переливания воды в соседний бассейн - проверка отметок в пределах разлива (НУПВ)

Пояснения. Согласно /1, п.4.14/ для предохранения земляного полотна проектируемой железной дороги от затопления и размыва бровка основной площадки насыпи должна возвышаться (в пределах всей ширины разлива подпертой воды; накат волны и ветровой нагон считаются для периодических водотоков несущественными и не учитываются) над наибольшим уровнем подпертой воды (НУПВ), соответствующим максимальному расходу притока $Q_{пр(max)}$, на величину запаса по высоте $h_{запас}$ над НУПВ, который должен быть:

- при пропуске максимального расхода в безнапорном режиме $h_{запас над НУПВ(безнапор)} = 0,5$ м;
- при пропуске максимального расхода в полунанпорном режиме $h_{запас над НУПВ(полунанпор)} = 1,0$ м;
- независимо от режима, в котором пропускается максимальный расход, при определении отметки верха водораздельных дамб, устраиваемых на водоразделах, расположенных в зоне разлива подпертой воды, для предотвращения переливания воды в соседний бассейн или рядом с ИССО для предотвращения переливания воды в выемку и размыва основной площадки в выемке $h_{запас над НУПВ(отметки верха водораздельной дамбы)} = 0,50$ м, см. /1, п.4.12/.

Отличие пятой гидравлической проверки от предыдущих заключается:

во-первых, в том, что эта проверка заботится о сохранности земполотна, а не самой трубы (хотя, земполотно и труба взаимосвязаны, если труба будет разрушена водным потоком, или будет размыто укрепление в нижнем бьефе, то это немедленно скажется и на состоянии насыпи);

во-вторых, и это отличие более существенное, пятую проверку необходимо выполнять не только по оси трубы (в самой пониженной точке лога – там проверка может выполняться), но ее следует выполнять в самой пониженной точке проектной линии (или линии поверхности земли) в пределах ширины разлива подпертой воды при максимальном расходе; т.е. эта проверка – проверка запаса на затопление земполотна или непереливание в соседний бассейн – не точечная, а линейная и ее надо выполнять, глядя на продольный профиль.

Приведем примеры, обозначив точку, в которой следует выполнять проверку пятого гидравлического требования, контрольной точкой А, рис.П.11.2.

Рис.П.11.2 а – проверку необходимо выполнять по оси сооружения, т.к. это самая низкая точка проектной линии в пределах разлива наивысшей подпертой воды.

Рис.П.11.2 б – проверку необходимо выполнять не по оси сооружения, а в самой низкой точке проектной линии в пределах разлива наивысшей подпертой воды, которая расположена рядом с ИССО.

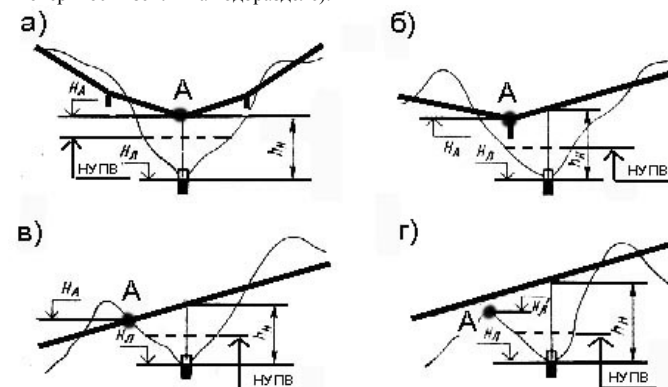
Рис.П.11.2 в – проверку необходимо выполнять в выемке, расположенной в «зоне влияния НУПВ». В практике проектирования для повышения гарантии незатопления выемки устраивают «глухой кювет» - оставляют перемышку, верх которой совпадает с отметкой бровки земляного полотна в выемке. Отметка контрольной точки А в данном случае – это отметка проектной линии в самом начале выемки.

Рис.П.11.2 г – во избежание перелива воды в соседний бассейн НУПВ в проверяемом бассейне не должен превышать отметку поверхности земли на водоразделе с запасом:

$$НУПВ \leq h_{земли на водоразделе} + h_{запас над НУПВ(отметки верха водораздельной дамбы)} = h_{земли на водоразделе} + 0,50 \text{ м}.$$

В практике проектирования для большей гарантии непереливания в соседний бассейн (что может повлечь за собой «перегрузку» ИССО и земполотна в соседнем бассейне) на водоразделе при необходимости размещают водораздельную дамбу, отметка верха которой должна быть на 0,50 м выше отметки НУПВ. Если отметка земли на водоразделе превышает отметку НУПВ более чем на 0,50 м, то дамбу не проектируют.

На рис. П.11.1 хорошо видно, что высота насыпи в логу h_n , т.е. по оси сооружения, может с большим запасом удовлетворять требованию сохранности земполотна по незатоплению насыпи. Но! Пятая гидравлическая проверка – это проверка высоты насыпи по оси ИССО. Пятая гидравлическая проверка – это проверка отметок в пределах разлива наивысшего уровня подпертой воды (отметок насыпи, или отметок выемки, или отметок поверхности земли на водоразделе).



▲ Рис.П.11.2. Варианты продольного профиля в месте расположения водопропускного сооружения в зависимости от расположения контрольной точки А: а – точка А является проектной отметкой по оси ИССО (проверка на затопление насыпи); б – точка А является самой низкой проектной отметкой насыпи в пределах разлива подпертой воды (проверка на затопление насыпи); в – точка А является отметкой проектной линии в начале выемки (проверка на затопление выемки); г – точка А является отметкой земли на водоразделе, расположенном в зоне разлива подпертой воды (проверка на непереливание в соседний бассейн); $H_д$ – отметка дна лога; H_A – отметка контрольной точки А; НУПВ – отметка наивысшего уровня подпертой воды; $НУПВ = H_з + H_{max}$; H_{max} – максимальный напор; h_n – высота насыпи по оси сооружения; рис. из /8/ (дополнен)

Пример использования водораздельной дамбы для защиты выемки от затопления приведен на рис.П.11.3.

ПРИЛОЖЕНИЕ 11. ВЫБОР ТИПОВ И ОТВЕРСТИЙ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Максимальный расход притока к замыкающему створу $Q_{пр(макс)} = 13,4 \text{ м}^3/\text{с}$. По графику водопропускной способности круглой железобетонной трубы (КЖБТ) отверстием 2,0 м (см. рис.П.5.1) установлено, что КЖБТ пропустит этот расход в *безнапорном режиме* при напоре $H_{max} = 2,85 \text{ м}$. Тогда, отметка $НУПВ = H_1 + H_{max} = 97,00 + 2,85 = 99,85 \text{ м}$.

Проверка по пятому гидравлическому условию по оси КЖБТ - выполняется:

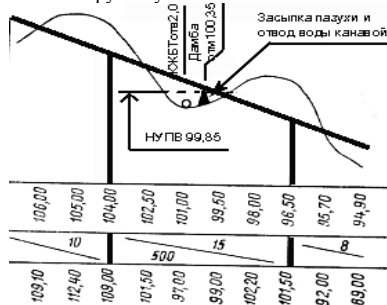
$$H_{пр} \geq (НУПВ + h_{запас над НУПВ(безнапор)})$$

$$101,00 > (99,85 + 0,50 = 100,35).$$

Проверка по пятому гидравлическому требованию для выемки, находящейся в зоне разлива наивысшей подпертой воды, - не выполняется:

$$99,50 < 100,35.$$

Решение. Разместить водораздельную дамбу с отметкой верха 100,35. Пазуху между дамбой и выемкой засыпать, отвод притекающей воды предусмотреть по водоотводной канаве к трубе с уклоном 3 %.



◀ Рис.П.11.3. Решение по защите выемки от затопления подпертой водой; рис. из /7/ (дополнен)

Таким образом, пятое гидравлическое условие нужно проверять очень внимательно, т.к. оно зависит не только от характеристик ИССО, но и от очертания продольного профиля в районе расположения ИССО.

К чему может привести пренебрежение пятой гидравлической проверкой рассмотрим на примерах.

На рис.П.11.4 показан фрагмент продольного профиля с размещенными ИССО



▲ Рис.П.11.4. Ошибки при размещении ИССО, вызванные несоблюдением пятого гидравлического условия; рис. из /18/ (изменен)

При размещении двух КЖБТ на рис.П.11.4 допущены две ошибки: в контрольной точке A_1 не выполняется условие незатопления выемки, находящейся в зоне разлива подпертой воды ($310,60 - 310,40 = 0,20$; тогда как запас должен быть не менее 0,50 м, полунапорного режима у КЖБТ нет). В контрольной точке A_2 допущен перелив подпертой воды в соседний бассейн. Если учесть, что первая труба будет работать не только на расход

ПРИЛОЖЕНИЕ 11. ВЫБОР ТИПОВ И ОТВЕРСТИЙ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ

притока со своего бассейна, но и на часть притока с соседнего, второго бассейна, то НУПВ₁ будет еще больше, чем показано на рисунке, следовательно, очень высока вероятность затопления и размыва выемки.

На рис.П.11.5 показан результат ошибки, допущенной при проектировании железной дороги. Ошибка заключалась в том, что пятое гидравлическое требование было проверено только по оси ИССО – прямоугольной железобетонной трубы (ПЖБТ отв. 1,25 м). Продольный профиль на данном участке имеет уклон, поэтому в зоне разлива подпертой воды оказался пониженный участок насыпи, см. пример на рис.П.11.2 б. В результате этого во время паводка произошел перелив подпертой воды через земляное полотно насыпи (направление течения воды показано на фото стрелками, рис.П.11.5) с частичным размывом верха насыпи (обочин земляного полотна), а также с размывом балластной призмы и деформациями рельсовой колес.



Рис.П.11.5. Перелив воды через земляное полотно во время паводка, произошедший в результате несоблюдения пятого гидравлического требования; рис. из /42/

Было принято решение. После спада паводка под прикрытием «окна» разобрать верхнее строение пути над построенной трубой (прямоугольная железобетонная труба отверстием 1,25 м – на фото не видна), освободить трубу от грунта насыпи, соорудить временный мост из инвентарных металлических пакетных пролетных строений. В освобожденном прогале на отдельном фундаменте рядом с существующей трубой построить вторую трубу ПЖБТ отв.1,25 м (на фото видны складированные звенья добавляемой ПЖБТ), т.е. добавить одно такое же отверстие, сделав трубу по схеме ПЖБТ отв. $2 \times 1,25 \text{ м}$. Это позволит понизить величину максимального напора в 1,5 раза и предотвратит размывы и деформации земляного полотна и верхнего строения пути в соседней с осью ИССО пониженной точке профиля, которую и следовало сразу принять за контрольную точку по пятой гидравлической проверке, см. рис.П.11.2 б.

П.11.2.2. Конструктивные требования сохранности водопропускных труб

Первое конструктивное требование:

обеспечение минимально необходимой толщины засытки над трубой

Пояснения. Трубы рассчитывают на постоянную нагрузку от веса грунта насыпи, а также на временную нагрузку, расположенную на насыпи. Как постоянная, так и временная

нагрузки вызывают, передаваясь через насыпь, вертикальное и горизонтальное давления на звенья трубы.

Расчет несущих конструкций и оснований труб выполняют по методу предельных состояний на действие постоянных нагрузок от собственного веса конструкций и грунта насыпи, временной вертикальной подвижной, строительной и сейсмической нагрузок с учетом коэффициентов сочетаний и надежности по нагрузке.

Конструкции труб рассчитывают на прочность, устойчивость формы и положения против опрокидывания и скольжения, трещиностойкость и деформации. Расчеты на выносливость не выполняют. Основания труб рассчитывают на прочность и осадку /16, глава 19, с.197 – 201/.

В курсовом проекте расчет труб не производится, т.к. подбираются типовые трубы, для которых такие расчеты уже выполнены и установлены наибольшие допускаемые высоты насыпи.

Нормативное давление грунта от железнодорожного подвижного состава, расположенного на насыпи p_v , кН/м², определяют с учетом распределения временной нагрузки в грунте, рис.П.11.6 по формулам

- вертикальное давление $p_{vk} = v / (2,7 + h_x)$, где v – интенсивность временной вертикальной нагрузки от подвижного состава, кН/м, h_x – толщина “слоя грунта” (“засыпки”) от подошвы рельса до верха звена трубы, м;
- горизонтальное давление $p_{hk} = p_{vk} \cdot \tau_n$, где τ_n – коэффициент нормативного бокового давления грунта, вычисляемый по /16, формула (19.3), с.198/.

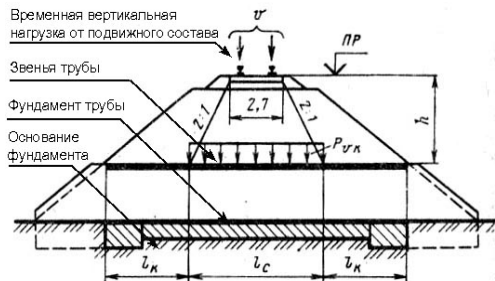


Рис.П.11.6. Схема давления временной подвижной нагрузки на трубу: v – интенсивность временной вертикальной нагрузки от подвижного состава; p_{vk} – вертикальное давление грунта от подвижного состава; h – толщина засыпки от подошвы рельса до верха трубы; l_k – длина крайних секций трубы; l_c – длина средних секций трубы; рис. из /16/

Высота h на рис.П.11.6 имеет условное название “засыпка”, хотя в нее входят (как видно из рисунка) не только грунты насыпи (с учетом сливной призмы) и балласт – то, что можно назвать “засыпкой”, но и шпалы. Однако, термин “засыпка” в данном контексте широко применяется, поэтому ниже он раскавычен.

Для типовых труб расчеты нормативного давления грунта от железнодорожного подвижного состава, расположенного на насыпи p_v , кН/м², выполнены при нормируемом минимальном значении толщины засыпки.

В курсовом проекте в качестве элемента УИРС может быть задан индивидуальный расчет несущих конструкций и оснований труб.

Минимальная высота насыпи для размещения типовых труб ограничивается необходимой толщиной засыпки над их сводом, обеспечивающей погашение динамических нагрузок подвижного состава, передаваемых на трубу, рис.П.11.7.

Минимальная толщина засыпки $h_{z(min)}$, м, должна составлять

- над звеньями железобетонных или плитами перекрытия бетонных труб, включая пешеходные тоннели, не менее 1,0 м;
- над металлическими гофрированными трубами – не менее 1,2 м) – считая от верхней (наружной) поверхности трубы до подошвы рельса.

При расположении железобетонных труб и пешеходных тоннелей в пределах станций минимальную толщину засыпки допускается уменьшать до 0,5 м.

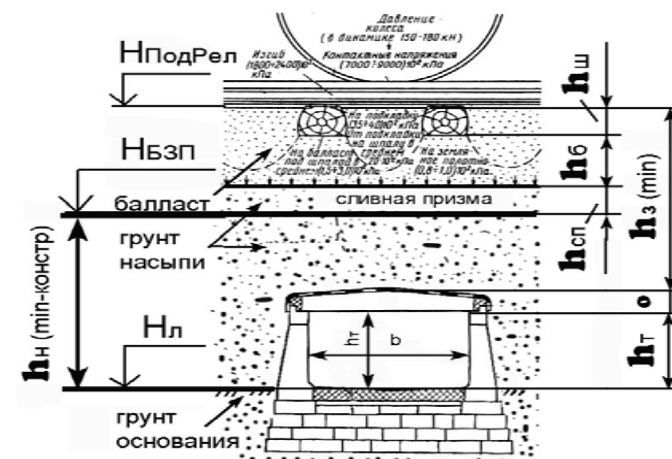


Рис.П.11.7. Схема расчета $h_{n(min) - констр}$ – минимально необходимой высоты насыпи по первому конструктивному требованию; h_n – высота трубы в свету; δ – толщина свода трубы; $h_{z(min)}$ – минимально допустимая толщина засыпки над трубой (расстояние от подошвы рельса до верха трубы); h_{cp} – высота сливной призмы; $h_{бал}$ – толщина балласта под шпалой с учетом толщины песчаной подушки; $h_{ш}$ – толщина (высота) шпалы; H_n – отметка дна лога (отметка земли в точке размещения трубы); $H_{БЗП}$ – отметка бровки земляного полотна, т.е. проектная отметка по продольному профилю трассы; $H_{ПодРел}$ – отметка подошвы рельса

Указанное требование выполняется, если запроектированная высота насыпи по оси трубы h_n , м, больше либо равна минимально необходимой по первому конструктивному требованию высоте насыпи $h_{n(min) - констр}$, м, значения которой определяются по формуле

$$h_{n(min) - констр} = h_t + \delta + h_z - (h_{cp} + h_{бал} + h_{ш}), \quad (П.11.2)$$

где h_t – высота трубы в свету, м; если применяется труба с повышенным или коническим входным звеном, то принимается высота в свету повышенного (конического) входного звена, м;

δ – толщина свода трубы, м; указана в прил.5 – 8 (для металлических гофрированных принимается величина равная 0,05 м, которая включает толщину стального листа и высоту гофра);

$h_{z(min)}$ – толщина засыпки (минимально допустимая), принимается в соответствии с СТН /1, п.8.6/ для железобетонных и бетонных труб на перегонах 1,0 м (на станциях допускается 0,5 м); для металлических гофрированных 1,2 м;

h_{cp} – высота сливной призмы, принимаемая в соответствии с СТН /1, п.5.12/ для однопутных железных дорог – 0,15 м; для двухпутных – 0,20 м;

$h_{бал}$ – толщина балласта под шпалой с учетом толщины песчаной подушки, если она применяется, м; значения принимаются по СТН /1, п.6.1, табл.13/;

$h_{ш}$ – толщина (высота) шпалы, м; принимается по справочной или учебной литературе в зависимости от типа верхнего строения пути, принятого для проектируемой линии по СТН /1, п.6.1, табл.13/.

Второе гидравлическое требование. Отличие: для труб, проектируемых в ССКЗ, не допускается предусматривать полунапорный режим работы даже для пропуска максимального расхода притока, за исключением случаев расположения труб на скальном основании, см. /1, п.8.7/.

Третье гидравлическое требование. Отличие: для МГТ, проектируемых в районах ССКЗ, максимальная глубина воды во входном сечении во всех случаях (при пропуске расчетного и максимального расходов притока) не должна превышать $0,75 \cdot D$.

Четвертое гидравлическое требование - без изменений

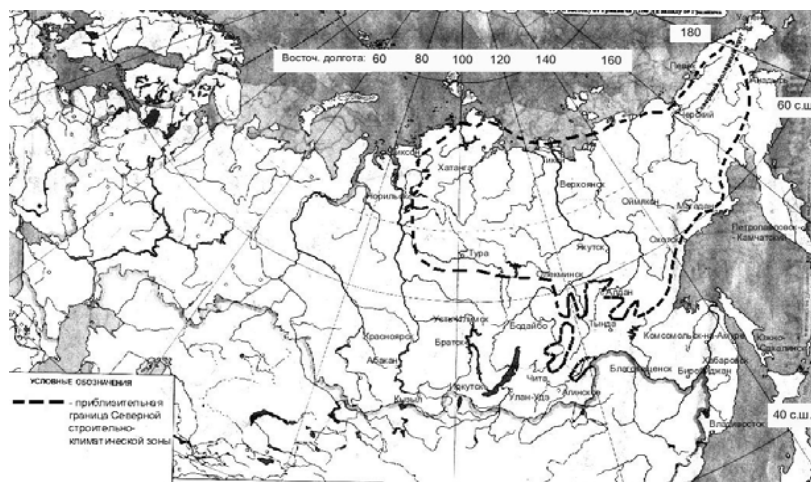
Пятое гидравлическое требование – без изменений (но с учетом того, что полунапорный режим не допускается).

Конструктивные требования

Первое конструктивное требование – без изменений.

Второе конструктивное требование – без изменений.

Третье конструктивное требование. Отличие: для труб, проектируемых в районах ССКЗ минимальное отверстие трубы следует назначать не менее 1,5 м независимо от длины трубы /1, п.8.8/.



▲Рис.П.11.9. Карта России с приблизительными границами Северной строительно-климатической зоны; рис. по материалам климатической карты /60, с.14-15/(изменен)

П.11.3. Проверки сохранности мостов с укрепленными руслами и земляного полотна на подходах к мостам

Проверки мостов с укрепленными руслами отличаются от проверок труб. В мостах не выделяют режимов работы (безнапорный, полунапорный, напорный). Гидралический расчет мостов аналогичен расчету прямоугольных труб при безнапорном режиме и основан на теории водослива с нулевой высотой порога и незатопленным руслом. Напоминаем, что

нумерация проверок в пособии принята условно – для удобства изложения и ссылок на проверки.

П.11.3.1. Гидравлические требования сохранности мостов и земляного полотна подходов

Первое гидравлическое требование:

обеспечение минимального возвышения низа пролетных строений над уровнем воды во входном сечении моста

Пояснения. Для мостов должна обеспечиваться сохранность основных элементов мостов: пролетных строений, площадок для установки опорных частей, пят арок и сводов в арочных и комбинированных мостах, продольных схваток и выступающих элементов конструкций в пролетах деревянных мостов при пропуске водного потока. Поэтому нормами /37/ регламентируются минимальные возвышения низа указанных частей (элементов) мостов над уровнем воды во входном сечении моста на величину запаса m /37, п.1.23, табл.2/. Причем, нормами проектирования /37/ учитываются возможные неблагоприятные условия: ледоход, заторы льда, карчеход, селевые потоки.

В курсовом проекте условно принято:

- для всех районов проектирования - ледохода, заторов льда, карчехода и селевых потоков на периодических водотоках – нет;
- все проектируемые мосты – балочно-разрезной схемы, поэтому арок и сводов – нет;
- отмека опорной площадки в курсовом проекте не рассчитывается.

Следовательно, в курсовом проекте для обеспечения первого гидравлического условия по сохранности элементов мостов необходимо проверить только сохранность пролетных строений.

В соответствии с нормами /37, п.1.23, табл.2/ низ пролетного строения моста над уровнем воды во входном сечении должен возвышаться не менее чем на минимальную величину запаса m_{min} , который составляет:

- при пропуске расчетного расхода притока:
 - ⇒ $m_{min-Орасчет-(H \leq 1)} = 0,50 \text{ м}$ (когда глубина подпертой воды перед мостом $H \leq 1,00 \text{ м}$),
 - ⇒ $m_{min-Орасчет-(H > 1)} = 0,75 \text{ м}$ (когда глубина подпертой воды перед мостом $H > 1,00 \text{ м}$);
- при пропуске максимального расхода притока:
 - ⇒ $m_{min-Qmax} = 0,25 \text{ м}$ (независимо от глубины подпертой воды перед мостом).

Так как в курсовом проекте новой железнодорожной линии на продольном профиле проектная линия ($H_{пр}$) чертится на уровне бровки основной площадки земляного полотна ($H_{бзп}$), то для проверки выполнения первого гидралического требования применяется формула из /21, формула (5.1), с.204/, см. также аналогичные формулы (2.2) – (2.4) в части 4 пособия, схема расчета на рис.П.11.10

$$H_{пр} \geq H_{л} + h_{ex} + m_{min} + c - d, \tag{П.11.3}$$

где $H_{л}$ – отметка дна лога – в месте размещения моста (отметка лотка при входе в сооружение), м; принимается отметка земли по оси моста;

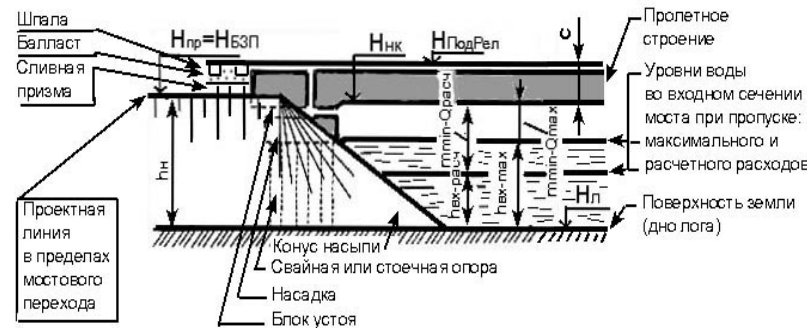
h_{ex} – глубина потока при входе под мост, м, зависящая от величины напора H перед мостом, м; в курсовом проекте глубину потока во входном сечении моста принимают равной $h_{ex} = 0,85 \cdot H$; где H принимают по графикам возможных водопропускных способностей мостов, прил.9, 10; рис.П.11.11;

ПРИЛОЖЕНИЕ 11. ВЫБОР ТИПОВ И ОТВЕРСТИЙ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ

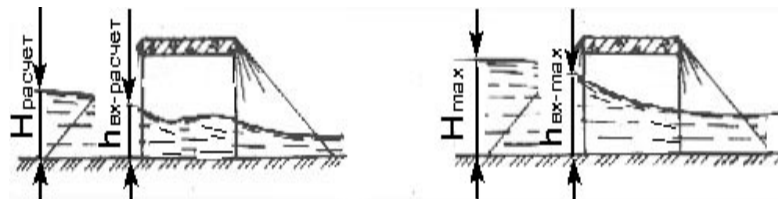
- m_{min} – значения минимально допустимого запаса над уровнем воды во входном сечении моста согласно /37/, м; принимают как сказано выше;
- c – строительная высота конструкции в пролете, м; принимается по данным прил.9, 10;
- d – разность отметок между подошвой рельса на мосту и бровкой земляного полотна на подходной насыпи, м; в соответствии со сделанными ранее пояснениями, см. в данной части пособия пояснения к формуле (П.11.2), а также в части 4 пособия пояснения к формулам (2.2) – (2.4), принимается минимально возможное (без учета толщины рельсовой подкладки) значение $d_{min} = h_{сн} + h_{бал} + h_{ш} = 0,15 + 0,30 + 0,15 = 0,60$ м – для того, чтобы обеспечить выполнение первого гидравлического требования и для других сочетаний размеров сливной призмы, балласта под шпалой и толщины шпалы, которые могут встретиться в курсовых проектах.

Тогда, формулу (П.11.3) можно переписать в виде

$$H_{пр} \geq H_{л} + 0,85 \cdot H + m_{min} + c - 0,60 \quad (П.11.4)$$



▲Рис.П.11.10. Схема расчета проектной отметки в пределах мостового перехода по первому гидравлическому требованию: $H_{пр}$ – проектная отметка; $H_{БЭП}$ – отметка бровки земляного полотна; $H_{нк}$ – отметка низа конструкции; $H_{ПодРел}$ – отметка подошвы рельса на мосту; $H_{л}$ – отметка дна лога; $h_{н}$ – высота насыпи у конусов моста; $h_{вх-расчет}$ – глубина потока во входном сечении моста при пропуске расчетного расхода; $h_{вх-max}$ – то же при пропуске максимального расхода притока; $m_{min-расчет}$ – минимально допустимый запас от поверхности воды во входном сечении до низа конструкции при пропуске расчетного расхода; $m_{min-Qmax}$ – то же при пропуске максимального расхода; c – строительная высота конструкции в пролете (расстояние от низа конструкции до подошвы рельса на мосту); рис. из /21/ (дополнен)



▲Рис.П.11.11. Схема расчета глубины потока во входном сечении моста в зависимости от напора воды перед мостом: $H_{расчет}$ и H_{max} – напоры воды перед мостом при пропуске

ПРИЛОЖЕНИЕ 11. ВЫБОР ТИПОВ И ОТВЕРСТИЙ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ

соответственно расчетного и максимального расходов притока; $h_{вх-расчет}$; $h_{вх-max}$ – глубины потока во входном сечении моста при пропуске соответственно расчетного и максимального расходов притока; рис. из /15/ (дополнен)

Второе гидравлическое требование:

обеспечение неразрываемости откосов конусов, подмостового и выходного русел мостов при принятом типе укрепления

Пояснения. Основные положения были изложены в пояснениях к четвертой гидравлической проверке труб (см. выше).

В типовых проектах свайно-эстакадных мостов и железобетонных мостов с массивными опорами и обсыпными устоями, графики водопропускных способностей которых приведены в прил.9, 10, принято укрепление откосов конусов, подмостового и выходного русел сборными бетонными плитами, для которого $v_{укр(дон)} = 4,5$ м/с /24, с.32/.

Чтобы предотвратить разрушение укрепления откосов конусов моста и подмостового и выходного русел следует обеспечить следующее требование /8, с.135 – 136/: при пропуске максимального расхода разрешается превышение указанной скорости на величину:

для мостов – не более чем на 20 %, т.е. $v_{выс(max)} \leq 1,20 \cdot v_{укр(дон)} (= 1,20 \cdot 4,50 = 5,40$ м/с). Данное требование будет выполнено, когда напор воды перед мостом не превышает 3,00 м.

Вторая гидравлическая проверка для мостов с откосами конусов и руслами, укрепленными сборными бетонными плитами учтена на этапе построения графиков возможных водопропускных способностей $Q_{соор(возм)} = f(H)$, поэтому она всегда выполняется, см. прил.9,10, на которых $H_{max} = 3,00$ м.

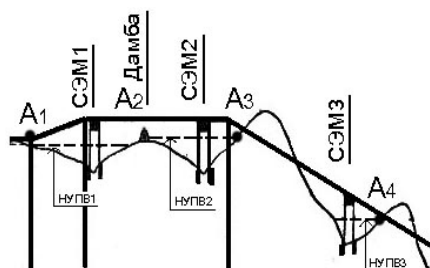
Третье гидравлическое требование:

обеспечение нормируемого запаса по высоте над наивысшим уровнем подпертой воды (НУПВ) для недопущения затопления насыпи (выемки) или переливания воды в соседний бассейн - проверка отметок в пределах разлива (НУПВ)

Пояснения. Основные положения изложены в пояснениях к пятой гидравлической проверке для труб, все пояснения, примеры и схемы, рис.П.11.2 и др. – остаются в силе.

Единственное отличие заключается в том, что для мостов нет режимов пропуска воды и запас над НУПВ всегда составляет при пропуске максимального расхода величину 0,50 м, т.е. $h_{запас над НУПВ} = 0,5$ м.

Остальные требования те же, НУПВ точно также, как и для труб, обозначается и подписывается на продольном профиле. Проверку на незатопление насыпей, выемок и непереливание в соседние бассейны необходимо выполнять в контрольных точках А, местоположение которых зависит от положения проектной линии в пределах разлива подпертой воды, рис.П.11.12.



◀ Рис. П.11.12. Расположение контрольных точек по проверке третьего гидравлического требования для мостов с укрепленным руслом, размещаемых на периодических водотоках: $A_1 - A_4$ – контрольные точки на незатопленные насыпи и выемки и на непереливание в соседние бассейны; СЭМ – свайно-эстакадный или стоечно-эстакадный мост; НУПВ – наивысший уровень подпертой воды

П.11.3.2. Конструктивные требования сохранности мостов

Первое конструктивное требование:

обеспечение минимально необходимой высоты насыпи

Пояснения. Свайно-эстакадные мосты, которые рекомендуется применять на периодических водотоках, когда притекает значительный расход воды, а высоты насыпи недостаточно для размещения трубы, **требуют минимальную высоту насыпи 2,0 м.**

Второе конструктивное требование:

непревышение максимальной высоты насыпи, допустимой для свайно-эстакадных мостов

Пояснения. Мосты эстакадного типа, возможные водопропускные способности которых указаны в прил.9, могут устраиваться как на свайных опорах, так и на стоечных опорах (фундамент стаканного типа, в свою очередь, может опираться на естественное основание, на столбы, на сваи) – серия 3.501.1-150 «Опоры унифицированные железнодорожных мостов для обычных и северных условий с применением изделий заводского изготовления», выпуск 0-1 «Опоры свайные» и выпуск 0-2 «Опоры стоечные» – АО «Трансмост» (бывш. Ленгипротрансмост) /8, с.145/.

Максимально возможная высота опор зависит от схемы опоры и длин примыкающих пролетных строений и составляет:

- при свайных опорах $h_{n(max)} = 8,00 \text{ м}$;
- при стоечных опорах $h_{n(max)} = 17,00 \text{ м}$;

Причем, для устоев $h_{n(max)}$ – это высота насыпи возле конусов, а для промежуточных опор $h_{n(max)}$ – расстояние от обреза фундамента до верха насадки.

Так как возможные водопропускные способности мостов с трапецидальным руслом зависят от высоты насыпи, см.прил.4, и графики $Q_{соор(возм)}(H)$, приведенные в прил.9, рассчитаны для высот насыпи до 8,00 м, то в курсовом проекте рекомендуется свайно-эстакадные мосты размещать при высоте насыпи до 8,00 м.

При необходимости пропустить большие расходы притекаемой воды при высоте насыпи свыше 8,00 м рекомендуется применять прямоугольные бетонные трубы, прил.8; или мосты с массивными опорами и обсыпными устоями, длина которых зависит от высоты насыпи, прил.10; или производить индивидуальный гидравлический расчет стоечно-эстакадного моста при высоте насыпи до 17,00 м, подбирая из типовых железобетонных пролетных строений (полной длиной от 6,00 до 34,20 м) схему такого моста.

Замечание. Приведенное выше требование по ограничению высоты насыпи свайно-эстакадных мостов $h_{n(max)} = 8,00 \text{ м}$, вовсе не означает, что в железнодорожном строительстве не проектируют и не строят высокие мостов на свайных опорах. Это не так (см. часть 6

пособия – раздел по размещению виадуков). Для опор эстакадных мостов разработаны проекты с двухъярусными наклонными стойками, высотой выше 30 м, на кривых до 300 м, в районах с расчетной сейсмичностью до 9 баллов. Но! Это уже не типовое проектирование и стоимость такого моста во много раз превышает стоимость водопропускных труб (а сложность эксплуатации несопоставима с высокой насыпью, внизу которой лежит труба). Это будет скорее не мост, а виадук.

В данной части пособия свайно-эстакадные мосты рекомендуются для размещения на периодических водотоках именно в тех случаях, когда необходимо пропустить большой расход при невысокой насыпи. В этом случае мосты на равных конкурируют по стоимости строительства с трубами: уровень сборности, унифицированности, индустриальности изготовления, механизации строительных работ по возведению таких мостов сопоставим с типовыми трубами и даже в отдельных случаях есть преимущества. Но такие «удобные» мосты с однорядным расположением свайных опор (свая играет роль и фундамента и тела опоры) применяют под железнодорожную нагрузку только при высоте до 8,00 м (по условиям горизонтальной жесткости опор).

П.11.4. Рекомендации по размещению водопропускных сооружений

на периодических водотоках

На выбор типа и отверстия водопропускного сооружения, размещаемого на периодическом водотоке, влияют следующие факторы /21, с.205/:

- расход притока воды с водосбора;
- высота насыпи в месте размещения водопропускного сооружения;
- инженерно-геологические, геокриологические, климатические, гидрологические условия;
- возможность применения индустриальных методов возведения сооружения (уровень сборности, механизации строительства);
- целесообразность уменьшения числа типов и размеров сооружений на проектируемой железной дороге (унификация ИССО).

В зависимости от высоты насыпи h_n , м, могут быть рекомендованы для применения следующие типы водопропускных ИССО (применяемые сокращения: ЖБЛ – железобетонный лоток; КЖБТ – круглая железобетонная труба; МГТ – металлическая гофрированная труба; ПЖБТ – прямоугольная железобетонная труба; ПБТ – прямоугольная бетонная труба; СЭМ – свайно-эстакадный или стоечно-эстакадный железобетонный мост; ЖБМ – железобетонный мост с массивными опорами и обсыпными устоями):

- $h_n \leq 1,50 \text{ м}$ – между шпалами устанавливают сборные ЖБЛ (закрытого или открытого типа) с небольшой водопропускной способностью; применяют, в основном, при рабочем проектировании, на станциях; в курсовом проекте, учитывая масштаб карты и профиля, а также значительные притекаемые расходы, лотки применять не рекомендуется;
- $1,50 < h_n \leq 2,15 \text{ м}$ – КЖБТ диаметром 1,00; 1,25 и 1,50 м или МГТ диаметром 1,5 м;
- $2,15 < h_n \leq 3,15 \text{ м}$ – КЖБТ диаметром до 2,00 м; МГТ диаметром до 2,0 м; ПЖБТ отверстием до 2,5 м; ПБТ (в том числе, с повышенным входным звеном) отверстием до 2,0 м и высотой 2,0 м;
- $3,15 < h_n \leq 4,15 \text{ м}$ – КЖБТ диаметром до 2,00 м; МГТ диаметром до 3,0 м; ПЖБТ отверстием до 4,0 м; ПБТ (в том числе, с повышенным входным звеном) отверстием до 2,0 м и высотой 2,0 или 3,0 м;
- $4,43 < h_n \leq h_{n(max)-констр}$ – любые типы и отверстия труб, характеристики которых приведены в прил.5 – 8.
- $2,00 < h_n \leq 8,00$ – СЭМ, характеристики которых приведены в прил.9.

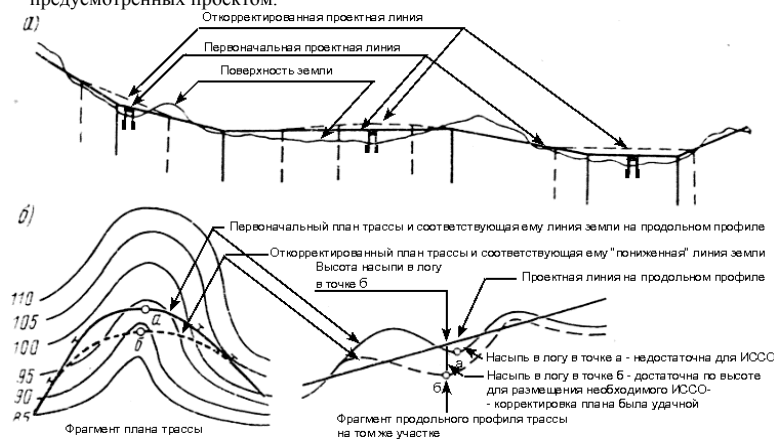
Анализируя приведенные рекомендации следует сделать вывод: сочетание запроектированной высоты насыпи h_n , м и расходов притока $Q_{расчет}$, $\text{м}^3/\text{с}$ и Q_{max} , $\text{м}^3/\text{с}$, всегда создают неповторимую ситуацию, которую необходимо решать индивидуально.

Сначала следует подбирать типовые сборные КЖБТ и ПЖБТ или МГТ; если расходы большие и насыпь позволяет – то применяют ПБТ; наконец, если расходы притока большие, а насыпь предусмотрена невысокая, тогда приходят на выручку – СЭМ, прил.9. При высотах насыпи свыше $h_{н(макс)-контр} = 19,00$ м (для типовых ПБТ на естественном основании, см.прил.8) следует применять ЖБМ, прил.10.

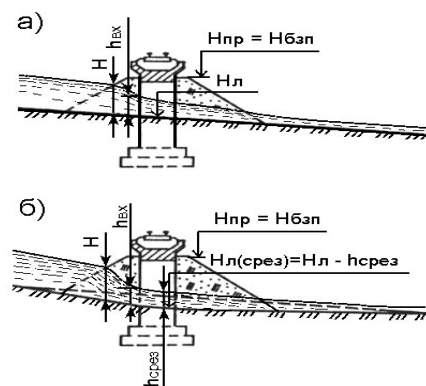
Замечание. Если высота насыпи недостаточна для размещения ИССО, то не следует сразу же отказываться от данного типоразмера ИССО, но необходимо попробовать следующие варианты проектных решений.

1. Поднять проектную линию продольного профиля при неизменном плане трассы, в результате чего увеличится высота насыпи в логу, что позволит разместить ИССО, рис.П.11.13 а. Данное решение применимо, в основном, на вольных ходах, т.к. на напряженном ходу проектная линия, по сути, фиксирована, т.к. идет однообразным протяженным уклоном, равным ограничивающему уклону (с учетом смятения его в кривых). На вольных же ходах при незначительном увеличении объемов земляных работ можно пойти на такое решение, при условии, что оно будет обосновано в пояснительной записке.
2. Сместить трассу в плане в низовую сторону по косогору, для того, чтобы пересечь лог на более низких отметках и тем самым увеличить высоту насыпи, рис.П.11.13 б. Данное решение применимо как на участках вольного хода, так и на напряженном ходу; хотя план трассы на напряженном ходу и «диктуется» линией нулевых работ (циркульным ходом), а любое отклонение на напряженном ходу приводит к увеличению объемов земляных работ, но в данном случае можно пойти на небольшое увеличение объемов земляных работ при пересечении лога, как это показано на рис.П.11.13 б, к тому же увеличив радиус круговой кривой. На вольном же ходу вполне возможно, изменив план трассы, получить более низкие отметки земли, и, если при этом не менять проектную линию (хотя, чаще всего, все-таки, приходится это делать), то насыпь «автоматически» увеличивается и размещаемое ИССО проходит необходимые проверки, рис.П.11.13 б.
3. Вместо одноочковой трубы использовать двух- или трехочковую трубу меньшего отверстия, требующую меньшую высоту насыпи, или использовать другую схему моста, увеличив число пролетов, тем самым, уменьшив напор воды перед мостом. Данное решение применяется в том числе и для уменьшения типоразмеров ИССО в пределах всей проектируемой линии, что наиболее эффективно для организации строительства и последующей эксплуатации (возможно, ремонтов или усиления ИССО). Унификация ИССО может быть задана в курсовом проекте в качестве элемента УИРС. Унификация водопропускных ИССО заключается в назначении и обосновании для проектируемой железнодорожной линии, в зависимости от конкретных условий, наиболее эффективного типа малых мостов (например, все мосты свайно-эстакадные с железобетонными пролетными строениями длиной 6,0 и 9,3 м) или труб (например, все трубы – ПЖБТ отв. 1,5 и 3,0 м с различным числом очков). Тогда облегчаются заказ, изготовление и поставка конструкций; упрощается монтаж блоков и звеньев на строительных площадках в местах возводимых ИССО; на заводе ЖБК или на полигоне требуется ограниченное число типоразмеров инвентарной опалубки; повышается качество сборки мостов и труб, т.к. рабочие специализируются на монтаже однотипных конструкций, применяют индивидуальный инструмент, инвентарь, улучшенные приспособления, приобретают необходимый навык; уменьшается необходимый парк грузоподъемных, строительных и транспортных машин и механизмов, а также снижаются их простои; появляется возможность повысить эффективность организации строительства ИССО за счет развертывания специализированных потоков на однородных и однотипных сооружениях.
4. Углубить русло периодического водотока в месте размещения моста или трубы с соответствующим понижением отметок лотка (лога) H_n , наивысшего уровня подпертой воды (НУПВ), а также и глубины во входном сечении (моста или трубы) $h_{вх}$, что позволит разместить ИССО (удовлетворив гидравлические и конструктивные требования), рис.П.11.14. Углубление русла, устраиваемое под мостом или в логу, где

будет размещена труба, должно быть *плавно выведено по логу вверх и вниз от сооружения неразмывающим уклоном или с использованием укрепления искусственного лога*. Углубление русла нельзя предусматривать в легкоразмываемых грунтах или при наличии вечной мерзлоты, см.прил.13. Недочет этих требований может свести на нет полученный эффект от размещения ИССО из-за нарушения экологического равновесия в районе проектирования транспортной геотехнической системы «Железная дорога», см. прил.13. В курсовом проекте, учитывая стадию проектирования и масштаб карты, может быть рекомендовано применение углубления русла (как крайней меры), на величину, не превышающую 1,50 м, т.е. $H_{греб(макс)} = 0,50$ м. Максимально допустимая в курсовом проекте глубина срезки принята из следующих соображений: 1) если с нагорной стороны от размещаемого ИССО уклон лога крутой, то для плавного вывода глубины срезки в нагорную сторону потребуются протяженное по длине искусственное русло, которое должно быть укреплено, или потребуются устройство перепадов, быстроток, т.е. усложнение и удорожание подводящего русла, см. п.1 пособия, рис.1.2, поэтому назначать большую срезку - неэкономично; 2) учет того факта, что в проекте применяется карта мелкого масштаба и возможно, что отметка дна лога, определенная при полевых изысканиях при построении топографических планов $H_{д(точная)}$, окажется меньше отметки H_n , определенной по учебной карте, позволяет принимать решение по срезке русла, т.к., в таком случае, углубление русла будет даже меньше запроектированного; однако, вполне возможен и обратный вариант, когда реальная отметка $H_{д(точная)}$ окажется не меньше, а, наоборот – *больше* отметки H_n , учтенной в проекте, и тогда проектировщик при рабочем проектировании окажется в сложном положении: либо принимать другое ИССО, либо проектировать значительно углубленное русло, требующее расходов, не предусмотренных проектом.



▲ Рис.П.11.13. Варианты проектных решений по увеличению высоты насыпи для размещения ИССО: а – корректировка проектной линии при неизменном плане трассы; б – изменение плана трассы (спуск на пониженные отметки земли) для увеличения высоты насыпи в логу; рис. из /8/ (дополнен)



◀Рис.П.11.14. Схема углубления русла под мостом: а - до углубления; б - после углубления на величину срезы под мостом $h_{срез}$; H - напор воды перед мостом; $h_{вх}$ - глубина воды во входном сечении сооружения; $H_л$ - отметка дна лога (лотка) по оси сооружения до срезы; $H_{л(срез)}$ - то же после углубления (срезы); $H_{пр}$ - проектная отметка в пределах мостового перехода; $H_{бэп}$ - отметка бровки земляного полотна (насыпи) возле конусов моста; рис. из [8/ (переработан)

ПРИЛОЖЕНИЕ 12.

ПРИМЕРЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОДОТОКАХ

В приложении 12 приведены три примера размещения водопропускных ИССО на периодических водотоках с проверкой требуемых гидравлических и конструктивных условий. Инженерно-геологические, климатические, гидрологические условия благоприятные: нет ледохода, заторов льда, карчехода, селевых потоков, большого количества взвешенных частиц, наледей, грунты не вечномёрзлые, не просадочные, нет разломов и неравномерных подвижек блоков земной коры. Во всех примерах не ставится задача унификации типоразмеров размещаемых ИССО. Район проектирования не относится к Северной строительно-климатической зоне. Рекомендуется также посмотреть примеры выбора типа и размеров отверстий водопропускных сооружений (в том числе с учетом аккумуляции воды перед сооружением), приведенные в работах: /21, с.207 - 210/, /22, с.47 - 48, 104 - 105/, /24, с. 35 - 52/, /25, с. 3 - 13/, /28, с.145 - 155/.

Пример №1. Разместить ИССО на периодическом водотоке при исходных данных:
 - расходы притока к замыкающему створу составляют: $Q_{пр(расчет)} = 8,5 \text{ м}^3/\text{с}$; $Q_{пр(max)} = 11,6 \text{ м}^3/\text{с}$;
 - отметки дна лога $H_л = 311,40 \text{ м}$; проектной линии по оси ИССО $H_{пр} = 313,60 \text{ м}$;
 - высота насыпи по оси ИССО: $h_n = 313,60 - 311,40 = 2,20 \text{ м}$.

Гидравлические проверки ИССО.

- По прил.5, рис.П.5.1 устанавливаем, что из типовых круглых железобетонных труб расчетный расход притока $Q_{пр(расчет)} = 8,5 \text{ м}^3/\text{с}$ в зоне расчетных расходов пропускают: КЖБТ отв. $2 \times 2,0$ и КЖБТ отв. $3 \times 1,5$ м, следовательно, для них выполняется первая гидравлическая проверка.
- По прил.5, рис.П.5.1 устанавливаем, что максимальный расход притока $Q_{пр(max)} = 11,6 \text{ м}^3/\text{с}$ обе трубы пропускают в безнапорном режиме, но с различными напорами: $H_{max \text{ КЖБТ } 2 \times 2,0 \text{ м}} = 1,72 \text{ м}$ и $H_{max \text{ КЖБТ } 3 \times 1,5 \text{ м}} = 1,55 \text{ м}$, следовательно, выполняется вторая гидравлическая проверка.
- Величина максимального напора не превышает 4,00 м для обеих труб, следовательно, выполняется третья гидравлическая проверка. Третья гидравлическая проверка выполняется всегда, когда пользуются графиками, приведенными в прил.5 - 8, для типовых труб, т.к. графики составлены с учетом этой проверки.
- По прил.5, рис.П.5.1 устанавливаем скорости течения воды на выходе из труб при пропуске расчетного и максимального расходов и сравниваем их с допускаемыми для принятого в типовом проекте типа укрепления: $v_{вых(расчет)доп} = 6,1 \text{ м/с}$; $v_{вых(max)доп} = 8,3 \text{ м/с}$. Для КЖБТ отв. $2 \times 2,0 \text{ м}$ $v_{вых(расчет)} = 3,1 \text{ м/с} < 6,1 \text{ м/с}$; $v_{вых(max)} = 3,55 \text{ м/с} < 8,3 \text{ м/с}$ (проверка выполняется). Для КЖБТ отв. $3 \times 1,5 \text{ м}$ $v_{вых(расчет)} = 3,2 \text{ м/с} < 6,1 \text{ м/с}$; $v_{вых(max)} = 3,45 \text{ м/с} < 8,3 \text{ м/с}$ (проверка выполняется). Четвертая гидравлическая проверка выполняется всегда для всех труб (ее можно было не делать) - если трубы подбирают типовые по графикам, приведенным в прил.5 - 8.
- По продольному профилю намечаем (пунктирной линией) положение разлившейся подпертой воды при наибольшем напоре (рисунок с профилем не приведен):
 $H_{УПВ \text{ КЖБТ } 2 \times 2,0 \text{ м}} = H_л + H_{max \text{ КЖБТ } 2 \times 2,0 \text{ м}} = 311,40 + 1,72 = 313,12$;
 $H_{УПВ \text{ КЖБТ } 3 \times 1,5 \text{ м}} = H_л + H_{max \text{ КЖБТ } 3 \times 1,5 \text{ м}} = 311,40 + 1,55 = 312,95$.

Устанавливаем, что проектная отметка по оси сооружения является минимальной в пределах **НУПВ** для обеих труб (вариант положения проектной линии, см. рис.П.11.2 а). Выполняем проверку пятого гидравлического требования:

$$\mathbf{H_{УПВ} + h_{запас над НУПВ(безнапор)} \leq H_{пр} = 313,60.}$$

Для трубы КЖБТ отв. 2×2,0м: НУПВ + 0,50 = 313,12 + 0,50 = 313,62 > 313,60 (проверка не выполняется).

Для трубы КЖБТ отв. 3×1,5м: НУПВ + 0,50 = 312,95 + 0,50 = 313,45 < 313,60 (проверка выполняется).

Следовательно, только КЖБТ отв.3×1,5 м прошла все пять гидравлических проверок.

Конструктивные проверки ИССО.

1. По прил.5 определяем $h_{n(min)} - \text{констр КЖБТ } 3 \times 1,5 \text{ м} = 2,04 \text{ м}$. На профиле запроектирована насыпь по оси сооружения $h_n = 2,20 \text{ м}$. Так как $2,20 > 2,04$, то первая конструктивная проверка выполняется.
2. По прил.5 определяем $h_{n(max)} - \text{констр} = 19,00 \text{ м}$ – на естественном, нескальном и несвайном основании. Так как $2,20 < 19,00 \text{ м}$, то вторая конструктивная проверка также выполняется.
3. Так как круглая труба имеет отверстие более 1,00 м, следовательно, ее длина не ограничивается по условиям внутренних работ. Третья конструктивная проверка также выполняется.

Вывод. Для пропуска притекаемых расходов в данных условиях может быть размещена труба: КЖБТ отв. 3×1,5 м. Наивысший уровень подпертой воды **НУПВ** = 312,95 следует нанести пунктирной линией на продольный профиль и его отметку подписать, см. рис.П.11.2 – П.11.4. Углубление русла не требуется.

Замечания.

1. Конечно, разница в 0,02 м (см. пятую гидравлическую проверку) – несущественна и вполне можно было бы оставить КЖБТ отв. 2×2,0 м для дальнейшего сравнения; тогда при первой конструктивной проверке оказалось бы, что КЖБТ отв. 2×2,0 м и ее не проходит, но уже с большей разницей $h_{n(min)} - \text{констр КЖБТ } 2 \times 2,0 \text{ м} = 2,56 > 2,20 \text{ м}$. Однако, и в этом случае можно было бы предусмотреть углубление русла $h_{срез} = 0,36 \text{ м}$. Следовательно, небольшое различие (до 0,50 м) между минимально допустимыми и запроектированными высотами насыпи, в разумных пределах, не являются препятствием для размещения трубы.
2. На практике подбор типов и размеров ИССО не выполняют последовательно по пяти гидравлическим и затем по трем конструктивным проверкам, тем более, что это деление на проверки (требования, условия) введено в учебном пособии как методический прием – для последовательности изложения. В действительности, открыв какое-либо из приложений по трубам прил.5 – 8 сразу смотрят *проходит ли труба гидравлические и конструктивные проверки* (начинать рекомендуется с небольших труб, т.к. они дешевле по строительной стоимости). Если не проходит, тогда переходят к другому типу труб (или даже мостов – когда расходы притекают большие, а насыпь запроектирована невысокая). Следующие два примера изложены именно так: не по последовательным проверкам, а комплексно – по перебираемым типам ИССО.

Пример №2. Разместить ИССО на периодическом водотоке при исходных данных:

- расходы притока к замыкающему створу составляют (см.п.2.2 пособия «Определение расходов притока» пример №1): $Q_{пр(расчет)} = 47,25 \text{ м}^3/\text{с}$; $Q_{пр(макс)} = 65,70 \text{ м}^3/\text{с}$;
- отметки: дна лога $H_n = 311,40 \text{ м}$; проектной линии по оси ИССО $H_{пр} = 313,60 \text{ м}$;
- высота насыпи по оси ИССО: $h_n = 313,60 - 311,40 = 2,20 \text{ м}$.

Гидравлические проверки ИССО + **Конструктивные проверки ИССО**

1. По прил.5, рис.П.5.1 устанавливаем, что из типовых круглых железобетонных труб расчетный расход притока $Q_{пр(расчет)} = 47,25 \text{ м}^3/\text{с}$ в зоне расчетных расходов не пропустит ни одна труба.

2. По прил.7, рис.7.1 устанавливаем, что $Q_{пр(расчет)} = 47,25 \text{ м}^3/\text{с}$ в зоне расчетных расходов пропустит только МГТ отв. 3×3,0 м, однако, максимальный расход притока эта труба не пропустит внутри поля графика, т.е. не будут выполнены третья и четвертая гидравлические проверки; к тому же, эта труба не пройдет и первую конструктивную проверку по величине $h_{n(min)} - \text{констр МГТ } 3 \times 3,0 \text{ м} = 3,65 > h_n = 2,20 \text{ м}$.
3. По прил.6, рис.П.6.1 устанавливаем, что $Q_{пр(расчет)} = 47,25 \text{ м}^3/\text{с}$ в зоне расчетных расходов пропустит только ПЖБТ отв. 2×4,0 м; однако, по величине $h_{n(min)} - \text{констр ПЖБТ } 2 \times 4,0 \text{ м} = 3,20 > h_n = 2,20 \text{ м}$ труба не проходит первую конструктивную проверку.
4. По прил.8, рис.П.8.1 устанавливаем, что $Q_{пр(расчет)} = 47,25 \text{ м}^3/\text{с}$ в зоне расчетных расходов пропустят: ПБТ отв. 6,0 м; ПБТ отв.2×3,0 м (при $h_n = 3,0 \text{ м}$); ПБТ отв.2×4,0 м; ПБТ отв. 2×5,0 м и ПБТ отв.2×6,0 м; однако, по величине $h_{n(min)} - \text{констр ПБТ}$ ни одна из них в запроектированную насыпь не войдет, т.е. не пройдет первую конструктивную проверку.
5. По прил.9, рис.П.9.2 ($h_n = 3,00 \text{ м}$) устанавливаем, что притекаемые расходы $Q_{пр(расчет)} = 47,25 \text{ м}^3/\text{с}$ и $Q_{пр(макс)} = 65,70 \text{ м}^3/\text{с}$ могут пропустить семь разных схем свайно-эстакадных мостов. Учитывая то обстоятельство, что проектная отметка по оси сооружения является самой низкой в пределах разлива подпертой воды при пропуске максимального расхода (при принятой в данном примере схеме профиля, см. рис.П.11.2 а), т.е. является контрольной точкой А, в которой необходимо проверить затопление земляного полотна), из семи схем следует оставить для дальнейшей проверки только те, которые пропускают максимальный расход с напором не более: $(h_n - h_{запас над нупв} = 2,20 - 0,5 = 1,70 \text{ м}$ – см. третью гидравлическую проверку для мостов). Следовательно, остаются четыре схемы: СЭМ 5×6,0 м; СЭМ 3×9,3 м; СЭМ 6×6,0 м; СЭМ 4×9,3 м.
6. Для отобранных четырех схем выполняются: вторая гидравлическая проверка (максимальный напор не превышает 3,00 м), третья гидравлическая проверка (запас проектной линии, а следовательно, и бровки подходной насыпи над наивысшим уровнем подпертой воды составляет не менее 0,50 м) и обе конструктивные проверки ($2,00 < h_n = 2,20 < 8,00$). Следовательно, осталось проверить только первую гидравлическую проверку, см. формулу (П.11.40):

$$\mathbf{H_{пр} \geq H_n + 0,85 \cdot H + m_{min} + c - 0,60.}$$

Расчет начинаем с моста, имеющего небольшое по длине пролетное строение, хотя и запроектированного по схеме с пятью пролетами, следовательно, с числом опор – 4, но учитывая то, что насыпь невысокая и опоры – свайные, данная схема вполне конкурентоспособна.

Для СЭМ 5×6,0 м по рис.П.9.2 определяем значения напоров: $H_{расчет} = 1,29 \text{ м}$; $H_{max} = 1,57 \text{ м}$. Значения запаса принимаем: при пропуске расчетного расхода $m_{min-Расчет-(H>1)} = 0,75 \text{ м}$ (когда глубина подпертой воды перед мостом $H > 1,00 \text{ м}$); при пропуске максимального расхода $m_{min-Qmax} = 0,25 \text{ м}$. Строительную высоту конструкции для железобетонного пролетного строения полной длиной 6,0 м выписываем из прил.9: $c = 0,95 \text{ м}$.

Выполняем проверку первого гидравлического требования для мостов:

- при пропуске расчетного расхода: $313,60 > (311,40 + 0,85 \cdot 1,29 + 0,75 + 0,95 - 0,60 = 313,59)$ – проверка выполняется;
- при пропуске максимального расхода: $313,60 > (311,40 + 0,85 \cdot 1,57 + 0,25 + 0,95 - 0,60 = 313,33)$ – проверка выполняется.

7. Рассчитаем отметку НУПВ для обозначения ее на продольном профиле: $H_{УПВ} = H_n + H_{max} = 311,40 + 1,57 = 312,97$.

Вывод. Для пропуска притекаемых расходов в данных условиях может быть размещен свайно-эстакадный мост: СЭМ 5×6,0 м. Наивысший уровень подпертой воды **НУПВ** = 312,97 следует нанести пунктирной линией на продольный профиль и его отметку подписать, см. рис.П.11.2 – П.11.4. Углубление русла не требуется.

Замечание. Для мостов с трапецидальной формой подмостового русла, к которым относится и выбранный свайно-эстакадный мост, расход, пропускаемый сооружением

зависит от высоты насыпи и при одной и той же схеме, но разных высотах насыпи больший расход пропустит мост на меньшей насыпи, см. прил.4. В рассмотренном примере на продольном профиле запроектирована насыпь $h_n = 2,20$ м. При подборе схемы моста использовался график возможных водопропускных способностей мостов при высоте насыпи $h_n = 3,00$ м. Следовательно, принятые в расчете значения напоров $H_{расчет}(h = 3,0м) = 1,29$ м; $H_{max}(h = 3,0м) = 1,57$ м – несколько завышены. В действительности при высоте насыпи $h_n = 2,20$ м живое сечение потока под мостом будет больше и напоры несколько снизятся, см. рис.П.4.4. При необходимости уточнения расчетов следовало бы определить значения напоров для данной схемы моста и по графикам, изображенным на рис.П.9.1, т.е. при $h_n = 2,00$ м. Эти напоры составили бы $H_{расчет}(h = 2,0м) = 1,15$ м; $H_{max}(h = 2,0м) = 1,43$ м. Следовательно, с помощью линейной интерполяции могут быть установлены истинные напоры перед СЭМ $5 \times 6,0$ м при дробной высоте насыпи, запроектированной на продольном профиле (а не при целых высотах насыпей, для которых построены графики, приведенные в прил.9): $H_{расчет}(h = 2,2м) = (1,29 - 1,15) \cdot 0,2 + 1,15 = 1,18$ м; $H_{max}(h = 2,0м) = (1,57 - 1,43) \cdot 0,2 + 1,43 = 1,46$ м. Следовательно, некоторая погрешность при определении напоров по графикам, приведенным в прил.9 с округлением высоты насыпи – существует, в примере она равна 0,11 м.

В курсовом проекте на данной стадии разрешается не учитывать эту погрешность и подбирать мосты по графикам из прил.9. При округлении высоты насыпи пользоваться обычным правилом, например $h_n = 2,01 \div 2,44$ – округляется отбрасыванием дробной части, т.е. напоры определяются по графикам с высотой насыпи $h_n = 2,00$ м, а при значениях запроектированной насыпи $h_n = 2,45 \div 2,99$ – округляют в большую сторону и напоры определяют по графикам с высотой насыпи $h_n = 3,00$ м.

Пример №3. Разместить ИССО на периодическом водотоке при исходных данных:

- расходы притока к замыкающему створу составляют (см.п.2.2 пособия «Определение расходов притока») пример №2): $Q_{пр(расчет)} = 21,00$ м³/с; $Q_{пр(max)} = 29,20$ м³/с;
- отметки: дна лога $H_n = 343,20$ м; проектной линии по оси ИССО $H_{пр} = 367,12$ м;
- высота насыпи по оси ИССО: $h_n = 367,12 - 343,20 = 23,92$ м.

Гидравлические проверки ИССО + **Конструктивные проверки ИССО**

1. По прил.5 - 9 убеждаемся, что типовые трубы и свайно-эстакадные мосты размещены быть не могут при высоте насыпи $h_n = 23,92$ м, см. вторые конструктивные требования труб и свайно-эстакадных мостов. Следовательно, необходимо разместить железобетонный мост по балочно-разрезной схеме с массивными опорами и обсыпными устоями (конструкция опор при рабочем проектировании может быть уточнена: сборные, сборно-монолитные, монолитные, стоечные, столбчатые и др.).
2. По прил.10, рис.П.10.1 устанавливаем, что притекаемые расходы (кстати, весьма небольшие) могут быть пропущены мостом, у которого ширина русла по дну равняется $b_{дн} = 6,0$ м, при этом напор воды перед мостом составит: при пропуске расчетного расхода $H_{расчет} = 1,80$ м, при пропуске максимального расхода $H_{max} = 2,20$ м. При столь высокой насыпи, конечно будут выполняться все проверки (гидравлические и конструктивные).
3. Необходимо назначить схему моста. Определим длину моста по формуле (см.схему моста в прил.10)

$$\begin{aligned} L_{м(потреб)} &= b_{дн} + 2 \cdot 1,5 \cdot h_n + 2,0 = b_{дн} + 3 \cdot h_n + 2,0. \\ L_{м(потреб)} &= 6,0 + 3 \cdot 23,92 + 2,0 = 79,76 \text{ м}. \end{aligned} \quad (\text{П.12.1})$$

- Учитывая большую высоту насыпи желательнее назначить небольшое число пролетов моста, чтобы было немного высоких (и дорогих) опор.
4. По прил.10 принимаем самые длинные балочные двухпролетные ребристые пролетные строения из преднапряженного железобетона полной длиной $l_n = 34,20$ м. Длина моста складывается (без учета деформационных швов): из длин пролетных строений l_n и устоев $l_y = 4,0$ м (см. часть 4 пособия). $L_m = n \cdot l_n + 2 \cdot l_y = n \cdot l_n + 8$.

Рассчитаем количество пролетов n по формуле: $n = (L_m - 8) / l_n = (79,76 - 8) / 34,2 = 2,1$.

5. Примем $n=2$ и проверим, допустима ли погрешность (см. часть 4 пособия, раздел 2).

$$\begin{aligned} L_{м(обесеч)} &= n \cdot l_n + 8 = 2 \cdot 34,2 + 8 = 76,40 \text{ м}. \\ (L_{м(потреб)} - L_{м(обесеч)}) / L_{м(потреб)} &= (79,76 - 76,40) / 79,76 = 0,04 < 0,08, \end{aligned}$$

следовательно погрешность допустима и может быть принят двухпролетный мост.

6. Рассчитываем $HУПВ = H_n + H_{max} = 343,20 + 2,20 = 345,40$.

Вывод. Для пропуска притекаемых расходов в данных условиях может быть размещен железобетонный мост с массивными опорами и обсыпными устоями: ЖБМ $2 \times 34,2$ м. Наивысший уровень подпорной воды $HУПВ = 345,40$ следует нанести пунктирной линией на продольный профиль и его отметку подписать, см. рис.П.11.2 – П.11.4. Углубление русла не требуется.

Замечание. Столь высокая насыпь при пересечении сухого лога, по-видимому объясняется сложным рельефом местности, частым чередованием крутых “пиков” при пересечении второстепенных водоразделов (отрогов хребтов, мысов) и глубоких “ям” при пересечении логов (ущелий, долин с крутыми склонами). Такой профиль поверхности земли называется “пилообразным”. Даже применяя крутые ограничивающие уклоны (руководящий уклон или уклон кратной тяги) на таком профиле бывает очень сложно уменьшить высоты насыпей при пересечении логов и глубины выемок при пересечении водоразделов. Причина заключается в том, что “пики” и “ямы” расположены близко друг к другу, и при переходе, например, с уклона -18% к уклону $+18\%$ при рекомендуемой алгебраической разности сопрягаемых уклонов, допустим, $\Delta i_{рек} = 6\%$, необходимо запроектировать 5 элементов переходной крутизны (длиной $l_{рек} \geq 200$ м), которые «съедают» ограничивающий уклон, не позволяя опуститься поглубже в лога, чтобы уменьшить высоты насыпей. На таких профилях (на таких картах) вполне возможны высокие насыпи в логах. Применение кривых малого радиуса в плане позволяет лишь незначительно улучшить профиль земли по трассе.

При курсовом проектировании на кафедре “Изыскания, проектирование и постройка железных дорог” ИриИТа отдельным студентам выдают сложные топографические карты. Такая карта уже является элементом УИРС на тему “Трассирование железных дорог в сложных топографических условиях. Приемы развития линий на напряженных ходах”.

В таких случаях, какой рассмотрен в примере №3, по-видимому, наиболее целесообразным будет не проектирование железобетонного моста с массивными опорами и обсыпными устоями с высокой подпорной насыпью, а замена моста и насыпи на железобетонный виадук (ЖБВ). В пользу такого решения могут быть приведены следующие доводы:

- раз такой сложный рельеф, то, скорее всего, и поперечные уклоны значительные, следовательно, *большая косогорность местности*, на которой обеспечить устойчивость земполотна подходов к мосту сложнее, чем устойчивость виадука;
- в сложных топографических условиях вероятнее всего предполагать (пусть это даже не задано в курсовом проекте в явном виде) *сложные склоновые инженерно-геологические процессы*: обвалы, осыпи, оползни, курумы, снежные лавины, селевые потоки, в местах развития которых предпочтительнее проектировать виадуки и эстакады, нежели высокие насыпи.

Проектирование ИССО: тоннелей, виадуков, эстакад, переездов и путепроводов будет рассмотрено в части 6 пособия.

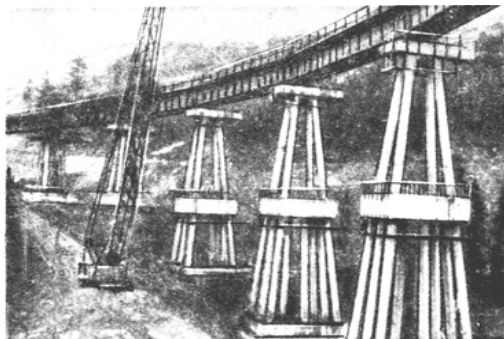
В качестве *образца инженерного решения в сложных топографических и инженерно-геологических условиях* может быть рекомендован опыт строительства мостовых переходов с сейсмостойкими опорами рамного типа на Бурятском участке БАМа, запроектированных Сибгипротрансом и построенных подразделениями треста “Мостострой-9” /46, п.4.4/.

На Бурятском участке БАМа железнодорожная линия пересекала Северо-Муйский хребет, расположенный в пределах высокоактивной в сейсмическом отношении

ПРИЛОЖЕНИЕ 12. ПРИМЕРЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Байкальской рифтовой зоны. Расчетная сейсмичность площадок для строительства мостов на этих участках оценивалась в 9 баллов, рис.П.12.4.

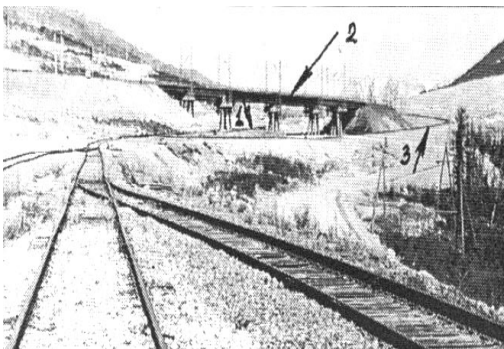
На капитальном обходе Северо-Муйского тоннеля (уклоном 18 ‰) Сибгипротрансом было запроектировано 12 мостовых переходов с сейсмостойкими опорами рамного типа: 4 путепровода, 6 мостов и 2 виадука различных схем с применением пролетных типовых строений, рис.П.12.1-П.12.4.



◀ Рис.П.12.1. Мостовой переход с сейсмостойкими опорами рамного типа (Бурятский участок БАМа, постоянный обход Северо-Муйского тоннеля); рис. из /46/

Двухъярусные опоры запроектированы в виде сборных железобетонных двухъярусных плоских рам со стойками квадратного сечения 0,8×0,8 м. Стойки с помощью усиленных стыков стаканного типа заделаны в монолитное тело фундамента.

Для опор высотой до 20 м использовалась одноярусная конструкция, состоящая из четырех железобетонных столбов диаметром 0,8 м, максимальной высотой до 15 м, объединенных сверху монолитной насадкой, а внизу – фундаментом или телом опор, рис.П.12.2.



◀ Рис.П.12.2. Вид западной горловины развязки №3 на 640-м км обхода с уклоном 40 ‰ Северо-Муйского тоннеля на БАМе: 1 – I путь обхода с уклоном 40 ‰; 2 – участок открытой трассы II пути с путепроводной развязкой в точке пересечения обходов; 3 – соединительный путь между развязкой № 3 и станцией Перевал; рис. из /3/

Установка столбов наклонными в двух плоскостях способствовала повышению жесткости опор. При пересечении постоянных водотоков столбы защищались сборно-монолитным телом из унифицированных блоков ЦНИИСа и облицовочных блоков с монолитным заполнением.

Фундаменты были разработаны двух типов: свайные на буронабивных сваях диаметром 1,2 и 1,5 м и на естественном основании.

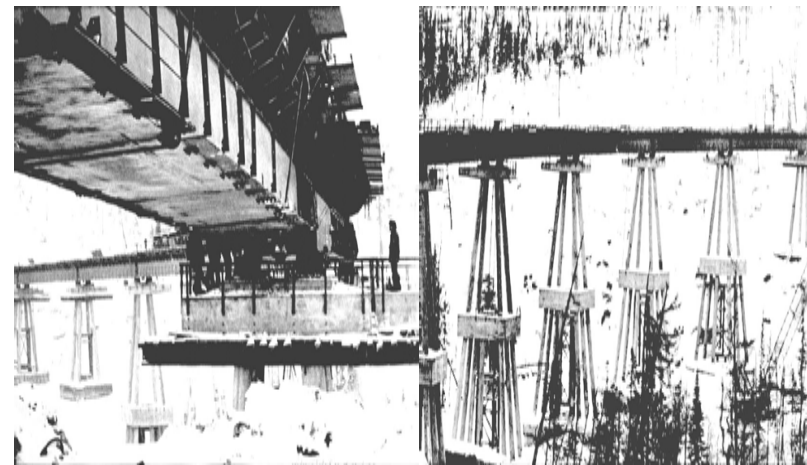
ПРИЛОЖЕНИЕ 12. ПРИМЕРЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Монтаж пролетных строений осуществлялся двумя способами: стреловыми кранами КАТО и ХИТАЧИ «с поля», см. рис. П.12.1 и поворотным консольным краном ГЭПК-130-17,5, рис.П.12.3.

Общая характеристика постоянного обхода с уклоном 18 ‰: длина - 54,3 км (в том числе, длина двухпутных вставок - 5,5 км), средний уклон трассы - 15,5 ‰; процент использования рукуводящего уклона туда/обратно - 38% / 48%; сумма преодолеваемых высот туда/обратно - 421 м / 450 м; протяженность кривых - 35,5 км / 65 %, в том числе, с радиусом 300 м - 20,2 км / 37,2%; покилометровый объем основных / суммарных земляных работ 267,0 / 280,6 тыс. м³/км; водопропускных труб - 28; малых и средних мостов: металлических - 3, железобетонных - 28; больших мостов - 6; виадуков - 2; путепроводов под ж.-д. нагрузку - 5; переездов - 5; галерей - 6 шт. / 925 м; подпорных стен - 5 шт./610 м; высота насыпей до 25 м, на 639-м км при пересечении р.Итыкит виадуком высота насыпи более 35 м, рис.П.12.3, П.12.4; глубина выемок - до 25 м, на 668-м км - выемка глубиной около 42 м; /3, с.210, с.231-233/.

Экономический эффект от применения рамных конструкций составил на каждую опору в зависимости от ее типа 6 – 52 тыс.руб (1989 г.). По всем показателям строительной эффективности стоимость мостовых переходов в результате принятых решений снизилась на 43,3 %, расход строительных материалов - на 47 %, трудоемкость работ уменьшилась на 37,7 %; экономия бетона по сравнению с опорами массивного типа составила 50 %; срок строительства сократился на 30 % /46, с.164 - 165/.

Перспективность сооружения опор рамной конструкции в районах с повышенной сейсмичностью – очевидна. Отсутствие массивного тела и увеличение гибкости дают значительное снижение сейсмических нагрузок, действующих на опоры; на всех опорах предусмотрено антисейсмическое закрепление пролетных строений.



▲ Рис.П.12.3. Строительство виадука через долину р.Итыкит на 639-м км БАМа по трассе постоянного обхода с уклоном 18 ‰ Северо-Муйского тоннеля; схема виадука 10×34,2 м; а – монтаж пролетного строения; б – общий вид виадука; сейсмостойкие двухъярусные опоры рамной конструкции высотой более 35 м; металлические пролетные строения с ездой поверху на балласте (сплошные главные балки длиной 34,2м); радиус кривой около 600 м; строительство ведет Мостоотряд – 52 треста «Мостострой – 9»; фото предоставлены Н.М.Быковой

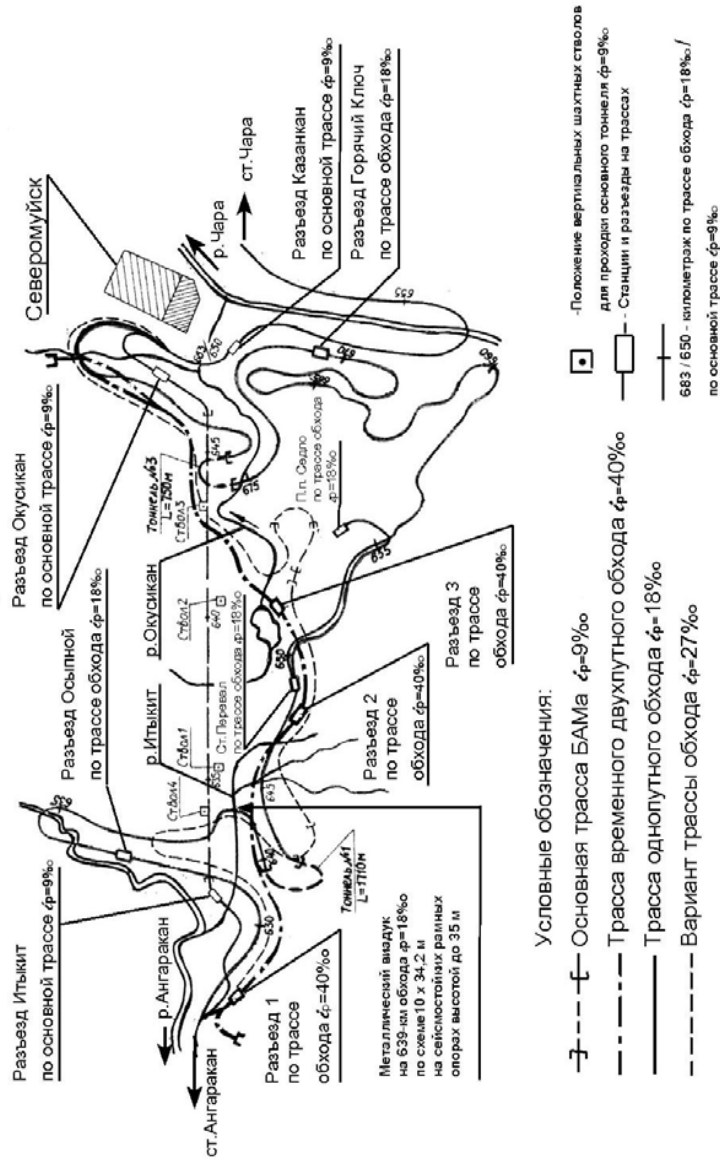


Рис. П.12.4. Схема планов основной трассы (трассы I-го главного пути с $i_p = 9 \text{ ‰}$) и трасс обхода на участке строительства Северо-Муйского тоннеля (Бурятский участок БАМа, 1989 г.), рис. из [3/

ПРИЛОЖЕНИЕ 13.

РАЗМЕЩЕНИЕ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ В СЛОЖНЫХ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ

В приложении 13 приведены основные требования к проектированию водопропускных сооружений в сложных гидрологических, климатических и инженерно-геологических условиях. В приложении использованы материалы работ [1/ - /4/, /8/ - /11/, /13/ - /16/, /20/, /46/ - /48/, /51/ - 60/.

В задании на курсовое проектирование обычно не включают данных по гидрологическим, климатическим и инженерно-геологическим условиям заданного района проектирования новой железнодорожной линии, которые могли бы осложнить выполнение проекта. Это делается для того, чтобы не увеличивать объем работы по проекту.

Дополнительные данные в задание на проектирование могут быть внесены для того, чтобы приблизить курсовой проект к реальным природным условиям заданного района проектирования. Обычно, в курсовых проектах задают: Иркутскую область, Красноярский край, Республику Хакасию, Республику Бурятию, Читинскую и Амурскую области, Республику Саха - Якутию. Названные регионы, несомненно, относятся к районам со сложными природными условиями, для которых наиболее вероятно нижеперечисленные инженерно-геологические, геокриологические и неотектонические процессы.

В таком случае, для разработки элемента УИРС в курсовом проекте необходимо провести библиографический поиск и кроме рекомендованной литературы найти дополнительные источники (нормативные, справочные, учебные, научные, технические, проектные). Напоминаем, что УИРС расшифровывается как учебно-исследовательская работа студентов, следовательно, она не может не включать в себя элемент поиска и самостоятельного творческого проектирования (без шаблонов, без условностей и чрезмерных упрощений).

В прил.13 рассмотрены требования, обеспечивающие эксплуатационную надежность водопропускных сооружений, размещаемых как на периодических водотоках, так и на малых постоянных водотоках (ручьях). Полный обзор всех особенностей проектирования малых ИССО в различных гидрологических, климатических и инженерно-геологических условиях выходит за рамки учебного пособия.

1. Применение труб не допускается при наличии на водотоках (постоянных или периодических) ледохода и карчехода, а также, как правило, в местах возникновения селей и образования наледей [1, п.8.7]. Круглые и прямоугольные железобетонные трубы могут применяться на постоянных водотоках – только в климатических районах с январской изотермой не ниже - 13 °C [24, с.7].
2. В виде исключения в местах возможного образования наледей может быть допущено применение прямоугольных бетонных труб (шириной не менее 3,0 м и высотой не менее 2,0 м) в комплексе с постоянными противоналедными сооружениями. Для пропуска селевых потоков следует предусматривать однопролетные мосты отверстиями не менее 4,0 м или селесуски с минимальным теснением потока [1, п.8.7]; рекомендации по проектированию см. в работах [13, главы 1 и 7/, /16, с.193, п.25.5, с.243 – 244, п.26.6, с.260 – 261/, /46, глава 4/.
3. Пропуск вод нескольких водотоков через одно сооружение должен быть обоснован, а при наличии вечномёрзлых грунтов, селевого стока, лессовых грунтов и возможности образования наледи – не допускается [1, п.8.4/.

4. В районах вечной мерзлоты на участках с просадочными при оттаивании грунтами должны соблюдаться следующие требования:
 - ⇒ водопропускные сооружения необходимо проектировать во всех естественных понижениях продольного профиля, а на слабосточных участках они должны предусматриваться не реже, чем через 500 м; /3, п.2.2, 4.7.1, 9.4/;
 - ⇒ мосты и трубы необходимо располагать на естественном водотоке, не допуская их размещения в бортах логов и русел;
 - ⇒ пересыпание водотоков насыпью с отводом русел не допускается /1, п.8.4/.
5. Рекомендуется применять методику районирования вариантов трасс проектируемых железных дорог по признакам активности неотектогенеза. При этом следует выделять в районе проектирования: *регионы* - с однотипной геотектонической структурой, *районы* - по пересечению блоков земной коры, *участки* - по расположению вариантов трассы относительно направления движения блоков и простирающихся разломов, присваивая каждому километру сравниваемых вариантов трассы проектируемой линии *признак неотектонической активности*: поднятие, опускание, разлом и сопряжение (граница блока) /54, с.121 – 123/. При выборе направления проектируемой линии следует, по возможности, обходить сложные участки, особенно узлы пересечения разломов /56, с.99/.

Пояснения по требованиям 1.2.3.

Примеры разрушительного воздействия ледохода и карчехода на мосты – см. введение части 4 пособия.

Селевые потоки образуются в горных долинах в периоды выпадения в горах сильных дождей, а также при быстром таянии снега и льда, и представляют собой мощные грязекаменные потоки с большим количеством обломочного материала - продуктами размыта и разрушения конусов выноса боковых логов. Общее содержание каменистого материала в селях составляет нередко половину и более от общей массы потока, известны случаи перемещения очень крупных глыб, рис. П.13.1.



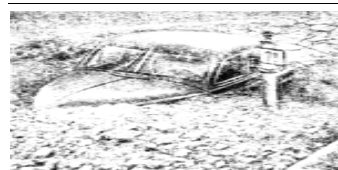
◀Рис.П.13.1. Селевые массы на улицах поселка (на фото виден гусеничный трактор, искореженный селевыми глыбами); рис. из /47/

Плотность селевой массы иногда доходит до 1,4 – 1,5 т / м³, а скорость движения потока в среднем составляет 4 – 5 м/с /47, с.207 – 209/. При этом ИССО, оказавшиеся на пути селевого потока могут быть полностью или частично разрушены, если при проектировании железной дороги не были выполнены требования СТН, рис.П.13.2.



◀Рис.П.13.2. Последствия прохождения селя под автодорожным мостом (на фото видны огромные глыбы и обломки деревьев, принесенные к мосту селем и перекрывающие отверстие моста); рис. из /47/

После прохождения селевого потока долина или лог оказываются покрытыми слоем жидкой грязи (мощностью до 1 м и более) и многочисленными камнями, рис.П.13.3.



◀Рис.П.13.3. Последствия прохождения селя на горной автомобильной дороге (южный берег Крыма; на фото виден автомобиль и километровый столб, заваленные обломочным материалом, принесенным селем); рис. из /47/

Нетрудно представить, что произойдет с малыми водопропускными трубами и смогут ли они пропускать водный поток после прохождения селя. Рекомендации по проектированию малых ИССО в районах распространения селей см. в работах /15, п.8.2 /, /53, п.1.4, 1.5/.

Наледь – это скопление льда на поверхности земли в результате замерзания изливающихся подземных или поверхностных вод /58, с.406 – 407/. Наледи различают по генетическим типам: *обычные*, образующиеся вследствие выхода (излияния) на поверхность подземных вод (грунтовых, надмерзлотных, межмерзлотных и подмерзлотных); *речные*, образующиеся за счет поверхностных вод рек и ручьев, рис.П.13.4; зимой вследствие уменьшения сечения русла реки от образовавшейся толщи льда и промерзания берегов, вода, не имея возможности проходить в речных наносах, под давлением напора вытекает на поверхность замерзшей реки, растекается и промерзает слой за слоем, образуя на льду обширные и мощные пласты слоистого льда; *смешанного типа*; *искусственные*.



◀Рис.П.13.4. Речные наледи: а – глубокая трещина в речной наледи; б – деформация малого деревянного моста, построенного на водотоке с наледью; рис. из /20/

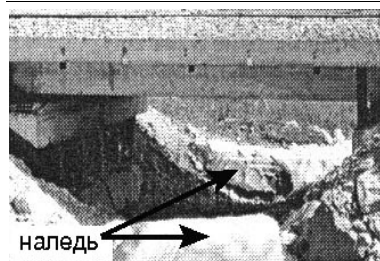
Площади наледей изменяются от сотен до миллионов квадратных метров при мощности наледнего льда от нескольких десятков сантиметров до 10 м /58, с.407/.

Наледи оказывают *непосредственное* и *косвенное* воздействие на ИССО. Непосредственное воздействие состоит в заполнении отверстий льдом, выходе наледных вод на основную площадку земполотна и деформациях верхнего строения пути, рис.П.13.5.



◀Рис.П.13.5. Малый мост через ручей Наледный на обходе (уклоном 40 %) Северо-Муйского тоннеля БАМа, см. рис.П.12.4 (на фото видна наледь, заполнившая почти полностью отверстие малого моста); рис. из /3/

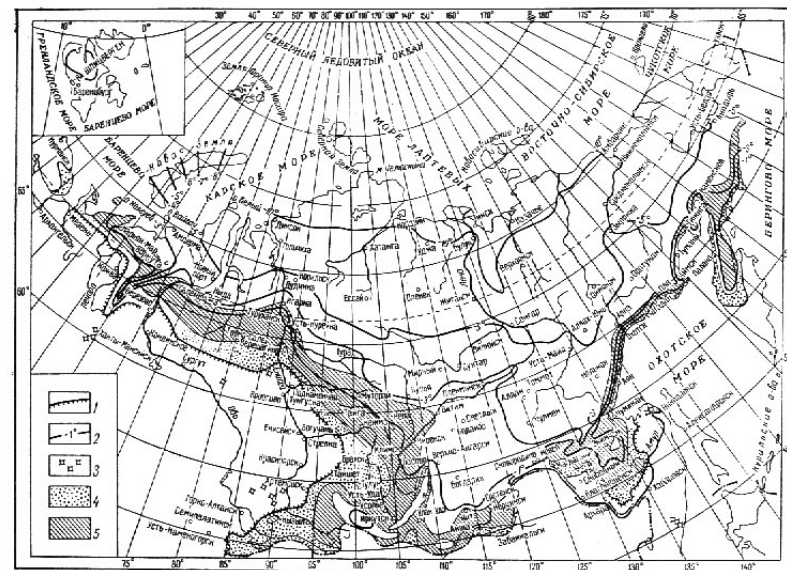
Косвенное воздействие проявляется в виде мерзлотных, гидрогеологических и других явлений (например, пучение грунтов, деградация мерзлых грунтов, растройство швов швенеф трубы вследствие замерзания воды в швах, разжижение грунта насыпи во время таяния льда). Для нормальной эксплуатации труб и малых мостов в тех случаях, когда степень заполнения льдом отверстий превышает 50 %, организуют противоналедную борьбу (околка наледного льда, проколка наледных бугров, оттаивание наледей, устройство задерживающих валов из снега, льда и грунта и др.) /16, с.244/, рис.П.13.6; см. также /15, п.8.3/.



◀Рис.П.13.6. Малый железобетонный мост отв.1×9,3 м на 639-м км по 40 %-ному обходу Северо-Муёйского тоннеля на БАМе, см.рис.П.12.4 (на фото видна наледь на подходах к мосту с верховой и низовой сторон, для пропуска воды отверстие моста очищено от заполнявшего его льда); рис. из /3/

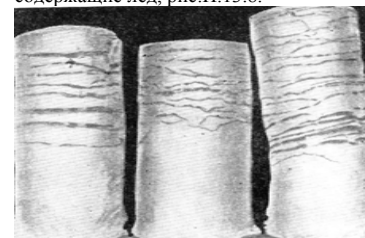
Пояснения к требованию 4.

По температурному режиму грунтов территорию суши делят на три зоны /14/: 1) с положительной температурой верхних и глубинных слоев; 2) с положительной и отрицательной температурой верхних слоев и с положительной температурой нижних слоев (зона сезоннопромерзающих грунтов); 3) с переменной температурой (положительной или отрицательной) верхних слоев, а нижних только с отрицательной (зона вечной мерзлоты или многолетнемерзлых пород). Районы проектирования, задаваемые в курсовых проектах расположены преимущественно во второй и третьей зонах. Глубина промерзания грунта зависит от ряда причин (географического местоположения района проектирования, состава и состояния грунтов, глубины залегания грунтовых вод, характера зимы и др.), рис.П.13.7.



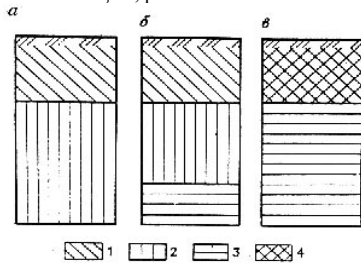
▲Рис.П.13.7. Карта распространения вечномёрзлых грунтов по В.В.Докучаеву: 1 – южная граница распространения; 2 – изотерма на глубине 10 м; 3 – отдельные пункты обнаруженных мерзлых грунтов; 4 – зона отдельных островов мощностью 15 м; 5 – зона островного распространения грунтов мощностью от 15 до 60 м; рис. из /14, рис.17, с.45/.

Мерзлыми называют горные породы, имеющие отрицательную температуру и содержащие лед, рис.П.13.8.



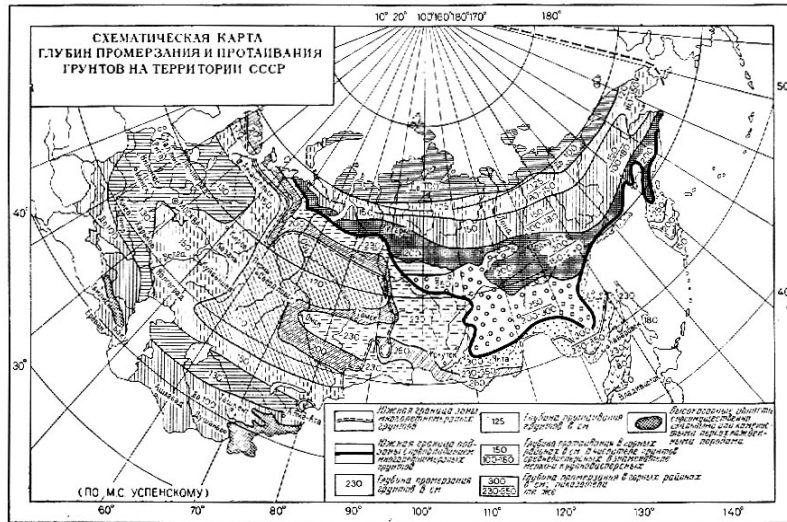
◀Рис.П.13.8. Образцы многолетнемерзлой породы с прослойками льда (керны получены при инженерно-геологических изысканиях); рис. из /47/

Если породы пребывают в мерзлом состоянии более трех лет, то их называют *многолетнемерзлыми* (ММП) или *вечной мерзлотой*. В распространении многолетнемерзлых пород наблюдается широтная зональность: на Крайнем Севере находится зона их сплошного развития, южнее она сменяется зоной прерывистого распространения, а затем зоной островного распространения, рис.П.13.7. Мощность толщ многолетнемерзлых пород в зависимости от климата и рельефа изменяется от нескольких метров до нескольких сотен метров. Массивы многолетнемерзлых пород подстилаются немерзлыми и перекрываются *талыми* или *сезонно-талыми* породами. В зависимости от этого выделяют *несливающиеся* или *сливающиеся* многолетнемерзлые толщи. В первом случае *поверхностный (деятельный) слой*, подвергающийся сезонному оттаиванию и промерзанию, называют *сезонно-промерзающим*, а во втором случае – *сезонно-оттаивающим*, рис.П.13.9.



◀Рис.П.13.9. Сезонно-оттаивающие и сезонно-промерзающие слои при различном залегании многолетнемерзлых пород: а – сезонно-промерзающий слой в немерзлых породах; б – сезонно-промерзающий слой при глубоком залегании многолетнемерзлых пород; в – сезонно-оттаивающий слой при залегании ММП с поверхности; 1 – сезонно-промерзающий слой; 2 – немерзлые породы; 3 – ММП; 4 – сезонно-оттаивающий слой; рис. из /57/

Для предварительного определения границ районов с ММП и глубин промерзания-оттаивания в курсовом проекте может быть использована схематическая карта глубин промерзания и протаивания по М.С.Успенскому (хотя и несколько устаревшая), рис.П.13.10. В дипломном проекте следует провести инженерно-геологические изыскания /43/, /44/, /57/ или воспользоваться данными проектов – аналогов.



▲Рис.П.13.10. Схематическая карта глубин промерзания и протаивания грунтов на территории СССР (по М.С.Успенскому); рис. из /14/

Температура многолетнемерзлых пород изменяется от -10°C в зоне сплошного распространения мерзлоты до десятых долей градуса ниже нуля в зоне островной мерзлоты. Годовые колебания температур ММП могут распространяться до глубины 20 м, которую называют *подошвой слоя годовых колебаний температуры* /57/.

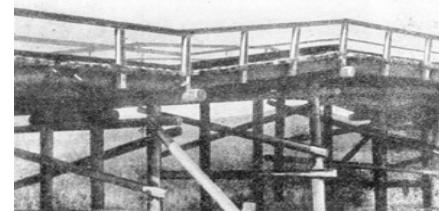
В районах развития ММП вследствие перехода воды в лед и льда в воду широко распространены специфические мерзлотные геологические (геокриологические) процессы и явления. Среди них наиболее часто встречаются следующие.

Надели – рассмотрены выше в пояснении к *требованиям 1,2,3*.

Солифлюкция – медленное оплывание влажных тонкодисперсных глинистых или пылеватых пород по склонам вследствие воздействия гравитационных сил в период оттаивания. Процесс солифлюкции может развиваться даже на очень пологих склонах крутизной всего $2 - 3^{\circ}$. В результате солифлюкции оплывают откосы насыпей и выемок, грунт откосов выемок заполняет кюветы, нарушая продольный водоотвод, оплывшим грунтом заполняются подводящие и отводящие русла и сами отверстия водопропускных сооружений.

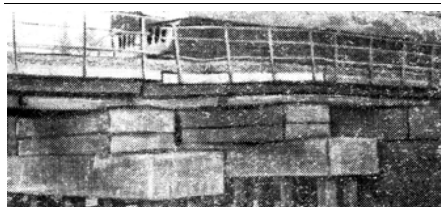
Бугры пучения бывают сезонными и многолетними. *Сезонные* бугры пучения появляются в слое сезонного промерзания и протаивания и разрушаются в течение года. Диаметр их достигает 50 м, высота – 3 м. *Многолетние* бугры пучения (гидролакколиты, булгуньяхи) достигают в диаметре нескольких сотен метров, а в высоту – 40 м при крутизне склонов $20 - 30^{\circ}$. При замерзании воды объем образующегося льда на 10 % больше объема воды. Увеличение грунта в объеме вследствие замерзания называют *пучением*, вредное воздействие которого испытывают земляное полотно (соответственно, и верхнее строение пути, см. часть 2 пособия, с.33) и ИССО.

Очень часто деформации от вредного морозного пучения испытывают свайно-эстакадные мосты (деревянные или железобетонные). Обычно этим деформациям подвержены промежуточные опоры, что сопровождается искривлением продольного профиля моста («горбатый» мост), изломом схваток и расстройством соединений элементов в местах их врубок у деревянных мостов. Деформации от пучения достигают 1,5 – 2,0 м (в отдельных случаях – 3,0 м), т.к. сила смерзания мерзлого грунта с деревом достигает значения 2,5 МПа (в зависимости от физических свойств грунта и состояния поверхности опор), рис.П.13.11.



◀Рис.П.13.11. Деформации деревянного свайно-эстакадного моста в результате морозного пучения грунтов в районе вечной мерзлоты; рис. из /47/

У железобетонных свайно-эстакадных мостов из-за неравномерного выпучивания свай происходит разрушение насадок опор, а пролетные строения разрушаются в местах соединения отдельных блоков, рис.П.13.12.



◀Рис. П.13.12. Деформации промежуточных опор и пролетных строений железобетонного свайно-эстакадного моста в результате морозного пучения грунтов основания; рис. из /48/

Морозному пучению подвержены и обсыпные устои свайно-эстакадных мостов с низкими подходными насыпями, а также входные и выходные оголовки водопропускных труб, у которых наблюдаются деформации крыльев оголовков, и сами звенья труб (деформации продольной растяжки, перекосов и просядков отдельных звеньев и секций), рис.П.13.13.



◀Рис.П.13.13. Разрушение оголовка водопропускной трубы морозным пучением грунта насыпи; рис. из /48/

Термокарстом называют вытаивание ледяных образований, имеющихся в мерзлых породах, или протаивание сильно льдистых глинистых пород, вследствие чего на поверхности земли возникают *воронки* и *пояры*, по внешнему виду напоминающие карстовые. При вытаивании мощных линз повторно-жильных льдов и затрудненном стоке образуются *термокарстовые озера*, а при свободном стоке – *останцы вытаивания* (байджерахи). Отрицательные формы рельефа могут достигать в поперечнике нескольких километров, глубина их может составлять от нескольких метров до 40 м. Термокарст развивается при *уничтожении растительного покрова* (например, торфо-мохового покрова в таежно-болотистой местности, тундре и лесотундре) во время изысканий, строительства и эксплуатации железной дороги. Из-за нарушения природного баланса температур в случае *плохо запроектированного водоотвода* (слабый сток, недостаточны уклоны подводящих и отводящих русел, не предусмотрены водопропускные сооружения поперечного водоотвода во всех естественных понижениях местности) *увеличивается глубина сезонного протаивания мерзлых пород*, что также приводит к развитию термокарста, снижению несущей способности грунтов оснований земполотна и ИССО.

Рассмотрим пример. При проведении ВНИИТСом (ЦНИИС) в 1989 г. обследований железной дороги Ягельная – Ямбург (Газовский полуостров, примерно: 68° с.ш. и 68° в.д.) был отмечен ряд участков с резкой активизацией термокарста и подтопления насыпи железной дороги, рис.П.13.14 /9/.

При сравнении результатов обследований, данных проектной документации и нормативных документов было выявлено, что на тех участках, которые в процессе инженерных изысканий были определены как потенциально опасные с точки зрения их подтопления, изыскателями были рекомендованы водопропускные сооружения. Однако в связи с тем, что нормы проектирования устанавливали не более двух ИССО на 1 км трассы, рекомендации изыскателей учтены не были. В результате на ряде участков наблюдалось неравновесное состояние геотехнической системы (ГТС), что выражалось в интенсивном заболачивании тундры, подтоплении насыпи железной дороги и пересекающих ее трех

ниток газопровода. Развивающееся подтопление привело к всплыванию гтлз трубопроводов, которые уже практически стали основанием насыпи железной дороги, что может привести к серьезным последствиям. Возможно в данном случае необходимо было бы принять решение о проектировании трассы железной дороги на эстакаде. Это обеспечило бы не только значительное снижение нагрузок на геологическую среду на участке уже функционирующего газопровода, но и предотвратило бы столь масштабное нарушение ландшафтов тундры, вызвавшее интенсификацию термокарста, морозное пучение гртнгов, заболачивание.

Одной из основных причин деградации мерзлоты и активизации неблагоприятных мерзлотных процессов является нарушение растительного покрова тундры, которое часто происходит еще до начала строительства. Исследования, проведенные по линии Ягельная-Ямбург /9, 55/ показали, что за период от начала изысканий до завершения строительства этой железной дороги скорость развития термокарста на тех участках, где он развивался еще до начала строительства, увеличилась в 10 раз (выявлено по материалам аэрофотосъемок разных лет), а на участках, расположенных вне зоны влияния строительства, практически не изменилась. Более того, был отмечен ряд участков трассы, где возникли термокарстовые озера глубиной протаивания до 1,7 м, которых не было до начала строительства. Причины? На аэрофотоснимках 1988 г. (на стадии завершения строительства железной дороги) в зоне шириной 3 км вдоль трассы насчитывалось до 50 линейных следов гусеничного транспорта. Мохово-кустарниковая растительность в этой зоне практически полностью была нарушена, а заболачивание достигло такой стадии развития, когда борьба с ним без специальных мелиоративно-осушительных мероприятий стала невозможной.



▲ Рис. П.13.14. Подтопление насыпи железной дороги Ягельная – Ямбург на участке ее пересечения с тремя нитками газопровода (аэрофотоснимок выполнен А.П.Бгатовым); рис. из /9/

При исследованиях кроме обычной аэрофотосъемки (АФС) применялась многозональная аэрофотосъемка (МАФС) с борта самолета Ан-30 с использованием камеры МСК-4, обеспечивающей синхронную съемку в шести узких спектральных диапазонах видимой части электромагнитного спектра (от 0,40 до 0,85 мкм) с получением четырех отдельных аэрофотоизображений в синем, зеленом, желто-оранжевом и красном каналах в масштабах 1:24000 – 1:70000. Последующее оптико-электронное преобразование снимков на специальных синтезирующих и обрабатывающих приборах (многозональных синтезирующих проекторах МСП-4) позволило получить снимки (масштабом до 1:5000), превосходящие во много раз по информативности материалы обычной АФС (например, данные о влажности почв и о процессах тепло-влаги-массопереноса). На рис. П.13.15. приведена копия фрагмента снимка МАФС (оригинал - цветной).

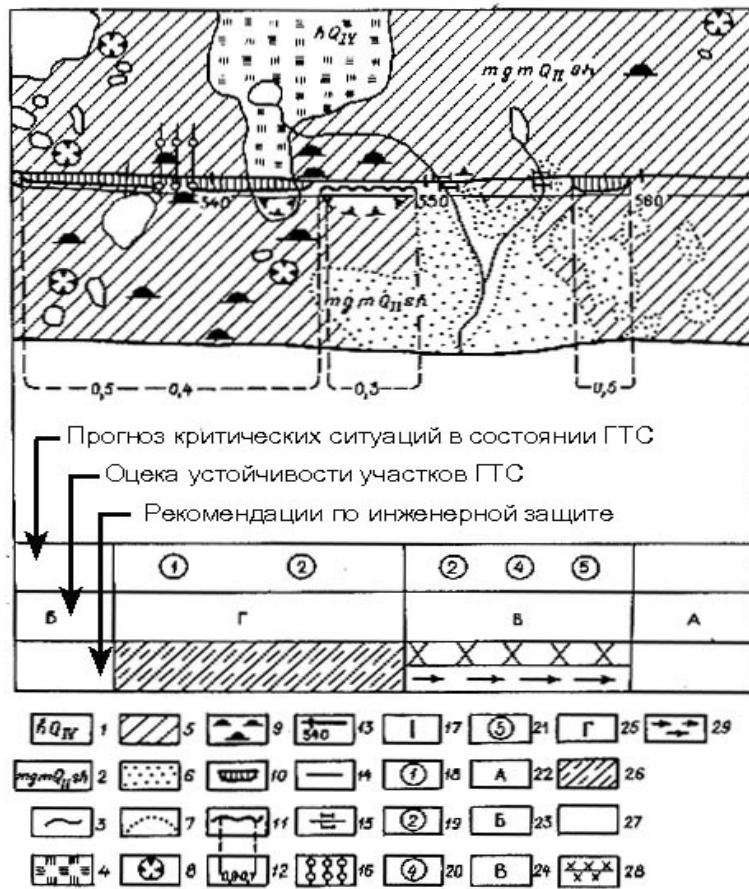
Дешифрирование материалов МАФС показало, что подтопление происходит на тех участках, где непредусмотрены водопропускные сооружения, которые по условиям рельефа крайне необходимы.

В НПЦ «Аэроизыскания» ВНИИТСа (ЦНИИС) были составлены карты прогноза критических ситуаций в состоянии транспортной геотехнической системы «Железная дорога Ягельная – Ямбург», фрагмент которой приведен на рис. П.13.16.

Такие инженерно-геологические прогнозно-оценочные карты, см. рис. П.13.16, позволяют проводить мониторинг ГТС на стадиях изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации железных дорог с позиций анализа динамики компонентов ГТС при различных режимах функционирования для целей прогнозирования и предупреждения критических ситуаций путем управления транспортной ГТС «Железная дорога».



▲ Рис. П.13.15. Фрагмент синтезированного многозонального аэрофотоснимка района эксплуатации железной дороги Ягельная – Ямбург в районе пересечения с магистральным газопроводом; рис. из /9/



▲ Рис. П.13.16. Фрагмент инженерно-геологической прогнозно-оценочной карты транспортной ГТС «Железная дорога Ясельная – Ямбург» на участке пересечения магистрального газопровода; рис. из /9/. **инженерно-геологическая ситуация, генезис и возраст отложений:** 1 – болотные современные отложения; 2 – среднечетвертичные отложения, сахалинский горизонт; 3 – границы типов отложений; **литологический состав:** 4 – торф; 5 – суглинки; 6 – песок; 7 – границы отложений; **неблагоприятные процессы и явления:** 8 – термокарст; 9 – многолетнее пучение; 10 – заболачивание; 11 – подтопление; 12 – глубина заболачивания и подтопления, м (по данным 1989 г.); **существующие инженерные сооружения:** 13 – железная дорога и километровые знаки; 14 – грунтовая дорога; 15 – малые мосты; 16 – трасса газопровода; 17 – водоотводные сооружения; **прогноз критических ситуаций в состоянии ГТС:** 18 – вертикальные деформации насыпи; 19 – размыв насыпи в результате подтопления; 20 – деформации мостовых опор; 21 – разрушение насыпи боковой эрозией; **оценка устойчивости ГТС:** 22 – устойчивые участки; 23 – относительно устойчивые участки; 24 – неустойчивые участки; 25 – участки в критическом состоянии (подтопление, заболачивание в основании насыпи, активизация термокарста и эрозии); **рекомендации по инженерной защите:** 26 – подсыпка брем железной дороги дренирующими грунтами; 27 – подсыпка насыпи автодороги; 28 – вскрытие перемычек; 29 – организация продольного водоотвода

Самым коварным свойством ММП является то, что находясь в мерзлом состоянии они обладают высокими значениями сопротивлений сжатию и скалыванию, а при оттаивании (особенно илстых и глинистых грунтов) они переходят в разжиженное состояние, характеризующееся чрезвычайным переувлажнением и очень небольшими значениями несущей способности и сопротивления сдвигу. В некоторых случаях количество воды в оттаявших грунтах превосходит по весу содержание в них твердого вещества. Поэтому, нагрузка от сооружения (земляного полотна, ИССО), вполне допустимая для мерзлого грунта, оказывается чрезмерной для оттаявшего грунта, превратившегося в разжиженную массу, что приводит в таких случаях к выпиранию грунтов из-под подошв фундаментов ИССО, неравномерным осадкам насыпей и другим деформациям, названным деформациями *просадок при оттаивании* (напоминающим деформации просадочных грунтов, например, лессовых при их увлажнении - резким изменением свойств грунтов).

Протаивание вечномерзлых грунтов под фундаментами массивных устоев из-за теплового воздействия водотока в сочетании с неравномерной загрузкой фундаментов приводит к крену устоев малых мостов, в основании которых залегают ММП, рис. П.13.17. Это в свою очередь вызывает смещение опорных частей под пролетными строениями и деформации верхнего строения пути, что требует дополнительных расходов по текущему содержанию пути.



◀ Рис. П.13.17. Крен устоя малога железнодорожного моста в сторону насыпи вследствие протаивания грунтов основания; рис. из /48/

Обследования деформированных водопропускных сооружений показывают /48/, что 2/3 из них получили деформации из-за неудовлетворительных по объему и качеству инженерно-геологических изысканий, а также из-за ошибок при назначении проектно-конструкторских решений. На устранение деформаций расходуются дополнительные средства, превышающие в некоторых случаях первоначальную стоимость сооружений.

Таким образом, из приведенных пояснений следует, что соблюдение *требования 4* по тщательному проектированию водоотвода на вечной мерзлоте и недопущению деградации ММП, расположенных в основаниях ИССО, - чрезвычайно важно.

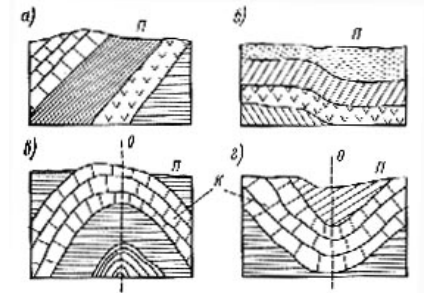
Пояснения к требованию 5.

Тектоника – строение, структура участка земной коры, определяющаяся совокупностью тектонических движений и историей их развития. Тектонические движения в земной коре проявляются постоянно. В одних случаях они медленные, мало заметные для глаза человека, в других – в виде интенсивных бурных процессов.

Тектонические движения земной коры можно подразделить на три основных типа /59/: 1) *колебательные*, выражающиеся в медленных поднятиях и опусканиях отдельных участков земной коры; 2) *складчатые*, обуславливающие смятие слоев земной коры в складки и 3) *разрывные*, приводящие к тектоническим разрывам слоев и массивов горных пород.

Складчатые тектонические движения выводят пласты осадочных пород из горизонтального положения, придают им наклон или сминают в складки. Так возникают *складчатые (пликативные) дислокации*, особенностью которых является то, что они образуются без разрыва сплошности слоев (пластов). Основными складчатыми дислокациями являются: *моноклираль, складка (антиклиналь, синклиналь), флексура*,

рис. П.13.18. Горные породы в вершинах складок всегда бывают трещиноваты, а иногда даже раздроблены, рис. П.13.19.

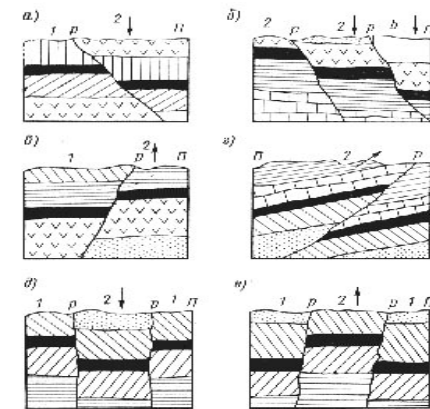


◀ Рис. П.13.18. Складчатые дислокации: а – моноклираль; б – флексура; в – антиклиналь; г – синклираль; К – крылья складки; О – ось складки; П – поверхность Земли; рис. из /59/

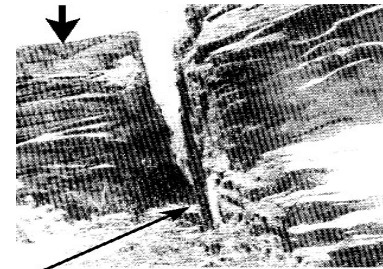


◀ Рис. П.13.19. Синклиральное залегание слоев (по оси складки виден разлом); рис. из /59/ (дополнен)

В результате интенсивных тектонических движений могут происходить *разрывы сплошности пластов*. Разорванные части пластов смещаются относительно друг друга. Смещение происходит по плоскости разрыва, которая проявляется в виде *трещины*. К *разрывным (дизъюнктивным) дислокациям* относят сбросы, взбросы, горсты, грабены, сдвиги и надвиги, рис. П.13.20, П.13.21.



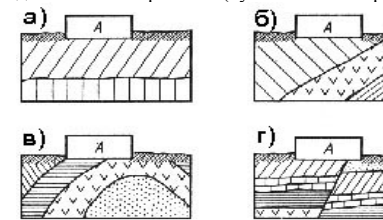
◀ Рис. П.13.20. Разрывные дислокации: а – сброс; б – ступенчатый сброс; в – взброс; г – надвиг; д – грабен; е – горст; 1 – неподвижная часть; 2 – смещенная часть; П – поверхность земли; р – разрыв (разлом); рис. из /59/



Трещина разлома

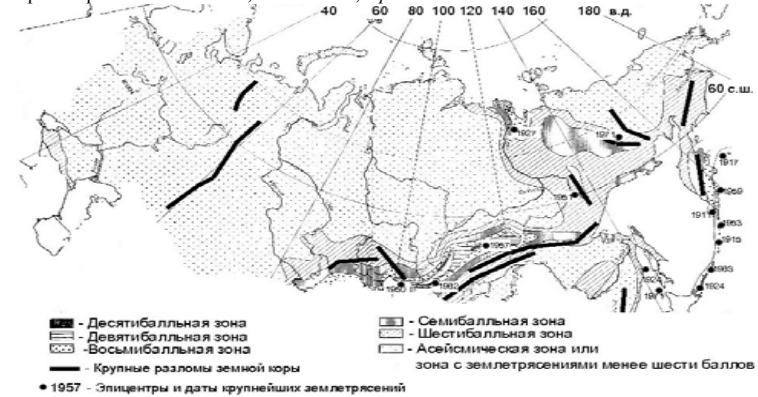
◀ Рис. П.13.21. Открытая трещина тектонического разлома (сброса); рис. из /47/ (дополнен)

Наличие дислокаций усложняет инженерно-геологические условия района проектирования железной дороги: нарушается однородность грунтов оснований сооружений, образуются зоны дробления, снижается прочность грунтов, по трещинам разрывов периодически происходят смещения, циркулируют подземные воды. Например, при крутом падении слоев ИССО может располагаться одновременно на различных грунтах (что может привести к неравномерным осадкам основания сооружения), рис. П.13.22 в, или даже на линии разлома (хуже всего если разлом активен), рис. П.13.22 г.



◀ Рис. П.13.22. Схемы возможных вариантов условий размещения сооружения А: а, б – благоприятные; в – малоблагоприятный; г – неблагоприятный; рис. из /59/

На рис. П.13.23 представлена карта сейсмического районирования с нанесенными на нее крупными разломами земной коры. Указаны также эпицентры и даты крупнейших землетрясений. По карте можно сделать вывод, что задаваемые в курсовом проекте районы проектирования относятся, в основном, к *районам активного неотектогенеза*.



▲ Рис. П.13.23. Карта сейсмического районирования (ИФЗ АН СССР, 1968 г.) из /36/ с нанесенными крупными разломами земной коры датами землетрясений из /60/

Например, на Бурятском участке БАМа ранжировано несколько типов разломов /54/: генеральные разломы расположены через 50 – 75 км, региональные - через 10 – 50 км и локальные - через 1 – 5 км. Наиболее активными участками являются узлы пересечения продольных и поперечных региональных разломов, в которых наблюдаются разнонаправленные движения отдельных блоков земной коры.

При инженерно-геологических изысканиях железных дорог следует большее внимание уделять неотектоническим движениям земной коры, к которым кроме землетрясений относятся менее заметные, но, как выяснилось (см. работу /54/), не менее значимые медленные движения отдельных блоков земной коры, которые особенно опасны в зонах разломов и, в первую очередь - для водопропускных сооружений.

В сложных топографических условиях трассирование, в основном, ведут долинами ходами. В большинстве случаев природная гидрография повторяет рисунок тектонических разрывных нарушений – разломов. Следовательно, мосты и трубы оказываются в самой активной зоне и испытывают дополнительные (не учтенные при типовом проектировании) нагрузки из-за возникающих дополнительных перемещений, величина которых изменяется от 0,003 до 0,100 м /год. Мосты и трубы (также как и земляное полотно железных дорог) являются долговременными сооружениями и за 100-летний период деформации от неотектонических подвижек (часто разнонаправленных на противоположных берегах водотоков или склонах логов) могут достигнуть от 0,30 до 10,00 м /54/.

В работе /54/ проведено исследование влияния неотектонических подвижек на напряженно-деформированное состояние инженерных сооружений железных дорог (мостов, труб, земляного полотна) по методу конечных элементов с использованием вычислительного комплекса COSMOS/M, разработанного фирмой S.R.A.C. (США) для ПЭВМ.

В результате исследования были сделаны следующие выводы (ниже приведены только основные выводы из работы /54/).

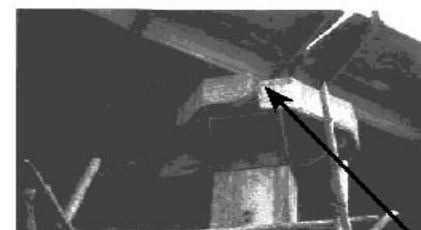
Для малых однопролетных железобетонных мостов с массивными опорами на естественном основании с несобственными устоями /54, с.85 – 86/.

1. Перемещения опоры, вызванные деформациями грунтового массива под опорой, приводят к резкому росту главных растягивающих напряжений (на которые материал опор – бетон класса В-20 работает плохо: расчетное сопротивление растяжению $R_{bt} = 0,85$ МПа), рис.П.13.24.
2. Наиболее чувствительным по восприятию тектонических деформационных воздействий является фундамент.
3. Появляются растягивающие напряжения, превышающие нормативные значения бетона, что может явиться причиной разрушения фундаментов и отрыва передних и задних стенок устоев, появления трещин в районе подферменной плиты, рис.П.13.25, и в теле устоя.
4. При проектировании новых опор необходимо выполнять расчеты опор с учетом тектонических подвижек, армировать фундаменты с учетом возможного перераспределения напряжений от тектонических воздействий.

Возрастание главных растягивающих напряжений
вверху задней стенки устоя до 1,2 МПа



Рис.П.13.24. Фрагмент результирующих перемещений при расчетной схеме ПП-8: опускание правого угла фундамента правого устоя на 0,08 м; рис. из /54/



Деформация подферменника моста

Рис.П.13.25. Деформация подферменной площадки малого моста из-за неравномерных тектонических подвижек (на одном из участков ВСЖД, фото Н.М.Быковой, 1996 г.); рис. из /56/

Для водопропускных прямоугольных железобетонных труб /54, с.102 – 103/.

1. Неравномерные движения поднятия грунтового массива приводят к выгибу трубы вверх, благоприятные последствия которого заключаются в том, что: разгружается от растягивающих напряжений фундамент трубы и снижаются касательные напряжения в стенках трубы. Однако, в это же время часть трубы попадает в область высоких растягивающих напряжений, особенно в сечениях под рельсовой колеи; в районе оголовков также появляется зоны растягивающих напряжений, рис.П.13.26 а. В результате могут появиться разрушения оголовков и верхней части трубы, рис.П.13.27. Поэтому для улучшения работы трубы в местах неравномерного поднятия блоков земной коры необходимо усилить поперечное армирование оголовков и продольное армирование верхней части тела трубы.
2. При опускании трубы наблюдается обратная картина. Сжимающие напряжения увеличиваются, что при хорошей работе на сжатие бетона в пределах нормативных значений сопротивления (для бетона класса В-20 расчетное сопротивление сжатию $R_b = 10,5$ МПа) не представляет опасности. Однако, при этом резко возрастают скальвающие напряжения в стенке трубы в сечениях, расположенных в четверти длины трубы, которые достигают 10,5 МПа, рис.П.13.26 б. Следовательно, неравномерное опускание трубы может привести к скальвающим трещинам стенки тела трубы. Поэтому, в таких случаях необходимо усилить поперечное армирование трубы в стенках.

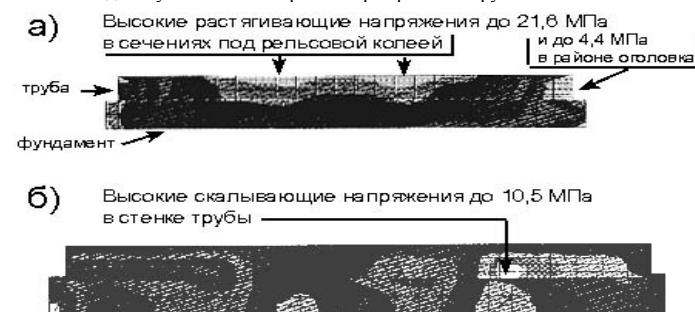


Рис.П.13.26. Результаты анализа напряженно-деформированного состояния трубы методом конечных элементов с использованием комплекса COSMOS/M: а – напряжения σ_x при схеме тектонических подвижек ПП-3 (собственный вес и поднятие по центру грунтового массива на 0,20 м); б – напряжения τ_{xy} при схеме ПП-4 (собственный вес трубы и опускание по центру грунтового массива на 0,20 м); рис. из /54/



◀Рис.П.13.27. Деформации свода каменной овоидальной водопропускной трубы из-за значительных растягивающих напряжений, возникших вследствие неравномерных тектонических подвижек; хорошо видны также и деформации насыпи над трубой (наклонены опоры контактной сети); (на одном из участков ВСЖД; фото Н.М.Быковой, 1996 г.); рис. из /56/

Выводы. После приведенных пояснений становится понятным *требоване 5.*

На стадии изысканий необходимо всеми возможными методами выявлять современные (новейшие) неотектонические движения земной коры, фиксировать разломы, их направленность и активность. Наука накопила большой материал, который может быть использован при этом. Методы выявления активных тектонических разломов: геоморфологические (анализ строения рельефа и речных долин); геологические (выявление мощности и структуры четвертичных отложений; изучение тектонического крипа); гидрогеологические (выявление аномалий подземных вод и газов); гидрологические (изучение уровня режима озер и водохранилищ); геохронологические (изучение наледей); геофизические; геоботанические, геодезические и аэрокосмические.

Результатом комплексного изучения района проектирования новой железнодорожной линии должна стать карта районирования по инженерно-геологическим условиям, в том числе, по новейшим тектоническим подвижкам.

При необходимости трассирования в зонах активных разломов следует, по возможности, избегать узлов пересечения разломов, особенно разнонаправленных (воздымающихся и опускающихся блоков земной коры).

Водопропускные сооружения на разломах и в пределах блоков размещать исходя из принципа: на поднимающихся участках лучше работают мосты, а на опускающихся – трубы.

При необходимости размещения водопропускных сооружений на разломах применять индивидуальное проектирование ИССО, учитывая дополнительные напряжения, возникающие в конструкциях от соответствующих деформаций их оснований.

К чему может привести недоучет названных неотектонических подвижек можно видеть из примера.

Пример. Во время проектирования и строительства Транссибирской магистрали не были учтены названные факторы. В результате, на многих участках наблюдаются деформации ИССО, вызванные неотектоническими подвижками.

Анализ, проведенный в работе /54/ показывает, /54, с.43 – 46/:

по водопропускным трубам, что 38 % поврежденных труб (разрушение оголовков, разрыв швов между звеньями, сквозные или глубокие вертикальные и горизонтальные трещины, просадки оснований) приходится на участки поднятия, 47 % - на участки разломов, рис.П.13.28, 15 % на участки сопряжения блоков, 0 % - на опускающихся участках;

по мостам, из которых 18 % - металлические, 82 % (малые и средние) – железобетонные; ввиду замены пролетных строений были проанализированы повреждения и перемещения опор (силовые трещины в теле опор, отрыв стенок устоев, просадки, сдвиги опор, разрушение опорных плит, расстройство кладки, перекосы и угоны катков опорных частей, сдвиги пролетных строений): 51 % случаев поврежденный приходится на участки опускания, 48 % - на участки разломов и сопряжений, рис.П.13.29; 1 % - на участки равномерного поднятия блоков земной коры.



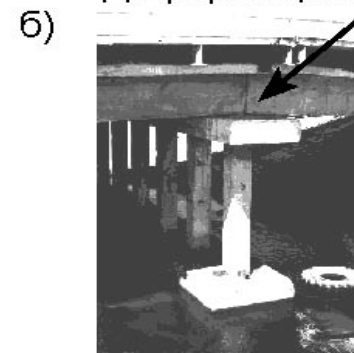
Деформации трубы и насыпи

◀Рис.П.13.28. Деформации двухочковой круглой железобетонной трубы в результате неравномерных тектонических поднятий, приведших к разрушению звеньев трубы и деформации насыпи над трубой; на фото видны ремонтные гильзы, установленные в отверстия трубы для пропуска воды; а – вид с входного оголовка; б – вид с выходного оголовка; (ВСЖД, фото Н.М.Быковой, 1996 г.); рис. из /56/



Деформации

◀Рис.П.13.29. Деформации малого свайно-эстакадного железобетонного моста на участке неравномерного опускания устоев моста; а – общий вид двухпролетного свайно-эстакадного моста, хорошо видны опускания устоев; б –наклон балок пролетных строений; (ВСЖД, фото Н.М.Быковой, 1996 г.); рис. из /54/



В работе /54/ выполнено районирование главного хода Транссиба на участке ст. Мариинск – ст. Горхон. Например, на Нижнеудинском участке распространены разломы трех видов ориентировок: 1) северо-западной (саянской) ориентировки; 2) меридиональные разломы; 3) северо-восточной (байкальской) ориентировки.

Нижнеудинский участок располагается в зоне сопряжения двух крупных блоков, разделяемых Топорокским разломом (по долине реки Топорок), подвижки блоков в пределах которого – разнонаправлены. Более того, *трасса железной дороги проходит через узел двух разломов*: Топорокского (преимущественно саянской ориентировки) и безымянного активного разлома байкальской ориентировки. В результате на данном участке ИССО имеют деформации (повреждено 72 % труб и 33% мостов). На рис. П.13.30 показана деформация водопропускной трубы, расположенной в узле разломов на закарстованных известняках; эта же труба показана на фото рис. П.13.27.



▲ Рис. П.13.30. Фрагмент карты районирования Транссибирской магистрали (Нижнеудинский участок): 1 – разломы саянской ориентировки; 2 – меридиональные разломы; 3 – разломы байкальской ориентировки; рис. из /54/

Необходимость учета медленных неотектонических подвижек блоков земной коры при трассировании новых железных дорог пока не вошла отдельным пунктом в действующие нормативные документы по проектированию железных дорог, например, в раздел 8 СТН Ц-01-95 /1/. Однако, необходимость применения такого критерия при принятии решений в проектировании железных дорог, на наш взгляд, доказана, см. /54/, /56/.

Исследование влияния неотектонических подвижек на работу всех несущих конструкций железных дорог – это новое перспективное направление, разработка которого начата Н.М.Быковой (с коллективом сотрудников ИрИИТа, СГУПСа, ИЗК и ИДСТУ СО РАН) в 1995 г. и которое продолжается по настоящее время. Результаты исследований внедрены на Восточно-Сибирской и Красноярской железных дорогах.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Б

Барьерное место	89, 141
Бассейн	19
- границы	19, 20, 53
- нагорная сторона	62
- объединение	23, 36
- однокатный	31
- площадь	26, 27, 28, 30, 57, 60
- простой	57
- разделение	22, 24, 36
- сложный	40, 57, 59
Берг-штрих	54, 56
Блок-диаграмма	
- аксонометрическая	55
- геологическая	55, 58
- перспективная	55
Бугры пучения	147
Быстроток	12

В

Ведомость ИССО	36, 38
Водоотвод	
- поперечный	17, 57
- продольный	11, 22, 23
Водопропускная труба	
- бетонная	65, 68, 104
- достоинства	69
- монолитная	68
- недостатки	69, 89
- отверстие	68
- сборная	68
- фундамент	69
- высота насыпи	
- максимальная	69, 70, 77, 124
- минимальная	123
- гидравлический режим работы	95
- безнапорный	63, 96
- напорный	96
- полупонапорный	96
- гидроизоляция	63
- защита	72
- обмазочная	71
- оклеечная	71
- деревянная	66, 73
- достоинства	73
- недостатки	73
- длинная	66
- железобетонная	69
- достоинства	72
- круглая	64, 69, 70, 98
- монтаж	72
- недостатки	72

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- овоидальная.....	69, 70
- отверстие.....	70
- прямоугольная.....	69, 70, 71, 100
- затопленная со стороны нижнего бьефа.....	66
- звено.....	70
- коническое.....	72
- каменная.....	65, 67
- достоинства.....	68
- недостатки.....	68
- овоидальная.....	68
- с вертикальными стенками и сводом.....	68
- классификация.....	
- по влиянию глубины воды в нижнем бьефе.....	66
- по влиянию длины трубы на ее водопропускную способность.....	66
- по материалу.....	64
- по углу между трассой и осью трубы.....	66
- по уклону.....	66
- по форме поперечного сечения.....	64
- по числу очков.....	64
- короткая.....	66
- косая.....	66
- косогорная.....	66, 96
- металлическая.....	
- металлическая гофрированная.....	65, 74, 102
- достоинства.....	79, 80
- лоток.....	75
- многоярусная.....	75
- модуль деформации грунта обсыпки.....	77
- монтаж.....	79, 80
- недостатки.....	78
- обсыпка (грунтовая призма).....	75, 77
- оголовки (оголовочные части).....	79
- ограничители деформаций.....	76
- отверстие.....	79
- подушка.....	75
- размеры листа.....	75, 79
- сборка.....	80
- экран.....	75
- незатопленная со стороны нижнего бьефа.....	66
- оголовок.....	84
- безоголовочная с вертикально срезанным торцом.....	74
- безоголовочная с наклонным торцом параллельным откосу.....	74
- безоголовочная типа капюшон.....	74
- воротниковый.....	85
- входной.....	63, 85, 87
- коридорный.....	85, 86
- необтекаемый.....	85
- обтекаемый.....	85
- порталный.....	85, 86
- раструбный.....	85, 86, 88
- с нормальным входным звеном.....	85
- с повышенным входным звеном.....	85
- основные части.....	63
- прямая.....	66
- равнинная.....	66

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- секция.....	63, 68
- типовая.....	67
- фундамент.....	63, 81
- плита-экран.....	84
- свайный.....	83
- железобетонная.....	
- фундамент.....	82
Водораздел.....	
- поперечный.....	19, 31, 54
- продольный (главный).....	19, 31, 58, 61, 62
Водораздельная дамба.....	21, 24, 119, 120
Водораздельная точка.....	19, 20, 25, 61
Водосбор.....	19
Возможная водопропускная способность.....	95
- графики.....	97, 114, 116, 117
- зона расчетных расходов.....	116
- железобетонные мосты с обсыпными устоями.....	113
- мосты с трапецидальной формой живого сечения.....	97
- тип укрепления русла.....	117
- типовые круглые железобетонные трубы.....	99
- типовые металлические гофрированные трубы.....	103
- типовые прямоугольные бетонные трубы.....	105
- типовые прямоугольные железобетонные трубы.....	101
- типовые свайно-эстакадные мосты.....	
- высота насыпи 2 м.....	107
- высота насыпи 3 м.....	107
- высота насыпи 4 м.....	108
- высота насыпи 5 м.....	109
- высота насыпи 6 м.....	110
- высота насыпи 7 м.....	111
- высота насыпи 8 м.....	111
Выбор типов и отверстий ИССО.....	112, 114, 131
Высота сечения рельефа.....	58
Г	
Геоинформационная система (ГИС).....	52
Геотехническая система (ГТС).....	150
Глубина воды.....	
- в сжатом сечении.....	94
- во входном сечении моста.....	97
- критическая.....	94
- на входе в трубу.....	94
- на выходе из трубы.....	94
- перед ИССО.....	94
Группа климатических районов.....	28
Д	
Дислокации.....	
- разрывные (дизъюнктивные).....	153
- складчатые (пликативные).....	152
Длина.....	
- главного лога.....	32
- трубы.....	125
Дренажирующая прорезь.....	17

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

З	
Замыкающий створ	19
Запас	
- над наибольшим уровнем подпертой воды в пределах разлива	118, 121, 129
- над сводом трубы до подошвы рельса (толщина засыпки)	123
- над уровнем воды во входном сечении моста	127
- по высоте трубы в свету при пропуске расчетного расхода	115
К	
Канавы	
- водоотводная	11, 13, 20, 22, 23, 25, 56
- длина	21
- уклон	21
- нагорная	12, 23
Карта	
- глубин промерзания и оттаивания грунтов	146
- изолиний элементарного модуля стока весеннего половодья	27
- инженерно-геологическая прогнозно-оценочная	151
- районирования трассы железной дороги по неотектоническим движениям	159
- районов дождевых паводков (ливневых районов)	28
- районов Северной строительно-климатической зоны	126
- распространения многолетнемерзлых пород (ММП)	145
- сейсмического районирования	154
Контрольная точка А	37, 119
КРЕДО	52
Кювет	13
М	
Многозональная аэрофотосъемка	149
Многокритериальная задача проектирования	46
Многолетнемерзлые породы (ММП) - вечномерзлые грунты	146
Морозное пучение грунтов	147
Мост	
- временный объемлющий	89
- железобетонный с массивными опорами	92
- сборный	90
- свайно-эстакадный	90, 106
- монтаж	92
- на постоянных водотоках с ледоходом	93
- недостатки	91
- опоры	91, 93
- преимущества	91
- пролетные строения	93
- с рамными сейсмостойкими опорами	139
- типовые схемы	93
- укрепление русла	93
- шкафный блок	91
- стоечно-эстакадный	90
- стаканный фундамент	91
- столбчато-эстакадный	92
Н	
Наледь	144
Напор	94
- геометрический	95

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- скоростной	95
Неотектонические движения земной коры	155
Номограмма дождевых расходов	33, 34
О	
Отметка	
- бровки земляного полотна	123, 128
- дна лога	119, 123, 127
- контрольной точки А	119
- наибольшего уровня подпертой воды (НУПВ)	119
- низа конструкции на мосту	128
- подошвы рельса	123, 128
- проектная на мосту	127
П	
Палетка	27, 30, 32
Периодический водоток (сухой лог)	54
Пикетаж	
- путевый	36
- строительный (изыскательский)	36
Полярный планиметр	27
Проверки сохранности ИССО и земляного полотна	
- в районах Северной строительно-климатической зоны	125
- вторая гидравлическая для мостов с укрепленным руслом	129
- вторая гидравлическая для труб	116
- вторая конструктивная для мостов с укрепленным руслом	130
- вторая конструктивная для труб	124
- первая гидравлическая для мостов с укрепленным руслом	127
- первая гидравлическая для труб	115
- первая конструктивная для мостов с укрепленным руслом	130
- первая конструктивная для труб	121
- пятая гидравлическая для труб	118
- третья гидравлическая для мостов с укрепленным руслом	129
- третья гидравлическая для труб	116
- третья конструктивная для труб	125
- четвертая гидравлическая для труб	117
Профиль	
- поперечный	
- выемки	14
- насыпи	14
- продольный	
- водоотводной канавы	16
- водотока по логу	94
- нагорной канавы	17
- трассы в пределах разлива подпертой воды	119, 120, 127, 129, 131, 133, 135, 136
Р	
Разлом	154, 159
- деформации мостов	155, 158
- деформации труб	156, 158, 159
- методы выявления	157
- узел пересечения	157, 159
Размыв	
- выемки	15
- насыпи	16

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Район	
- ливневый	28
Расход	
- притока	
- вероятность превышения	28, 29
- определение	28
- с учетом аккумуляции	26
- пропускаемый ИССО (возможная водопрopusкная способность)	114
Рисберма	66
С	
Селевый поток	143
Система автоматизированного проектирования (САПР)	52
Скорость течения воды	
- в трубе	94
- на выходе из трубы	94
- перед водосливом	94
Солифлюкция	147
Сток поверхностных вод	
- дождевой (ливневый)	25, 28
- допущения	25
- от снеготаяния	25
- смешанный	25
- теория	25
Т	
Тектонические движения земной коры	152
Термокарст	148
Толщина засыпки	123
Требования при размещении ИССО	
- гидравлические	115
- конструктивные	121
- экологические	46, 142, 148, 151
У	
Углубление русла	132, 135
Уклон	
- главного лога	28, 30, 56, 57
- главного русла, средневзвешенный	30
Уровень	
- воды во входном сечении моста	127
- подпертой воды, наибольший (НУПВ)	37, 118, 119
Ц	
Цифровая модель местности (ЦММ)	52
Ш	
Шахтный сброс	12