

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ ИЗ ПЛАСТМАССЫ

33181

~~33181~~

17567-3-5-7



ГОСУДАРСТВЕННОЕ СУХОУНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ленинград
1962

В книге изложены некоторые вопросы проектирования, конструирования и технологии постройки судов из пластмассы. Для сравнительного анализа рассматриваются также некоторые вопросы конструирования и строительства судов из стали и легких сплавов. Приведены данные и конструктивные особенности различных судов из стали, легких сплавов и пластмассы.

Основное внимание уделено созданию конструктивных типов малотоннажных судов для внутреннего плавания. Рассмотрены вопросы определения главных элементов, выбора и доводки обводов этих судов, кратко описаны применяемые двигатели, грузовые устройства и легкие закрылки.

Книга предназначена для работников проектных и конструкторских организаций, эксплуатационников и других инженерно-технических работников судостроительной промышленности, а также может быть использована студентами кораблестроительных институтов и учащимися техникумов при выполнении курсовых и дипломных проектов.



От автора

Директивами XXI съезда КПСС по семилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 гг. предусматривается резкое увеличение производства синтетических материалов, а том числе материалов для применения в отечественном пластмассовом судостроении.

Пластмассовое судостроение в мировой практике является новой отраслью промышленности, существующей всего лишь 12 лет, поэтому дальнейшее ее развитие должно сопровождаться широким экспериментированием и созданием разного рода синтетических материалов, пригодных для целей судостроения, научно обоснованных норм прочности и методов расчетов судовых пластмассовых конструкций.

Повышенный интерес к пластмассовым речным судам объясняется прежде всего тем, что для освоения малых рек необходимо максимальное облегчение корпуса судна, механизмов и устройств. Эта задача может быть решена как применением легких материалов в малотоннажном судостроении, так и рациональным использованием имеющегося стального проката. Исследования показали целесообразность внедрения стеклопластиков в корпусостроение.

В книге приводится много данных о положительных свойствах стеклопластиков, однако во избежание ошибок при проектировании судов из пластмассы указываются и некоторые недостатки. Главными недостатками стеклопластиков, изготовленных на основе полиэфирных смол, является возгустеть материала от длительных постоянных нагрузок, плохая работа их на истирание и вредность процесса формования. Кроме того, существующие замасливатели на стеклонаполнителях плохо адгезируют с полиэфирной смолой, что приводит к снижению прочностных показателей стеклопластика до 40%.

Конструкторам и технологам в первую очередь необходимо работать: а) над сокращением возгустивших пластмасс, которыми до сих пор покрываются хотя бы наружный слой корпуса; б) над широкой механизацией работ по строительству судов из пластмассы; в) над созданием замасливателя (гидрофобизатора), обеспечивающего хорошие адгезионные свойства стекло-

волокна и продающего стеклопластики высокие физико-механические свойства, и некоторые марки полимерных смол; г) над разработкой клеевых соединений для отдельных конструкций и их сопряжений.

При работе над книгой автор исходил из того, что пластмасса служит лишь материалом для строительства судна. Целью проектирования является создание судна с высокими эксплуатационными и прочностными качествами. В книге не приводятся данные о старении стеклопластиков, работе на знакопеременные нагрузки, ползучести материала, так как для этого требуются большие экспериментальные работы, а данные, указанные в иностранной литературе, противоречивы.

Приводимые в книге весовые, эксплуатационно-экономические показатели и конструктивные схемы следует рассматривать как ориентировочные. В дальнейшем они должны уточняться.

Книга является первой попыткой обобщить многолетний опыт Центрального технико-конструкторского бюро Министерства речного флота, работающего в сотрудничестве с Ленинградским кораблестроительным институтом, Ленинградским институтом водного транспорта и Московским научно-исследовательским институтом пластмасс, а также иностранный опыт в создании малотоннажного флота, поэтому, естественно, она не лишена недостатков.

Автор заранее благодарен всем читателям, которые дадут критические замечания о книге.

ВВЕДЕНИЕ

Бурный рост производства пластических масс служит доказательством чрезвычайно высокой эффективности их применения в технике и в быту. За последние 15 лет мировое производство стали выросло в 1,3 раза, алюминия — в 7 раз, а пластмасс — в 11 раз.

Характерно, что и капиталовложения в промышленности пластических масс окупаются быстрее, чем во всех других отраслях промышленности. Удельные капиталовложения на организацию производства пластических масс, включая необходимое исходное сырье, а несколько раз меньше, чем на организацию производства черных и цветных металлов. Ниже приведены сравнительные данные по капитальным затратам.

Затраты на создание производственной мощности, необходимой для выпуска одной тонны продукции, составляют (в рублях):

Металлы

Прокат черных металлов (включая дуру и коки)	400—500
Свинец	17 000
Алюминий	20 000
Медь	30 000
Олово	330 000

Пластические массы

Акрилопласт	300
Поливинилхлорид	4100—4500
Полиэтилен	1500
Полиэфирные смолы	1200
Полиакрилат	4300—5000
Полипропилен	6100—7200

Из приведенных данных видно, какую выгоду дает вложение средств в развитие промышленности пластических масс.

Следует также иметь в виду, что сырьевые запасы для производства пластических масс практически не ограничены.

Синтетические материалы позволяют успешно решать многие вопросы, связанные с техническим прогрессом, и в области судостроения. Это объясняется прежде всего рядом ценных физико-механических свойств пластмасс: малым удельным весом (самые

легкие пластмассы почти в 800 раз легче стали); большой механической прочностью, превышающей прочность дерева, металлов, стекла, керамики; хорошие термо-звуко-электроизоляционными и антимагнитными свойствами; большой химической устойчивостью к речной и морской воде, к растворителям, стойкостью к биологическому воздействию и в условиях тропического климата, а для отдельных видов пластмасс устойчивостью к радиоактивным излучениям; хорошие оптические свойствами, бесцветностью и прозрачностью органических стекол; хорошие фрикционными и антифрикционными свойствами; хорошие клеевыми свойствами; повышенной антикоррозионной стойкостью; способностью выдерживать и гасить вибрацию.

В судостроении могут найти применение следующие пластмассы: конструкционные, обладающие высокой механической прочностью и применяемые для весущих и несущих конструкций; подолочные, не отличающиеся высокой механической прочностью и применяемые для изделий технического назначения, к которым не предъявляются особых требований; электроизоляционные, обладающие хорошими диэлектрическими свойствами и применяющиеся для изготовления электроизоляционных деталей и изделий; антифрикционные, имеющие низкий коэффициент трения и весьма малый износ; фрикционные, обладающие при сдутом трении высоким коэффициентом трения и малым износом; антикоррозионные, обладающие повышенной химической стойкостью к действию кислот, щелочей, атмосферных осадков и морской воды; декоративно-отделочные и облицовочные; пластмассы, применяющиеся как несложные покрытия для палуб и т. п.; прокладочные и уплотнительные — стойкие к действию воды, жидкого топлива, минеральных масел, кислот и щелочей; звуко- и теплоизоляционные, обладающие звукоизолирующими свойствами и малой теплопроводностью; специальные — прозрачные и лесолюбные.

Пластмассы в зависимости от назначения могут быть следующих видов:

прессованные материалы и литые сплавы (полиэтилен, фторопласт, полистирол, полиметакрилат, полиамидная смола, полиуретан, фенопласты, фенолиты, аминопласт, волокнист-текстолитовая крошка, пресс-материал, древесная пресс-масса);

листовые и пленочные пластмассы и изделия из них (полиэтилен кабельный, полиэтилен с полинобутиленом, пленка электроизоляционная из фторопласта, пленка конденсаторная из фторопласта, полиамидная пленка ПК-4, винилласт, винилур, винилпро, диакрилат, пленка утолщенная, стекло органическое, пеллукон для бесшовного стекла);

слоистые пластики и изделия из них (абогестолит, гетинакс, электротехнический листовый, пластик декоративный слоистый, текстолит листовой электротехнический, текстолит подолочный,

ткань бакелитованная, ткань стеклянная пропитанная, стекло-текстолит, древесностружечные пластики ДСП, аркилет, дельта-древесина листовая);

табачношпательные пластмассы (пенопласты, поропласты, минора, пластик легковесный пористый);

краски, мастики и другие массы (мастика и краска несолнечная, мастика «Нева-1», «Нева-1а», палубное покрытие — пелалит с керамическими злитками, быстротвердеющая масса).

В качестве конструкционного материала для прочных корпусов и надстроек в настоящее время применяется пластмасса (стеклопластик), состоящая из ненасыщенной полиэфирной смолы холодного отверждения, армированной стекловолокном.

Такая армированная пластмасса обладает хорошими механическими качествами (предел прочности на растяжение для капаляника из ривина достигает до 8000—10000 кг/см²).

Суда, построенные из стеклопластика, имеют высокие показатели. К преимуществам пластмассовых судов следует отнести:

1. Сокращение сроков строительства.
2. Возможность создания оптимальных обводов корпуса из условия наилучшего обтекания корпуса в подводной части без усложнения технологии строительства судов.
3. Снижение строительной стоимости судна, стоимости эксплуатации (отсутствие ежегодных окрасок) и ремонта.
4. Возможность организации серийного строительства судов при полной механизации трудоемких процессов.
5. Удлинение сроков службы судна вследствие отсутствия коррозии и гниения, стойкости к действию воды и солнечного света.
6. Увеличение грузоподъемности судна или повышение скорости при той же мощности главной силовой установки, за счет снижения осадки и получения подвальных поверхностей.

Чтобы представить объем работ по строительству судов из пластмассы, приведем следующие данные.

США в 1957 г. построила свыше 50 000 катеров с корпусами из стеклопластика на основе ненасыщенных полиэфирных смол холодного отверждения, что составляет 20% от общего количества выпускаемых катеров. По данным американских судостроительных фирм, в течение ближайших пяти лет 60—70% всех мелких и средних судов будет построено из стеклопластика.

Произведенные Центральным технико-конструкторским бюро Министерства речного флота и содружество с Московским научно-исследовательским институтом пластмасс и заводом им. М. И. Калинина работы по проектированию и строительству судов из пластмассы показывают, что в общесудном вопросе (перспективность, стойкость и т. д.) в пластмассовом судостроении в ряде случаев решаются значительно проще и лучше, чем в металлическом.

Выполненные расчеты по определению весовых показателей пластмассовых судов для сравнения со стальными, деревянными судами и судами из легких сплавов показывают, что пластмассовые суда имеют самые низкие весовые показатели (табл. 1).

Таблица 1

Весовые показатели различных судов

Суды	Вес корпуса судна, кг			
	деревя-ных	стальных	алюминие-вых	пластмас-совых
С внутренней обшивкой спастельной палубы длиной 3,5 м	216	410	190	98
С набором и надстройкой моторного отсека длиной 7,5 м	600	1200	580	300
С набором и надстройкой грузовой палубы грузоподъемностью 10 т, длиной 16,5 м	—	4000	2000	1500—2000*

* Весовые показатели зависят от качества материала и критично зависят от условий эксплуатации. Внутренние суда алюминия и стальных сплавов и стальной обшивкой, тогда, корабль — к стальным с более сложной конструкцией.

Такое значительное снижение веса пластмассовых судов позволяет увеличить грузоподъемность грузовых судов на 40% по сравнению с металлическими судами и значительно уменьшить себестоимость перевозки грузов. Кроме того, трудоемкость при серийной постройке судов из пластмассы составляет только около 40% от трудоемкости постройки однопалубных металлических и деревянных судов.

Произведенные натурные испытания пластмассовой спасательной шлюпки длиной 3,5 м и моторного отсека длиной 7,5 м с двигателем мощностью 62 л. с. показала, что эти суда имеют высокие эксплуатационные показатели, поэтому в настоящее время ведется подготовка к организации проектирования и строительства спасательных шлюпок разных классов и размеров, толкаемых барж, пассажирских, буксирных и грузовых теплоходов грузоподъемностью до 100 т, мощностью до 150 л. с., а также плавучих мостов и жестких контейнеров для перевозки наливного груза.

Решения пленума Центрального Комитета КПСС от 6—7 мая 1958 г. предусматривают мероприятия по ускоренному росту в 1959—1965 гг. производства искусственных синтетических волокон и искусственных масс в 4,5—5 раз. Такое форсированное развитие промышленности пластических масс создает реальные предпосылки для широкого использования их в отечественном судостроении.

ГЛАВА I

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ

§ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Водные пути по отношению к материалу подразделяются на внутренние (река, внутренние каналы, овра, водохранилища) и внешние (море, океаны и морские каналы).

В настоящей работе излагается опыт проектирования судов внутреннего плавания, поэтому рассматриваются только особенности внутренних водных путей.

Ни одно государство в мире не обладает такой широкой разветвленной сетью внутренних водных путей, как Советский Союз. В Советском Союзе имеется более 108 тыс. рек протяженностью около 2,4 млн. км и около 2 тыс. озер. Общая протяженность судосодных внутренних водных путей Советского Союза составляет более 115 тыс. км, что значительно превышает протяженность судосодных путей США, Германии, Франции, Англии, Голландии и Италии вместе взятых.

В состав внутренних водных путей входят: 1) реки — в свободном состоянии, с зарегулированным стоком и шлюзованные; 2) каналы — открытые и шлюзованные; 3) озера и водохранилища; 4) водные системы, включающие в себя реки и каналы в различном состоянии, озера и водохранилища.

§ 2. ГЛУБИНА ПУТИ

Внутренние водные пути Советского Союза разнообразны. В состав внутренних водных путей входят мелководные пути, малые реки с глубинами 0,35—0,80 м, пути местного значения с глубинами от 0,6 до 1,4 м, водные магистральные пути с нормируемыми глубинами от 1,1 до 2,6 м и водные сверхмагистральные пути с глубинами более 2 м.

Для прохода судов важны не максимальные и средние глубины в реке, а минимальная глубина фарватера по всей его длине, обеспечивающая проход судов. Минимальная глубина фарватера определяется глубиной на самом мелком месте — перекате. Глубина на нормируемом перекате должна быть равна осадке судна или быть больше нее на необходимый запас между дном судна и дном реки.

$$h_{\text{мин}} > T + \Delta T.$$

(1)

Величина ΔT назначается в зависимости от глубины реки, типа судна и рода грунта и колеблется в пределах 0,10—0,30 м.

Глубина фарватера, определяющая величину осадок судна, имеет большое значение для определения грузоподъемности судна. Следует иметь в виду, что всякое увеличение нормирующей глубины фарватера против указанных минимальных значений снижает себестоимость водных перевозок и увеличивает выгоду эксплуатации данного водного пути.

§ 3. ШИРИНА ФАРВАТЕРА И РАДИУС ЗАКРУГЛЕНИЯ

Кроме нормированных глубин, условия плавания характеризуются габаритами судового хода в плане, продолжительностью стояния глубина в течение навигации, скоростью течения, ветровыми и волновыми режимами и габаритами искусственных сооружений.

Наименьшая ширина фарватера для восточного судоходства должна отвечать следующему условию:

$$b > 2B + 3d, \quad (2)$$

где b — ширина фарватера;

B — ширина состава или судна;

d — расстояние между составами, а также между составом и границей фарватера.

Для малых рек и соответственно малых судов можно принять $d = 2$ м, в остальных случаях $d = 4 + 5$ м.

Ширина реки обычно во много раз превышает глубину ее, а подводящие откосы берегов весьма пологие, ввиду этого ширина фарватера редко лимитирует условия судоходства. Радиус закругления осевой линии фарватера R для прохода судна длиной L должен превышать длину судна не менее чем в 3 раза.

$$R > 3L. \quad (3)$$

Для малых рек иногда приходится принимать еще меньшее значение радиуса закругления фарватера.

§ 4. СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ

С целью правильного определения скоростных показателей судна необходимо учесть силы трения при движении речных потоков и использовать законы движения реальных жидкостей.

Как известно, возможен два режима движения реальных жидкостей: ламинарный и турбулентный.

Для ламинарного режима характерны следующие особенности:

1. Движение имеет слоистый характер, струйки движутся параллельно одна другой, не смешиваясь между собой.

2. Скорость в каждой точке пространства, занятого движущейся жидкостью, имеет постоянное во времени и в пространстве значение.

3. Скорость плавно изменяется от нулевого значения на стенке до максимума на свободной поверхности.

4. Внутреннее трение в жидкости обусловлено взаимодействием молекул смежных слоев, т. е. силой вязкости.

5. Потери энергии на преодоление трения зависят от вязкости жидкости, т. е. в конечном итоге от рода жидкости и температуры.

6. Потери энергии на трение пропорциональны первой степени скорости.

Турбулентный режим характеризуется следующими особенностями:

1. Движение имеет беспорядочный характер — происходит непрерывное перемешивание жидкости.

2. Скорость в любой точке непрерывно пульсирует — колеблется по величине и направлению.

3. Средственная скорость возрастает от нулевого значения на стенке до некоторой большой величины резким скачком в пределах весьма тонкого пограничного слоя. Дальнейший рост средней скорости до максимума на поверхности происходит медленно.

4. Внутреннее трение обусловлено перемешиванием в толще потока коакционных масс жидкости.

5. Потери энергии не зависят от вязкости жидкости.

6. Потери энергии на трение пропорциональны скорости в степени от 1,75 до 2.

В речных потоках всегда имеет место турбулентный режим, при котором потеря энергии на трение пропорциональна квадрату скорости. Однако движение в воде мельчайших частиц наносит диаметром до 0,2 мм происходит по законам ламинарного движения, поэтому при изучении речных потоков нельзя пренебрегать в закономерностями ламинарного режима.

В практике различают следующие виды течения:

1) поперечные течения, возбуждаемые силой ускорения от вращения Земли вокруг своей оси;

2) поперечные течения, возбуждаемые центробежной силой изгибов на закругленных руслах;

3) поперечные течения, обусловленные силовым воздействием элементов дна рельефа;

4) вращательные движения жидких масс — суводи, вольфорты и валы на тилочных скалах заструивших обводной.

Скорость течения в реке является одним из факторов, определяющих выбор мощности главной силовой установки. Скорость судна, идущего по течению, будет отличаться от скорости судна, идущего против течения.

Скорость судна, идущего по течению,

$$v_1 = v_0 + v_2, \quad (4)$$

где v_0 — скорость судна при движении на тихой воде;

v_2 — эксплуатационная скорость течения.

Скорость судна, идущего против течения,

$$v_2 = v_0 - v_1. \quad (4a)$$

Эксплуатационной скоростью называется скорость течения струй по линии движения судна. Эта скорость различна для разных участков реки (плес, пережит) и различных состояний реки (межень, паводок). Эксплуатационные скорости течения большой судоходной реки, по данным проф. В. В. Зюмова, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Эксплуатационные скорости течения реки

Участок реки и периоды паводков	Эксплуатационные скорости	
	м/сек	км/час
Свободный плес: в половодье в межень	1,5—2	5,40—7,20
	0,25—0,4	0,90—1,44
Пережиты: с быстрым течением со свободным течением	1,5—2	5,40—7,20
	0,5—1	1,80—3,60

Для рек с большими скоростями течения следует проектировать специальные суда.

§ 5. КЛАССИФИКАЦИЯ ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ

Все внутренние водные пути для типизации флота подразделяются на семь классов. Основные параметры внутренних водных путей и искусственных сооружений приведены в табл. 3.

При проектировании судов необходимо учитывать их пригодность в пределах габаритов искусственных сооружений (подместные габариты, габариты ворот при шлюзовании и т. д.).

Выбирая архитектурный тип судна и его главные размерения, следует иметь в виду, что в зависимости от водного режима судна, предназначенные для плавания по внутренним водным путям, подразделяются Регистром на следующие разряды: «М», «О», «Р» и «Д».

Таблица 3

Основные параметры внутренних водных путей

ПОКАЗАТЕЛИ	Классы внутренних водных путей					
	свободных справа	внутриплотинных			весового плавания	
		II класс	III класс	IV класс		V класс	VI класс^{*)} VII класс^{*)}
Глубина судного хода габаритными, м	Более 2	1,1—2	0,8—1,4	0,60—1,1	0,45—0,8	Между 0,6
Глубина судного хода эксплуатационного флота в среднем за навигацию, м	3	1,65—2,4	1,25—1,65	1—1,35	0,75—1	0,75
Ширина судного хода, м	100 и более	До 100	До 65	До 55	До 30	До 14
Максимальный размах загрузочной, м	100—160	75—100	60—90	50—90	30—150	100—125
Высота надводной части бортовых грузоподъемных устройств, м	11,5 и более	9	9	9—6,5	0,5	0,16
Полноводная габаритная высота, м	16 и более	12,5	10	10	7	3,5

* К внутренним водным путям относятся каналы VI и VII классов свободных водных путей.

Район плавания судов разряда «М». К этому району плавания относятся: устье реки Северная Двина и выход в Белое море до Архангельского плуного маяка, Обская губа от Нового Порта до о. Шокальского и Тазовская губа; Енисейский залив — прибрежное плавание от Усть-Порта до о. Диксон и Гданская губа; восточная часть Финского залива — от Кронштадта до Выборга; Петровский залив от Нарьян-Мара до о-вов Гуляевские Кошки; Амурский лиман — ниже Николаевска-на-Амуре, а также озера — Давосское, Байкал, Иссык-Куль и Аральское море.

Район плавания судов разряда «О». К этому району плавания относятся: озера Балхаш, Выгозеро, Севан; Рыбинское, Куйбышевское, Сталинградское, Цимлянское, Пермское, Калужское и Новосибирское водохранилища; Курский залив — Границы — Рыбачье — Нила; Финский залив — от Ленинградского торгового порта до Кронштадта, Астраханский 16-футовый рейд; Обская губа — от Ямсаляского бара до Нового Порта; низовья рек: Лены — ниже устья р. Алдан до бухты Тинки, Амура — от Хабаровска до Николаевска-на-Амуре, Енисея — от Игарки до Усть-Порта, Южного Буга — ниже Николаева; Днепробугский лиман до Очакова; р. Волга — от Камского устья до Куйбышевской ГЭС (Куйбышевское водохранилище) и от Саратова до Сталинграда (Сталинградское водохранилище); р. Кама — от Березников до Камской ГЭС (Пермское водохранилище), Чистополь — устье р. Камы.

Район плавания судов разряда «Р». К этому району плавания относятся: озера Чудское, Белое, Ильмень, Зайсан; Кубенское, Ивановское водохранилища и реки: Волга — от Калининграда до Коприно, от Шербакова до Горького (в том числе Горьковское водохранилище), от Горького до Камского устья, от Самары до Саратова, от Сталинграда до Астрахани — Морской канал; Кама — от Перми до Чистополя; Обь — от Камы до Ямсаляского бара; Енисей — от Красноярска до Игарки; Иртыш — ниже Омска; Лена — от Витима до устья р. Алдан; Днепр — ниже Днепрпетровска (за исключением Калужского водохранилища), Северная Двина — от р. Пинеги до бара; Нева, Свирь, Колыма, Яна, Индигирка, Ангара, Алдан, Селенга, Печора — от Усть-Цильмы до Нарьян-Мара; Амур — от Благовещенска до Хабаровска; Дон — от Ростова до Морского канала; Южный Буг — от Николаева до с. Терноватое; Курский залив — от Клайпеды до Нила; Веселовское водохранилище, канал им. Москвы; Волго-Донской канал — от Красноармейска до Питиримских рейдов; Висленский залив (Калининград — Балтийск — устье р. Эльдская Висла).

Район плавания судов разряда «Л». К этому району плавания относятся: верхние течения больших рек: Лена — выше Витима; Енисей — выше Красноярска; Волга — выше Каялинга; Днепр — выше Днепрпетровска; Печора —

выше Усть-Цильмы; Амур — выше Благовещенска; Северная Двина — выше устья р. Пинеги; Кама — выше Березников; Обь — выше Камы; Иртыш — выше Омска; реки: Шилка, Зея, Аму-Дарья, Волхов, Западная Двина, Ока, Москва-река, Неман-Клайпедский канал — р. Дуга до Клайпеды; Мана — от устья до Веселовского водохранилища, каналы и все другие реки, не перечисленные выше.

Для корпусов судов разряда «М», «О», «Р» принимаются соответственно следующие условные расчетные размеры воли (в метрах): 3×40 ; 2×20 ; $1,2 \times 12,5$. При проектировании судов разряда «Л» волнение не учитывается.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СУДОВ

§ 6. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Основными требованиями, предъявляемыми к пластмассовым судам, так же как к металлическим и деревянным, являются:

- а) наименьшая собственность перевозок;
- б) скорость доставки груза;
- в) безопасность для перевозимых пассажиров и грузов.

Основные эксплуатационные требования, которым должно отвечать спроектированное судно, формулируются в техническом задании на проектирование, а его главные размеры и конструктивные особенности определяются в результате анализа этих требований при эскизном проектировании.

К эксплуатационным требованиям относятся:

Назначение судна. При проектировании судна учитывается род перевозимого груза. Для пассажирских судов указывается пассажироемкость и условия перевозки пассажиров, а для буксиров и толкачей — количество перевозимого состава груза.

Район плавания. Рассматриваются внутренние водные пути, по которым судно намечается к плаванию: общая протяженность рейса между конечными пунктами назначения, возможность захода в промежуточные порты для пополнения запасов топлива и смазочных масел. Исходя из этих условий определяется необходимый запас топлива.

Для судов, плавающих на малых реках, учитываются дополнительные условия, изложенные ниже.

Конструктивный тип судна. Выбирается конструкция, отвечающая условиям плавания по внутренним водным путям и определенному разряду судна согласно классификации Речного Регистра.

Габаритные условия. Рассматриваются предельно возможные для данной линии главные размеры на условиях глубины и ширины фарватера, подмостковых габаритов и шлюзовых ворот.

Грузоподъемность и грузоемкость судна. При определении величин грузоподъемности судна следует исходить из достижения наибольшей провозной способности и наименьшей себестоимости транспортной работы судна.

В практике различают два понятия грузоподъемности — грузоподъемность полная и полезная.

В состав полной грузоподъемности входят: полезный груз и пассажиры с багажом, запас топлива, запас воды, за исключением той воды, которая выводится в метанюмах и рабочем состоянии, запчасть судна с багажом и запас машинных и судовых расходных материалов.

Таким образом, полная грузоподъемность, или дедвейт, состоит из полезной грузоподъемности и добавления весов экипажа, запаса топлива, воды и других расходных материалов. Грузоемкость судна определяется кубатурой грузовых трюмов. Вместимость грузовых трюмов устанавливается в зависимости от предполагаемого к перевозке груза и его удельного портового объема.

Пассажироемкость. Определяется числом пассажиров, распределение их по отсекам и каютам и принцип размещения кают на судне. Учитывается количество кокс в каютах и помещений общего пользования.

Скорость судна. Скорость, как и грузоподъемность судна, является одним из основных технико-эксплуатационных элементов, определяющих рентабельность работы судна.

Средняя скорость устанавливается для судна в грузовой состоянии на такую и глубокую воду. Если судно предназначено к плаванию на малых реках, анализируется также скорость судна в полном грузу в условиях мелководья при разных отношениях H/T (H — глубина фарватера, T — средняя осадка судна в полном грузу).

Скорость, при которой получается наименьшая себестоимость эксплуатации судна, относимая к тонно-километру перевозимого груза, называется в практике эксплуатации судов *эксплуатационно-экономической*.

Технико-экономическая скорость — это скорость, при которой получается минимальный расход топлива на единицу пройденного пути.

Технико-экономическая скорость судна будет возрастать в зависимости от уменьшения скорости судна, так как последние входи в выражение мощности в третьей степени. Это обстоятельство следует учитывать особенно при проектировании судов для плавания по малым рекам, где практически приходится ограничиваться минимальными скоростями из-за мелкой воды.

Для судов, плавающих по малым рекам с отношением H/T от 1,2 до 4, увеличение мощности нерадиозависимо, так как при значительном увеличении мощности скорость судна повышается незначительно.

Тип главных двигателей, число и конструкция движителей. При выборе машины установки следует добиваться, чтобы она:

— при одной и той же мощности имела наименьший вес;

расходокала меньшее количество топлива на единицу мощности; занимала на судне при одной и той же мощности меньший объем;

обладала прочностью, надежностью в эксплуатации, простотой обслуживания и возможностью управления из рулевой рубки.

Род топлива. Род топлива и расход его являются важными факторами экономичной эксплуатации судна, влияющими как на уменьшение эксплуатационных расходов, связанных со стоимостью топлива, так и на уменьшение веса и объемов, занимаемых запасами топлива.

Если представляется возможным пополнить запасы топлива в пути следования, то на судне следует предусматривать максимальные запасы топлива и за счет этого увеличивать грузоподъемность судна.

Грузовые средства и люковые закрытия. При проектировании обязательно устанавливается тип и необходимое количество грузовых средств (стрел или кранов на перемещающихся тележках и др.).

Для обеспечения механизации погрузочно-разгрузочных работ требуется полное раскрытие грузового трюма, поэтому должны анализироваться конструкции люковых закрытий (тележочное, складывающееся, шатровое, плитовое).

Состав экипажа размещается на судне в соответствии с существующим штатным расписанием Министерства речного флота для судов внутреннего плавания. При этом следует исходить из максимально возможного совмещения профессий на судне и введения автоматических пультов управления (например, централизованный пульт управления главными и вспомогательными механизмами в рулевой рубке).

Специальные требования. К специальным требованиям относятся требования, предъявляемые к судам в отношении мореходных качеств, конструкции корпуса, механизмов и отдельных устройств. Специальные требования могут предъявляться к судам, плавающим по малым рекам. К таким судам наряду с общими требованиями должны быть предъявлены дополнительные требования:

- суда должны быть малогабаритными, особенно по осадке;
- они должны обладать хорошей маневренностью, т. е. хорошей управляемостью и задним ходом;
- движители должны быть высокоэффективными как при плавании на глубокой воде, так и на мелководье;
- движители и рули должны быть надежно защищены при сопряжении с грунтом, стеной, не подвержены повреждению, вероятность которых значительно выше, чем в условиях плавания на магистральных реках.

Во всех случаях при плавании в нормальных навигационных условиях прочность корпуса должна быть обеспечена с учетом неравномерного распределения груза и трюмах. Для пластмассовых судов коэффициент неравномерности распределения груза в трюме следует принять равным 1,25.

При выборе того или иного архитектурного типа судна следует исходить из необходимости введения широкой унификации узлов, деталей, механизмов и устройств. Унификация имеет огромное народнохозяйственное значение, так как позволяет рационально организовать строительство судов, их эксплуатацию и ремонт (благодаря введению более совершенной технологии и высококачественно производственных мощностей). Кроме того, облегчается планирование производства и снабжения судов запасными частями.

Наложение выше соображения должны быть положены в основу проектирования и строительства судов из пластмассы.

§ 2. АРХИТЕКТУРНЫЕ ФОРМЫ СУДНА

Наряду с высокими эксплуатационными качествами к судам из пластмассы предъявляются дополнительные требования по созданию новых красивых, функционально оправданных архитектурных форм.

Красивые архитектурные формы должны предъявляться судам без ущерба для планировки жилых и служебных помещений, с учетом механизации строительства и небольшой строительной стоимости судов.

Введение всевозможных красителей в состав пластмассы позволяет на судах из пластмассы решать общий архитектурный фасад без увеличения технологичности строительства судна.

Способ формирования, применяемый для пластмассовых судов, обеспечивает получение сложных обтекаемых форм при малых затратах, ибо при строительстве судов из пластмассы отсутствуют такие трудоемкие работы, как гибочные, сварочные с выбойкой листов. Кроме того, в состав полиэфирной смолы могут быть введены любые красители, которые не выгорают и не исчезают в течение всего периода эксплуатации судна. Это позволяет наиболее эффективно решать эстетичный вид пластмассового судна.

На чертежах плоские изображения не всегда правильно воспроизводят объемные конструкции, что часто приводит к искажениям в натуре и нарушению внешней архитектуры. Для предупреждения нарушений внешних архитектурных форм в надводной части судов прибегают к предварительным зарисовкам с последующим изготовлением архитектурных макетов.

Применяются три вида архитектурных макетов: композиционные, фотосъемочные и демонстрационные.

Композиционный макет (рис. 1 и 2) служит для объемной проверки формы и принятых в ней пропорций. Этот вид макета

Дает возможность обнаружить нарушения в изображении объемных конструкций в надводной части судов, принятых на чертежах и в эскизах зарисовок. Макет становится неотъемлемой частью при решении общего расположения судна. В композиционном макете показываются основные архитектурные блоки, расположенные выше грузовой или порожней палубы (надстройки, фальшборт, выхлопные трубы, рубки). Композиционный макет окрашивают в тона, которые в дальнейшем будут приняты для натуре.



Рис. 1. Композиционный макет пассажирского теплохода из пластмассы с распределением мостового отсека в надводной части судна.

Фотоэлемочный макет в отличие от композиционного дорабатывается устройствами и палубными механизмами, ограждениями, окнами, дверями, дельными вежами, спасательными средствами. Этот макет предназначен для фотосъемки с посте-



Рис. 2. Композиционный макет пассажирского теплохода из пластмассы с распределением мостового отсека в надводной части судна.

дущими доработками фотографий для нанесения фона воды, неба, берега. Фотоэлемочный макет окрашивается в основную гамму цветов, принятую по паспорту окраски судна. В некоторых случаях из макета вырезаются архитектурный лафужаж.

Демонстрационный макет отличается от фотоэлемочного дальнейшей детализацией и чистой доводкой. Обычно демонстрационные макеты выполняются в значительно больших масштабах, чем фотоэлемочные и композиционные (фотоэлемочный и композиционный макеты выполняются в масштабе 1:100, иногда 1:50, демонстрационные — 1:50, 1:25, в зависимости от проектируемого судна).

Материалом для изготовления макетов служат: картон, пластик и пластмасса.

ПЛАСТМАССОВЫЕ СУДА И ИХ ПОКАЗАТЕЛИ

§ 8. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Стеклопластики, армированные стекловолокном, начали применяться для пуща авиации в период второй мировой войны. В судостроении же армированные пластмассы стали использоваться примерно 12 лет назад. Широкому применению полиэфирных и эпоксидных смол в стеклопластике для корпусостроения благоприятствует то, что изделия из этих стеклопластиков не требуют термической обработки и давления при формовании (корпус судна представляет крупногабаритное изделие и его термическая обработка в автоклавах исключена).

В США полиэфирные смолы применяются не только для целой судостроения, но и для восстановления существующего деревянного флота. Например, в 1957 г. в США для целей судостроения было использовано около 11 тыс. т смол, причем около половины этого количества было использовано на восстановление и защиту наружных поверхностей плавающих судов.

Пластмассовое судостроение и судоремонт нашли широкое развитие в США, Англии, Западной Германии, Франции и Италии. За 7 лет, начиная с 1946 по 1953 г., в США было построено около 4000 мелких и средних судов из пластмассы на базе полиэфирной смолы, армированной стекловолокном. С 1954 г. строительство судов из пластмассы резко увеличилось. Так, в 1954 г. в США было построено 16 000 таких судов, а в 1955—1956 гг. — 40 000. По данным американских фирм, в 1957 г. было спущено на воду 55 000 мелких судов из пластмассы, что составляет около 20% годового выпуска судов этого класса, а в течение ближайших пяти лет из пластмассы будет спущено 60—70% всех мелких и средних судов.

В настоящее время в США производством судов из пластмассы занимаются 150 фирм.

В Англии также строят пластмассовые суда на базе полиэфирных смол, армированных стекловолокном. Длина судов достигает 18 м.

По имеющимся в печати данным, в капиталистических странах строятся пластмассовые суда следующих классов и размеров: спортивные, прогулочные, пассажирские, спасательные

шлюпки, рабочие п/м, грузовые теплоходы, десантные баржи, суда гидрографические, моторные и парусные яхты и суда специальных назначений.

Для некоторого представления о характере построенных и строящихся судов из стеклопластика приводим описание наиболее интересных архитектурных типов указанных судов.

Находящаяся в Глазго фирма «Мехалс» построила ряд спасательных шлюпок из пластмассы, армированной стекловолокном, в том числе двухместную моторную шлюпку с ручным управлением и следующими главными размерениями:

Длина, м	11
Ширину, м	3,65
Высота борта, м	1,52
Пассажироемкость, чел.	143

Корпус шлюпки не имеет ребер жесткости. Жесткость корпуса достигается наличием воздушных ящиков, которые формируются вдувкой с внутренней оболочкой корпуса. Бортовые кили формируются из того же стеклопластика совместно с корпусом. Корпус изготовлен из стеклопластика без применения дерева и металла. Общий вид спасательной шлюпки приведен на рис. 3. Одна из модификаций рыболовной шлюпки из стеклопластика показана на рис. 4.

На третьей национальной выставке в Олимпиаде суда из пластмассы были представлены 18 фирмами. Наибольший интерес вызвали прогулочные катера, моторные лодки и мелкие быстроходные суда. Фотографии некоторых судов приведены на рис. 5—9.

Стеклопластик применяется также при строительстве судов специального назначения. Например, у двухместного лодманского судна длиной 9,6 м, имеющего скорость хода 14 узлов (общий вид показан на рис. 10), обшивка корпуса и набор выполнены из стеклопластика, армированного стекловолокном. Переборки выполнены из пропитанной смолой модифицированной фанеры, опалубка — из фанеры со специальной пропиткой. Силовая установка состоит из двух цилиндров с горизонтальным расположением поршней. Судно имеет следующие главные размерения:

Длина, м	9,6
Ширину, м	3,05
Осадка, м	0,70
Водоизмещение, т	6,5
Скорость хода, узлов	14

На судне предусмотрено спальное помещение для двух вахтенных лодманов.



Рис. 3. Спасательная шлюпка из пластмассы.



Рис. 4. Рыболовная шлюпка из стеклопластика.



Рис. 5. Быстрходный пассажирский катер.



Рис. 6. Двухдвигательное быстрходное судно длиной 6,1 м.



Рис. 7. Быстрходная моторная лодка.



Рис. 8. Проголовый катер.

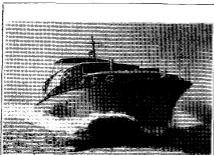


Рис. 9. Моторная яхта длиной 17 м.



Рис. 10. Двухцилиндровый дощакоское судно.

Известный интерес представляет двухцилиндровая моторная яхта с корпусом из пластмассы, предназначенная для прибрежного плавания в Атлантическом океане. Главные размеры судна:

Длина наибольшая, м	14
Ширина, м	3,65
Осадка, м	0,98
Скорость хода, узлы	14

Подводная часть судна имеет плавные обводы с закругленной формой шпангоутов, а носовая оконечность — развал бортов и наклонный штевень. Борты скруглены в носовой части по радиусу, равному 250 мм. У ватерлинии радиус уменьшается до ~150 мм, что ослабляет силу удара набегающей волны.

Носовая часть судна имеет седловатость, обеспечивающую удобное расположение резинового привального бруса, а кормовая часть — значительный развал бортов. Транец — закругленной формы.

На судно установлены два дизеля мощностью по 107 л. с. каждый при 1500 об/мин, соединенные непосредственно с гребными валами. В кормовой части машинного отделения имеются две топливные цистерны емкостью 455 л. В надстройке предусмотрена двухместная каюта для команды, а также камбуз, туалет и продовольственный кладовая.

На палубе расположен салон, оборудованный откидными сиденьями, которые в случае необходимости могут быть спланызованы как две спальные койки.

Общее расположение двухцилиндровой моторной яхты показано на рис. 11.

Некоторый интерес представляет самоходная баржа, корпус которой построен в США полностью из армированной пластмассы.

Эта самоходная баржа принята на вооружение военно-транспортным управлением США. Баржа состоит из 14 секций лонгонов, собираемых на плаву. Каждая секция имеет такие габариты и вес, что может быть легко транспортируема по автомобильным и железным дорогам и даже на самолетах.

Длина баржи — 15,5 м, водоизмещение 16,2 т. Баржа вмещает 10 т груза при осадке 0,51 м. Силовая установка состоит из двух двигателей, каждый мощностью 165 л. с. Скорость хода порожней баржи 14 узлов, а при полной загрузке и толкалке 100-тонного дхтера 7,5 узла.

Корпус состоит из двух оболочек полиэфирной смолы, армированной стекляным волокном, между которыми помещен легкий вспененный наполнитель. Толщина оболочки корпуса изменяется в зависимости от расчетных усилий в его элементах.

В иностранной практике пластмассы применяются не только в корпусостроении, но и как заволнигели, теплоизоляционные, звукоизоляционные и декоративно-отделочные материалы.

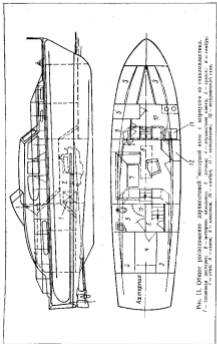


Рис. 11. Общее устройство ливингетовой моторной яхты с корпусом из сталепластика.
 1 — топливный баки; 2 — мотор; 3 — лодка; 4 — люк; 5 — люк; 6 — люк; 7 — люк; 8 — люк; 9 — люк; 10 — люк; 11 — люк; 12 — люк; 13 — люк; 14 — люк.

Особенно широко используется пластик для морского такелажа. Так, например в 1957 г. на 3000 т такелажа на морских судах было применено около 750 т такелажа, изготовленного из нейлона.

В последнее время в английском торговом флоте начали уделять большое внимание использованию надувных спасательных плотов (рис. 12), состоящих из синтетических материалов, для спасения личного состава гибнущих кораблей. Английские морские специалисты считают, что надувные спасательные плоты обладают рядом преимуществ по сравнению с другими спасательными средствами.



Рис. 12. Спасательный плот.

Обращение с надувными спасательными плотами не требует специальной подготовки. При ударах о борт судна надувные плоты не повреждаются. Спасательные плоты могут быть сброшены за борт в любую погоду при любом курсе и с любого места судна. По сравнению со спасательными плотками, спасательными деревянными или металлическими плотами, которыми соответствующей вместимости надувные плоты обладают значительно меньшим весом.

Спасательные плоты выпускаются английскими фирмами различных размеров вместимостью на 6, 10, 12 и 20 чел.

В нормальных эксплуатационных условиях спасательные плоты содержатся в сложенном состоянии в специальных защитных чехлах. Каждый такой чехол снабжен нейловым шнуром. В случае необходимости нейлоновый шнур присоединяется к лесам, а чехол выбрасывается за борт. От рывка при натяжении шнура чехол раскрывается, и плот выпадает из него. От натяжения шнура открывается клапан

баллона, и в течение 15—50 сек. происходит заполнение камер плота углекислотным газом. В камерах надутного плота поддерживается большое давление, поэтому в случае образования отверстия в камере плота истечение газа будет происходить медленно. Последнее обстоятельство позволяет без особых затруднений ликвидировать повреждение.

Основание спасательного плота имеет округленную форму. Над основанием плота предусмотрен тент. Пространство между двумя слоями гибкой оболочки тента заполняется воздухом,

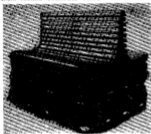


Рис. 13. Спасательная скамейка.

который является теплоизоляционным слоем. В тентах спасательных плотов имеются одно или два входных отверстия. У входных отверстий предусмотрен шлюз, при котором спасательные поднимаются из воды на плот.

Обнаружение плота облегчается тем, что тент его окрашен в яркие цвета или флуоресцирующими красками. Для повышения остойчивости плота предусмотрены выпускающиеся карманы, которые заполняются водой.

Спасательные плоты снабжаются плавучими якорями, аварийным комплектом, содержащим запас пищи, сигнальными средствами, воздушными мехами и принадлежностями для ремонта плота в аварийных условиях. Закрывать плотов осуществляется при помощи резиновых пуговиц (петель, кнопок), которые охватываются руками легко застегнуть, чем завязать тесемки.

В настоящее время в иностранной практике судостроение находят широкое применение спасательные скамейки из пластмассы, главным образом для судов каботажного плавания.

Спасательные скамейки выпускаются восьми стандартных размеров и двух типов: 1) со спинкой выдерживают 14, 16, 18 и 20 чел.; 2) без спинки выдерживают 9, 10, 14 и 16 чел.

Спасательная скамейка со спинкой показана на рис. 13.

Большой интерес представляет эластичные контейнеры для перевозки жидких грузов по внутренним водным путям. Они могут быть разной грузоподъемности и разной формы (цилиндровые, цилиндрические, плоские и т. д.).

Контейнер представляет собой эластичную оболочку, изготовленную из синтетического материала поливинилхлорида. Тонкая эластичная оболочка может в одном направлении перевозить жидкий груз, а в обратном направлении порожние контейнеры могут наматываться на барабаны, становясь компактными, и перевозиться на палубе судов или на автомашинах.

Характерно, что стоимость контейнера, состоящего из эластичной оболочки, на одну тонну грузоподъемности намного дешевле стоимости судов. Эластичные контейнеры могут быть использованы для перевозки жидких, вязких грузов, а также грузов, затвердевающих в процессе перевозки (в этом случае в пункте разгрузки срезают гибкую оболочку контейнера за частям).

Некоторые данные о перевозке жидкого груза в металлических баржах и контейнерах приводятся в § 13.

§ 8. ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА РЕЧНЫХ СУДОВ ИЗ ПЛАСТМАССЫ

Центральным технико-конструкторским бюро Министерства речного флота в сотрудничестве с Московским научно-исследовательским институтом пластмасс в 1957—1958 гг. были спроектированы следующие пластмассовые суда:

1. Спасательная шлюпка длиной 3,5 м.
2. Мотокатер на 12 чел. длиной 7,5 м.
3. Грузовой теплоход грузоподъемностью 15 т.

В настоящее время находится в стадии проектирования пассажирский теплоход на 66 чел. и речной танкер с трехлопастной обшивкой грузоподъемностью 100 т.

Строительство спасательной шлюпки, мотокатера и грузового теплохода к настоящему времени закончено на Московском заводе им. М. И. Калинкина. Материалом для спасательной шлюпки и мотокатера служил стеклоткань, состоящий из полиэфирной смолы, армированной стеклотканью, а для грузового теплохода — армированной стеклотканью и стеклотканью.

В процессе проектирования, строительства и испытаний экспериментальных судов из пластмассы представляется возможность отработать отдельные узлы, сопряжения между отдельными конструктивными и деталями, проверить работу пластмассовых

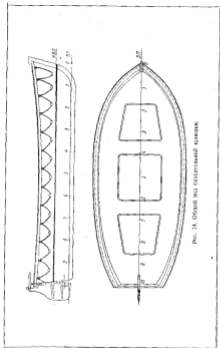


Рис. 14. Обозид вид спасательной шлюпки.

конструкций на вибрационные нагрузки и решить некоторые вопросы, связанные с прочностью основного корпуса, с технологией строительства при ручном формировании пластмассы, с герметичностью постройки судов.

Экспериментальная спасательная шлюпка (рис. 14) имеет следующие главные размеры:

Длина, м:	
габаритная	3,6
расчетная	3,5
Ширину расчетная, м	1,4
Высота борта, м	0,5
Объем в полном грузу, м	0,23
Вместимость чел.	6

Построенная и испытанная спасательная шлюпка в затурном условиях представляет собой трехкамерную конструкцию с легким наполнителем из пенопласта с амкнутыми водонепроницаемыми

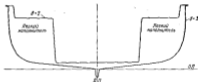


Рис. 15. Поперечное сечение спасательной шлюпки.

ячейками. Как видно из рис. 14, спасательная шлюпка состоит из двух секций — корпуса толщиной 3—4 мм и внутренней оболочки толщиной 2 мм. Обе оболочки были изготовлены из полиэфирной смолы золотого отверждения и стекломата.

Поперечное сечение спасательной шлюпки показано на рис. 15. Принятое сопряжение наружной и внутренней оболочек обеспечивает шлюпке достаточную поперечную и продольную прочность без применения набора.

Объем воздушных ящиков между наружной и внутренней оболочками принят 0,3 от объема асей шлюпки, т. е. больше предусмотренного нормами Регистров Регистра. Завышенный объем воздушных ящиков и сниженные весовые показатели позволяют увеличить пассажировместимость шлюпки до 8 чел. вместо 6 чел. для аналогичной деревянной спасательной шлюпки.

313181



Рис. 16. Спасательная шлюпка во время испытаний.
Шлюпка залита водой и в ней находится 2 чел.



Рис. 17. Спасательная шлюпка во время ходовых испытаний
на Халкынском водохранилище.

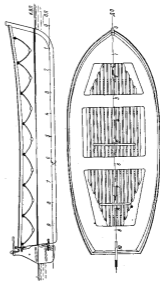


Рис. 18. Общий вид рабочего кая.

Как показали натурные испытания, шлюпка сохраняет плавучесть даже в том случае, если она полностью залита водой и в ней размещено 8 чел. (деревянная спасательная шлюпка того же типа с пятью пассажирами при заполнении водой зонет). Но для удобства размещения людей и снаряжения в шлюпке ее пассажиронагрузочность пришлось снизить до 6 чел. Спасательная шлюпка из пластмассы во время испытаний показала на рис. 16.

Пластмассовая шлюпка может быть использована и в качестве спасательной шлюпки-плотика. Как показали производственные расчеты и испытания, при заполнении водой такая шлюпка-плотик сохранит плавучесть, если на ней будет 6 пассажиров и,

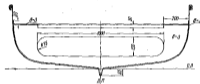


Рис. 19. Поперечное сечение рабочего яла.

кроме того, 20 чел. будут держаться за спасательные леера. Во время натурных испытаний шлюпка с подвесным мотором мощностью 10 л. с. развивала скорость 9,5 км/час.

Спасательная шлюпка с подвесным мотором мощностью 10 л. с. во время ходовых испытаний показана на рис. 17. Во время ходовых испытаний было установлено, что спасательная шлюпка с подвесным мотором и без мотора хорошо управляется.

На базе спасательной шлюпки разработана конструкция рабочего яла. Общий вид рабочего яла приведен на рис. 18. Как видно из рис. 18, внутренняя оболочка на рабочем яле не предусматривает воздушных щелей и образует только носовое, кормовое и средние сиденья. Поперечное сечение рабочего яла показано на рис. 19. Корпус его полностью унифицирован с корпусом спасательной шлюпки, что в дальнейшем даст возможность механизировать строительство спасательных шлюпок и рабочих ялов.

На яле предусмотрено также крепление для подвесного мотора мощностью 5 и 10 л. с.

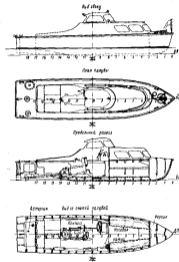


Рис. 20. Внешнее расположение моторатора.

Шлюпка и рабочий ял разработаны в двух модификациях — для плавания по внутренним водным путям, отнесенным к разряду «О» и «Р» согласно классификации Речного Регистра.

Выполненные экспериментальные работы по постройке спасательной шлюпки позволили решить конструктивные и технологические вопросы при проектировании более крупных судов — мотокатера и грузового теплохода.

Катер из пластмассы, спроектированный ЦТКБ Министерства речного флота, имеет следующие основные элементы:

Длина расчетная, м	7,5
Ширина расчетная, м	1,8
Высота борта расчетная, м	0,92
Наибольшая осадка, м	0,35
Вместимость, м ³ :	
в бортах грузу	2,6
порошам	1,34
Мощность двигателя, л. с.	62
Зидас топлива на 9 час, кг	160
Скорость на тихой глубокой воде, км/час	27
Пассажироемкость, чел.	10—12

Общее расположение мотокатера показано на рис. 20.

В отличие от безбортовой конструкции спасательной шлюпки корпус мотокатера построен на однослойной монолитной оболочке, усиленной поперечными и продольными связями.

Три поперечными переборками катер разделен на 4 отсека: форник, который используется для хранения судового инвентаря; носовой салон с двумя пластмассовыми диванами на 6 пассажиров; моторный отсек с рулевой рубкой (здесь размещены главный двигатель, обслуживающие его механизмы, пульт управления судном и диван на 4 чел.); ахтердек, в котором находится мастерня для бензина.

При проектировании и строительстве мотокатера отработались такие важные конструкции и сопряжения, как сопряжение металлического фундамента под главный двигатель с набором и наружной обшивкой, действующей рубкой с набором и наружной обшивкой, сопряжение металлического кронштейна гребного вала с наружной обшивкой и набором, возможность приклеивания металлических фланцев к наружной обшивке.

Во время натурных испытаний в условиях глубокой и мелкой воды выявились высокие эксплуатационные показатели катера, поэтому приемная комиссия рекомендовала его к серийному строительству. На рис. 21 показан мотокатер во время ходовых испытаний.

Опытный грузовой теплоход грузоподъемностью 15 т, спроектированный из пластмассы, имеет следующие основные элементы:

Длина, м:	
наибольшая	35,2
расчетная	15,6
Ширина расчетная, м	3,4
Высота борта, м	1,3
Осадка в грузу, м	0,6
Грузоподъемность, м	15
Мощность главного двигателя, л. с.	82
Скорость расчетная, км/час	33,5
Экипаж, чел.	2

Корпус судна разделен четырьмя переборками на пять отсеков, которые используются следующим образом: форник — для



Рис. 21. Мотокатер во время ходовых испытаний на Химковском водохранилище.

хранения судовых запасов, отсек между форником и грузовым трюмом — под жилое помещение на два человека экипажа, отсек между жилым помещением и моторным отделением — как грузовой трюм, отсек между грузовыми трюмами и кормовой переборкой — под моторное отделение, а ахтердек — для хранения судовых запасов. Над грузовым трюмом предусмотрено складывающееся акюзовое закрытие шатрового типа.

Грузовой теплоход спроектирован на разряд «Л» по классификации Речного Регистра. Общее расположение теплохода показано на рис. 22.

Корпус грузового теплохода рассчитан на значительные внешние нагрузки, поэтому в качестве наполнителей в его несущих связях использованы стеклоткань и стеклоткань в сочетании со стекломатами.

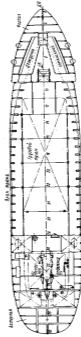
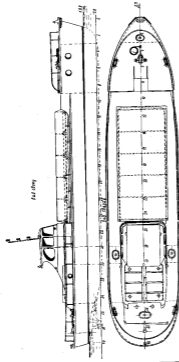


Рис. 22. Облицовочные панели корпуса гидроцикла с грузоподъемностью 15 т.

Весовые показатели грузового теплохода грузоподъемностью 15 м для вариантов корпуса из стали, легких сплавов и пластмасс

Сталь нагрузки	В о с, м		
	стальной корпус	корпус из легких сплавов	пластмассовый корпус
A. Корпус			
Корпус и надстройка	5,628	0,080*	0,080*
Дерево в составе корпуса и надстройки	0,490	2,770	от 1,280 до 1,680**
Выступки оборудования помещений	0,100	0,100	0,140
Оборудовка, аппаратура, пневматика, электрика и постройка	0,600	0,600	0,580
Двигатель моты	0,240	0,240	0,240
Средства устройства системы	0,270	0,270	0,337
Погрузочные механизмы	0,162	0,162	0,162
Судовое снабжение и инвентарь	0,093	0,093	0,093
Судовое снабжение и инвентарь	0,175	0,175	0,175
Итого по разделу А	7,723	4,953	3,340 3,34
B. Механизмы			
Главный двигатель	0,300	0,300	0,300
Двигатель и аппаратура вспомогательных механизмов и оборудования	0,948	0,648	0,628
Трансформаторы МО	0,312	0,312	0,312
Звенья цепи, свободно вращающийся инвентарь	0,083	0,083	0,083
Звенья цепи, свободно вращающийся инвентарь	0,019	0,019	0,019
Итого по разделу B	0,662	0,662	0,662
B. Электрооборудование			
Электрооборудование, элект. радиооборудование	0,288	0,288	0,288
Итого по разделу B	0,288	0,288	0,288
Судно черепашь	8,918	6,073	4,291 5,491

* В числителе — вес металлических формовочных элементов и вспомогательных механизмов.

** См. примечание к табл. 5, стр. 6.

При проектировании грузового теплохода в качестве основной ставилась задача выявления несущей способности стеклопластика как конструкционного материала.

Для выявления несущей способности элементов набора корпуса от общего веса и от местных нагрузок намечается производство тензометрических испытаний с установкой большого количества датчиков. По результатам тензометрических испытаний будут корректироваться выполняемые расчеты общей и местной прочности.

Для некоторой сравнительной оценки эксплуатационно-экономических преимуществ пластмассовых судов перед судами с корпусами из металла и легких сплавов был произведен эксплуатационно-экономический анализ целого ряда судов и определены весовые показатели этих судов.

§ 10. ВЕСОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

С целью некоторой оценки весовых показателей грузового теплохода для вариантов корпуса из стали, легких сплавов и пластмасс приводим в табл. 4 данные по отдельным статьям нагрузки.

Как видно из табл. 4, корпус грузового теплохода из пластмассы легче стального почти на 50%, и на 26% легче корпуса из легких сплавов.

Для количественной оценки снижения весовых показателей (в первом приближении) при переходе от стальных конструкций к конструкциям из легких сплавов или пластмасс могут быть выполнены расчеты.

Расчеты производятся при следующих условиях:

а) коэффициенты запаса прочности для стали, легких сплавов и пластмассы принимаются одинаковыми;

б) при расчете на растяжение и изгиб стали и легких сплавов допускаемое напряжение определяется по пределу текучести, при расчете на растяжение и изгиб для стали и пластмассы допускаемое напряжение определяется по пределу прочности материала. При выборе предела прочности для пластмассовых судовых конструкций из стеклопластиков необходимо учитывать снижение прочностных показателей от намокания, полученного при длительных нагрузках, старения и термодинамических воздействий при формировании. Степень влияния каждого из этих факторов в должной мере не изучена и является предметом исследований;

в) устойчивость элементов из стали, легких сплавов и пластмассы при сжатии от продольного изгиба, а также величину прогиба при изгибе характеризуется произведением EI (E — модуль упругости материала, I — момент инерции элемента и направлением возможной потери его устойчивости).

Растяжение

Площади равнопрочных конструктивных элементов из стали и легких сплавов равны:

$$F_{ст} = \frac{P_n}{\sigma_{ст}}, \quad (5)$$

$$F_{ал} = \frac{P_n}{\sigma_{ал}}, \quad (6)$$

где $F_{ст}$ — площадь поперечного сечения стального стержня;
 $F_{ал}$ — площадь поперечного сечения стержня из легких сплавов;
 P — сила, действующая на стержень;
 n — коэффициент запаса;
 $\sigma_{ст}$ — предел текучести стали;
 $\sigma_{ал}$ — предел текучести легкого сплава.

Так как вес элементов конструкции прямо пропорционален их площади, то из обеих уравнений определим

$$\frac{G_{ал}}{G_{ст}} = \frac{\sigma_{ст}}{\sigma_{ал}} \frac{1}{n}, \quad (7)$$

где $G_{ал}$ — вес стержня из легкого сплава;
 $G_{ст}$ — вес стального стержня.

Таким образом, отношение веса конструкции из легких сплавов к стальной прямо пропорционально их удельным весам и обратно пропорционально пределам текучести.

При переходе от стали на пластмассу площади равнопрочных конструктивных элементов из стали и пластмассы будут равны:

$$F_{ст} = \frac{P_n'}{\sigma_{ст}'}, \quad (8)$$

$$F_{пл} = \frac{P_n'}{\sigma_{пл}'}, \quad (9)$$

где $\sigma_{ст}'$ — предел прочности стали;
 $\sigma_{пл}'$ — предел прочности пластмассы;
 n' — коэффициент запаса.

В связи с тем, что и в этом случае, веса элементов конструкции прямо пропорциональны их площади, из обеих уравнений определим

$$\frac{G_{пл}}{G_{ст}} = \frac{\sigma_{ст}'}{\sigma_{пл}'} \frac{1}{n'}, \quad (10)$$

где $G_{пл}$ — вес стержня из пластмассы.

Как видно из формул, отношение веса конструкции из пластмассы к весу стальной конструкции прямо пропорционально их удельным весам и обратно пропорционально пределам прочности.

Изгиб

Моменты сопротивления равнопрочных элементов конструкции из стали и легкого сплава по допускаемому напряжению без учета прогибов будут равны:

$$W_{ст} = \frac{M_n}{\sigma_{ст}}, \quad (11)$$

$$W_{ал} = \frac{M_n}{\sigma_{ал}}, \quad (12)$$

где $W_{ст}$ — момент сопротивления поперечного сечения стального стержня;

$W_{ал}$ — момент сопротивления поперечного сечения стержня из легкого сплава;

M — расчетный изгибающий момент.

После ряда преобразований получаем соотношение весов для прямоугольного стержня.

$$\frac{G_{ал}}{G_{ст}} = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{\sigma_{ст}}{\sigma_{ал}}}, \quad (13)$$

Моменты сопротивления равнопрочных элементов конструкции из стали и пластмассы по допускаемому напряжению без учета прогибов будут равны:

$$W_{ст}' = \frac{M_n'}{\sigma_{ст}'}, \quad (14)$$

$$W_{пл}' = \frac{M_n'}{\sigma_{пл}'}, \quad (15)$$

где $W_{ст}'$ — момент сопротивления поперечного сечения стержня из пластмассы.

После ряда преобразований получаем соотношение весов конструкций из стали и пластмассы для прямоугольного сечения.

$$\frac{G_{пл}}{G_{ст}} = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{\sigma_{ст}'}{\sigma_{пл}'}}. \quad (16)$$

Продольный изгиб

Моменты инерции равнопрочных стержней из стали, легких сплавов и пластмассы для соответствующих этим материалам модулей упругости будут равны:

$$J_{ст} = \frac{P \rho}{\sigma^2 E_{ст}}, \quad (17)$$

$$J_{лс} = \frac{P \rho^2}{\sigma^2 E_{лс}}, \quad (18)$$

$$J_{пм} = \frac{P \rho^2}{\sigma^2 E_{пм}}, \quad (19)$$

где $J_{ст}$ — момент инерции стального стержня в направлении возможной потери его устойчивости;

$J_{лс}$ — момент инерции стержня из легкого сплава в направлении возможной потери его устойчивости;

$J_{пм}$ — момент инерции стержня из пластмассы в направлении возможной потери его устойчивости;

$E_{ст}$ — модуль упругости стали;

$E_{лс}$ — модуль упругости легкого сплава;

$E_{пм}$ — модуль упругости пластмассы.

После ряда преобразований получаем следующее соотношение весов прямоугольного стержня при переходе от стали к легким сплавам:

$$\frac{G_{лс}}{G_{ст}} = \frac{1}{\sigma} \sqrt{\frac{E_{ст}}{E_{лс}}}. \quad (20)$$

При переходе от стального прямоугольного стержня к пластмассовой соотношения весов будут определяться по формуле.

$$\frac{G_{пм}}{G_{ст}} = \frac{1}{\sigma} \sqrt{\frac{E_{ст}}{E_{пм}}}. \quad (21)$$

Пользуясь указанными соотношениями, можно получить в первом приближении величину снижения весовых показателей при переходе от стальной конструкции на конструкции, выполненные из легких сплавов и пластмассы.

§ 11. ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

В настоящее время не представляется возможным провести с достаточной степенью точности экономические показатели построенных судов из пластмассы, так как в Советском Союзе идет процесс производственного освоения полиэфирных смол и стекловолоконителей. Ниже будут рассмотрены некоторые эксплуатационно-экономические показатели для корпусов судов

из пластмассы и легких сплавов по данным иностранных фирм и указана эффективность применения пластмассы как конструкционного материала для ряда речных судов.

Экономическая эффективность судов из пластмассы. Данные иностранных фирм, работающих в области пластмассового судостроения, свидетельствуют о высокой эффективности судов из пластмассы как в отношении стоимости постройки, так и в отношении стоимости эксплуатации. Например, в США судно из пластмассы длиной 8,8 м было построено десятью рабочими за 16 час. Трудоемкость постройки судна составила 35% от трудоемкости постройки такого же деревянного судна. Согласно калькуляции, произведенной по ценам США, стоимость постройки этого судна равна 60% от стоимости деревянного судна.

Характерно, что из всего состава бригады, работавшей на постройке судна, только двое рабочих обладали квалификацией.

В журнале «Hansa», № 50 за 1951 г. опубликована статья о постройке шлюпок из стеклопластика. Согласно указанным в статье данным шлюпки из армированной пластмассы легче деревянных примерно на 50%, а стоимость постройки их (в условиях Англии) на 20% меньше стоимости деревянных шлюпок и почти в 2 раза меньше стоимости шлюпок таких же размеров, построенных из легких сплавов.

Весовые показатели корпусов судов, построенных из стеклопластика, колеблются в широких пределах и зависят от качества применяемых материалов и способов нанесения стеклопластика.

Ремонт пластмассовых судов не представляет особых затруднений. При наличии трещин или пробоин в корпусе производится разрезка кромок и расчистка верхних слоев пластмассы, после чего поверхность поддается термообработке инфракрасными лучами; затем слой за слоем укладывается стеклоткань, пропитанная полиэфирной смолой.

Экономическая эффективность судов из легких сплавов. Для качественной оценки судов, построенных из алюминий-магниевых сплавов, приводим данные по двум однотипным судам, из которых одно с корпусом из судостроительной стали, другое — с алюминиевым корпусом.

Главные размеры судов обоих вариантов, обводы корпуса, силовая установка и другие механизмы приняты одинаковыми. Конструкция корпуса для обоих вариантов принята сварной.

С целью увеличения грузоподъемности при алюминий-магниевом варианте проведена перепланировка отсеков в корпусе. Набор корпуса в обоих случаях определен по правилам Английского Ллойда.

Для обоях вариантов нефтеналивных судов приняты следующие главные размеры:

Длина, м	42,35
Ширина, м	7,77
Высота борта, м	2,74
Грузоподъемность, т	
для стального корпуса	320
" алюминевого	400
Осадка в морской воде, м	2,44
Скорость хода, км/час	16,08

Сравнительные весовые показатели корпуса и элементов оборудования танкера для обоях вариантов судна приведены в табл. 5.

Как видно из табл. 5, при алюминевом корпусе судна представляется возможным без изменения главных размеров судна уменьшить грузоподъемность почти на 80 т.

Увеличение грузоподъемности на 80 т отразилось на калькуляции следующим образом (в английских фунтах стерлингов):

I вариант (стальное судно)

126 т стали по 38 ф. ст.	5 200
Обработка 126 т стали по 30 ф. ст.	4 100
Наложения за рабочую силу 50%	2 650

Итого 11 950

II вариант (алюминевое судно)

39 т алюмине по 30 ф. ст.	17 700
Обработка 39 т алюмине по 30 ф. ст.	4 100
Наложения за рабочую силу 50%	2 675

Итого 24 475

Из этих данных следует, что алюминевый корпус на 12 575 ф. ст. дороже стального, а с учетом некоторых других статей расхода на 14 тыс. ф. ст. Следовательно, каждая дополнительная тонна грузоподъемности приобретает за 175 ф. ст., между тем как стоимость стального судна составляет 150—200 ф. ст. за тонну грузоподъемности.

Таким образом, в районах плавания, где по габаритам пути не представляется возможным обеспечить требуемую грузоподъемность судна путем увеличения его основных размеров, суда из алюминевых сплавов могут с успехом конкурировать со стальными судами.

Экономическая эффективность судов из легких сплавов и пластмасс по сравнению со стальными. При определении эффективности применения пластмасс в речном судостроении были рассчитаны весовые

показатели целого ряда стальных судов в пересчете на стандартную массу. Анализ выполнен для трех вариантов: I вариант — суда

Таблица 5

Сравнительные весовые показатели корпуса из стали и легких сплавов (в тоннах)

Весовые элементы	Судно	
	стальное	алюминевое
Судно без груза		
Металл в составе корпуса	123,7	52,10
Литье, ковочка	3,59	2,96
Сварочные работы	1,99	1,99
Трубопроводы	6,52	3,43
Деревянные части	3,22	3,22
Деревянные части	2,05	2,05
Троллинги и т.п.	0,70	0,70
Оборудовка	2,10	2,10
Электрооборудование	5,25	2,83
Насосное хозяйство	0,58	0,58
Якоря и цепи	0,45	0,45
Палубный металл	9,44	9,44
Палубное оборудование	4,82	4,82
Судовое оборудование	4,91	2,45
Архитектура	9,73	9,73
Главные системы установки		
Итого	165,52	85,35
Судно с грузом		
Топливо	16	14
Пресная вода	5	10
Груз	320	400
Ковочка	0,44	0,44
Затраты	3	3
Итого	309,96	322,79

со стальными корпусом; II вариант — суда с корпусом из легких сплавов и III вариант — суда с корпусом из пластмасс. Данные анализы приведены в табл. 5.

Ориентировочные показатели судов к/м

Наименование судна и его главные параметры (С.М.)	Чистый вес груза, м			Стреловый груз, м		
	судовые	вместимость в тоннах	вместимость в % к стреловому весу	на ленте в % к стреловому	вместимость в тоннах	вместимость в % к стреловому
Механический бурно-тягач мощностью 120 л. с., 10х3,6х3,6м	22,6	14,7	78	14,9	86,0	347,1 787,9
Средний бурно-тягач мощностью 240 л. с., 20х6,0х3,5х3,1	110,4	48,2	67,3	66,2	79	1007,0 1292,0
Бурно-тягач для лены на мощность 180 л. с., 16х3,7х3,3х2,6	35,4	19,4	63,6	32,5	78,5	187,2 186,7
Бурно-тягач с комбинированными двигателями мощностью 200 л. с., 16х3,6х3,0х3,0	30,4	17,5	57,6	31,1	79	209,0 204,3
Пестиковский лентер для Москвы, 8 сил, мощностью 120 л. с., 24х3,4х3,1х3,0	41,8	24,7	59,8	50,1	73,8	303,4 313,2
Венковская ларка грузоподъемностью 40 м, 20х3,2х3,0х2,7	19,0	5,5	46,3	37,6	60,2	128,2 112,3
Тягач тягач грузоподъемностью 120 м, мощностью 120 л. с., 40х7,0х3,1	140	55,8	37,1	49,9	48	7,0 362,5
Тягач тягач грузоподъемностью 18-15 м, мощностью 62 л. с., 24х3,0х3,1х3,0	8,8	4,4	50,0	6,0	68,4	66,2 71
Средняя металлургическая ларка грузоподъемностью 60 м, мощностью 120 л. с., 20х3,0х3,1х3,0	34,8	10,0	37,2	30,5	33,3	218,1 208,3
Тягач тягач грузоподъемностью 20 м, мощностью 80 л. с., 20х3,1х3,0х3,0	28,8	20,8	62,7	37,7	71,9	375,2 375,3
Тягач тягач грузоподъемностью 20 м, мощностью 80 л. с., 40х7,0х3,2х3,0	34,0	20,4	60,4	26,1	34,3	68,6 122,4
Тягач тягач грузоподъемностью 100 м, мощностью 120 л. с., 16х3,1х3,0х3,0	100,0	27,8	28	37,9	73	204,2 204,4
В среднем по всем металлургическим судам			58,5		72,7	31,2 36,3

Судна, лентес судов и вентилас

Средняя мощность, л. с.	Собственная мощность судов, ватт/ч					Удельная мощность двигателя судов, кол/ч/м				
	на ленте в % к стреловому	на ленте в % к стреловому	судового	вместимости в тоннах	на ленте в % к стреловому	судового	вместимости в тоннах	на ленте в % к стреловому	на ленте в % к стреловому	на ленте в % к стреловому
202,5	122,8 113,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1474,7	351,3 113,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
335	229,2 114	-	-	-	-	-	-	-	-	-
203,4	206,8 113,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
466,0	320,3 74	-	-	-	-	-	-	-	-	-
173,9	200,3 146	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100,4	128,2 300,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50,8	208,2 120,3	45,8 47,9	31,0 37,4	33 68,3	30,0	34,0 30,7	46,8 57,5	37,1 37,8	50 37,7	106,1 106,3
114,2	14,2 120,3	11,8 72,3	9 79	79 79	11,0	30,4 30,1	34,5 37,3	35,2 38,3	35 37,8	108,5 108,3
300	322,8 127	8,3 47	7,1 7,3	38 40,3	0,9	120,8 100,7	31,8 30,4	18,0 18,4	39 37,5	126,0 124,7
300,4	209,2 120,3	8,2 4,7	6,2 14,4	32 14,4	0,9	166,4 102	30,8 30,9	34,7 34,0	33,4 37,8	122 111
204,2	150 120,3	4,2 4,8	5,7 3,9	31 40,3	0	139 100	30,4 18,1	12,1 12,2	36 37	127,1 108,5
	355,1 120,3			44,7 97,1		120,8 103,3		32 37,5		120 108,5

Весовые показатели судов определялись с учетом обеспечения равнопрочности конструкции корпуса из легких сплавов и пластмассы со стальными по методике, указанной в § 10.

Расчеты эксплуатационно-экономических показателей судов с корпусами и надстройками из стали, легких сплавов и пластмассы выполнялись по нормативам.

Нормативы для расчета стоимости постройки судов из стали, легких сплавов и пластмассы приведены в табл. 7.

Таблица 7

Нормативы для расчета стоимости постройки судов из стали, легких сплавов и пластмассы

Наименование материала	Процент отхода	Стоимость 1 м, руб.	Выработка на 1 чел.-час, кг
Сталь	10	900	2,1 (4)
Легкие сплавы	10	9 000	1,5
Пластмасса	10	5 000	4,5

Примечания: 1. Данные по стали приняты согласно нормативам ЦНИИЭФТ, в котором средняя выработка — 4 кг на 1 чел.-час — по сравнению, данным Теплоходного управления Министерства речного флота. 2. Стоимость металла сплавов равна по нормативам ЦНИИЭФТ. 3. Стоимость пластика была принята по нормативам Московского научно-исследовательского института пластмасс, в котором средняя и норма выработка — по стальной заводе им. М. И. Калашникова.

При расчете основного фонда заработной платы по строительству судов принята следующая стоимость человеко-часа:

- для судов с корпусами и надстройками из стали — 2 руб. 60 коп.;
- для судов с корпусами и надстройками из легких сплавов — 2 руб. 70 коп.;
- для судов с корпусами и надстройками из пластмассы — 2 руб. 80 коп.

Выбор стоимости человеко-часа производился исходя из следующих соображений:

- стоимость человеко-часа в размере 2 руб. 60 коп. принята по методике ЦНИИЭФТ для стальных судов;
- стоимость человеко-часа в размере 2 руб. 70 коп. для судов из легких сплавов на 4% выше, чем для стальных судов, так как требуется более высокая квалификация рабочих;
- стоимость человеко-часа в размере 2 руб. 80 коп. при постройке судов из стеклопластика получена путем пересчета с восьми- на шестичасовой рабочей день основной ставки (2 руб. 10 коп.). Ставка 2 руб. 10 коп. в час принята потому, что процесс формирования корпуса судна не требует труда высококвалифицированных рабочих.

Указанные нормативы были положены в основу при определении эффективности строительства и эксплуатации судов из легких сплавов и пластмассы по сравнению со стальными.

Таким образом, анализируя данные табл. 6, приходим к выводам:

- Снижение весовых показателей судов из легких сплавов по сравнению со стальными колеблется от 20 до 36%, а пластмассовых судов по отношению к стальным — от 29 до 50%.
- Если принять строительную стоимость стальных судов за 100%, то стоимость судов из легких сплавов будет составлять от 113 до 159%, а пластмассовых судов от 77 до 97%.
- Если принять себестоимость перевозок на грузовых металлических судах за 100%, то себестоимость перевозки груза на судах из легких сплавов будет составлять от 85 до 119%, а на пластмассовых судах от 76 до 89%. Удельные капиталовложения для судов из легких сплавов будут составлять от 100 до 136%, для пластмассовых судов от 59 до 83%.

§ 12. СУХОГУЗНЫЕ ГРУЗОВЫЕ ТЕПЛОХОДЫ

В настоящее время для перевозки грузов в условиях малых и средних рек применяются грузовые теплоходы грузоподъемностью от 5 до 300 т. Ниже дается краткое описание сухогрузных теплоходов.

Грузовой теплоход грузоподъемностью 100 т с водометным двигателем и с кормовым расположением надстройки. Выбор архитектурного типа теплохода обусловлен необходимостью обеспечить нормальную дифферентовку судна в порожнем состоянии и в полном грузу, удобное расположение всех помещений для возможности максимальной механизации грузовых работ (в этом случае исключено размещение грузов над жилыми помещениями). Общее расположение судна с кормовым размещением надстройки показано на рис. 23.

Следует отметить, что кормовое расположение надстройки на малотоннажных теплоходах создает благоприятные условия для дифферентовки судна в порожнем состоянии, но затруднит дифферентовку его в полном грузу при расположенных односторонне груза симметрично центру тяжести грузового трюма. Общюю такое расположение груза вызывает значительный дифференс судна в полном грузу на нос.

Выше благоприятная дифферентовка судна может быть достигнута путем максимально возможного смещения моторного отделения в грузовой балласт в корму, увеличением длины судна или приемом жидкого балласта в кормовой части.

Увеличение длины судна влечет за собой не только лишние затраты материальных и денежных средств, но и создает известные эксплуатационные ограничения; например, ограничивается

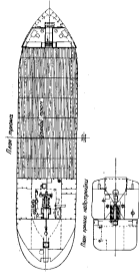
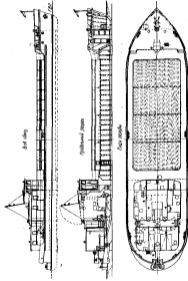


Рис. 23. Облик разгруженного грузового теплохода грузоподъемностью 100 т с винтовыми двигателями.

его район плавания, так как при малых радиусах закрутки теплоход не может развернуться. Прием водного балласта для грузового судна также нежелателен. В этом случае практически уменьшается грузоподъемность судна.

Следовательно, наиболее рациональной является дифференровка судна за счет правильной планировки жилых и служебных помещений. Такая дифференровка затруднительна, но возможна.

Обычно при наличии свободной емкости грузового трюма можно произвести дифференровку судна на ровный киль за счет неравномерного размещения груза в трюме. Такая дифференровка предусматривается и для рассматриваемого теплохода.

Проект грузового теплохода грузоподъемностью 100 т с водометным движителем разработан в двух модификациях. Первая модификация предусматривает расположение надстройки на главной палубе, вторая модификация — дополнительную кормовую надстройку, что обеспечивает грузовому теплоходу проходимость по малым рекам, отнесенным к VI и VII классам, с подмостками габаритами в 3,5 м.

Надводная габаритная высота теплохода с расположением надстройки на палубе обеспечивает проходимость его по водным путям местного значения, отнесенным к V классу, с подмостками габаритами в 7 м.

Для теплохода обеих модификаций приняты следующие главные элементы:

Длина расчетная, м	30,5
Ширина расчетная, м	7,0
Высота борта расчетная, м	1,5
Средств в равном грузу, м	0,8
Грузоподъемность судна при осадке 0,8 м, т:	
с металлическим корпусом	100
с железобетонным	120
Мощность силовой установки, л. с.	80
Скорость расчетная на глубокой воде, км/час	12
Экипаж, чел.	4

Грузовой теплоход спроектирован на разряд «Л» по классификации Речного Регистра.

Для обеспечения механизации грузовых работ желательно иметь по возможности большее раскрытие трюмов и расположение их впереди надстройки. В этом случае кормовое расположение надстройки не ограничивает работу крана при грузовых работах. Полное же раскрытие трюма обеспечивает механизацию грузовых работ при ограниченной емкости работ по штывке и подгребанию сплывшего груза. С этой целью и принята конструкция корпуса с почти полным раскрытием трюма: при ширине судна 7 м раскрытие трюма составляет 5,5 м, т. е. ширина подмостков равна 0,75 м.

Как видно из рис. 22, на судне в кормовой части размещено машинное отделение и жилого рубки. Такое расположение жилых помещений над машинным отделением является крайне нежелательным из-за шума при работе главного двигателя, поэтому в носовой части рубки размещена только одна одностенная каюта и с другого борта расположен камбуз.

Для ликвидации шума в каюте капитана, находящейся в носовой части рубки, предусмотрено протившумные изоляции по кожуху машинного отделения и главной палубе. Остальные жилые помещения размещены вне машинного отделения в кормовой части рубки. В носовой части корпуса предусмотрены помещения для двух телехов команды, сопровождающих груз. В случае отсутствия необходимости в люках, сопровождающих груз, эти помещения могут быть упразднены.

Выполненный анализ при переходе от стального корпуса грузового теплохода на корпус из легких сплавов и пластмассы показал, что в обоих случаях происходит снижение весовых показателей, за счет чего увеличивается грузоподъемность судна: для корпуса из легких сплавов примерно на 10%, а для корпуса из пластмассы на 15—18%.

Весовые показатели грузового теплохода для варианта корпуса из стали, легких сплавов и пластмассы приведены в табл. 8. Конструктивный индекс-шпангоут для корпуса из стали показан на рис. 24.

Равнопрочный с металлическим индекс-шпангоутом примерный индекс-шпангоут, выполненный из стеклопластика, изображен на рис. 25.

При проектировании судна следует иметь в виду, что эффективность работы грузового теплохода зависит не только от снижения весовых показателей, но и от правильного выбора типа главной силовой установки.

При выборе главного двигателя для данного судна анализировался вопрос о целесообразности установки на судне двигателями мощностью 150 и 90 л. с. Результаты расчетов по определенным эксплуатационно-экономическим показателям приведены в табл. 9.

Как видно из табл. 9, переход от двигателя мощностью 150 л. с. к двигателю мощностью 90 л. с. приводит к снижению скорости: на глубокой воде — на 11,5%, на мелководье — от 6 до 8%. Однако, несмотря на некоторую потерю скорости, следует считать, что по всем экономическим показателям выгоднее ставить двигатель мощностью 90 л. с., так как применение его снижает себестоимость перевозки одной тонны груза на 8—12%, а капиталоотдачи — на 17—20%. Таким образом, по всем показателям теплоход с двигателем 90 л. с. оказывается более эффективным в эксплуатационном отношении, чем с двигателем 150 л. с., если род перевозимых грузов позволяет производить их доставку в длительные сроки.

Таблица 8

Весовые показатели грузовой тепловоза грузоподъемностью 100 т с водометным двигателем для вариантов корпуса из стали, легких сплавов и пластмассы

Страна нагрузки	Вес, т		
	стальной корпус	корпус из легких сплавов	пластмассовый корпус
А. Корпус			
Корпус и надстройка	22,58	6,50*	6,50*
Деревянные настилы в надстройке	5,83	5,83	5,50—9,50**
Оборудование помещений в МО	0,95	0,94	2,44
Ограды, дефлекторы, изоляция, теплозащита и покрытия	1,33	1,33	1,63***
Деревянные ящики	4,78	0,78	0,78
Судовые устройства	1,64	1,64	1,64
— системы	1,15	1,15	1,15
Пазубные механизмы	0,44	0,44	0,44
Судовые сабботы и аксессуары	0,65	0,65	0,65
Итого по разделу А	36,69	24,48	17,07
Б. Механика			
Газовые двигатели	1,13	1,13	1,13
Двигатели и надстройка	0,25	0,21	0,21
Вспомогательный котел	—	—	—
Вспомогательные механизмы	0,33	0,33	0,33
Трубопроводы МО	0,41	0,41	0,41
Посыль центробежного управления	—	—	—
Сабботы, аппаратура, инструменты	0,32	0,32	0,32
Насосы	0,15	0,15	0,15
Итого по разделу Б	2,55	2,55	2,55
В. Электрооборудование			
Электрооборудование	0,66	4,06	0,66
Радиооборудование	0,02	0,02	0,02
Итого по разделу В	0,68	4,08	0,68
Итого суммарно	38,02	37,71	20,30
			28,9

* В числителе — вес металлического функционально или конструктивно необходимого оборудования.

** См. также в табл. 1, стр. 8.

*** В числителе — вес металлического оборудования, в знаменателе — вес пластмассового оборудования.

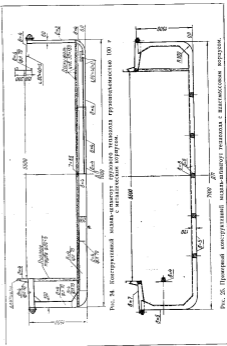


Рис. 24. Конструктивный вариант корпуса грузовой тепловоза грузоподъемностью 100 т с водометным двигателем

Рис. 25. Проверочный конструктивный вариант тепловоза с пластмассовым корпусом

Двигательный комплекс данного судна, как указывалось выше, значительно отличается от двигателей обычных речных судов. У судна с водометным двигателем гребное устройство состоит из осевого насоса, приводимого в движение от главного двигателя.

Таблица 9

Эксплуатационно-экономические показатели судов с двигателями мощностью 130 и 90 л. с.

Показатели	Судно с двигателем мощностью 130 л. с.			Судно с двигателем мощностью 90 л. с.		
	6	2	1,5	6	2	1,5
Отношение далям фарватера к осадке	6	2	1,5	6	2	1,5
Давня яроба, км	100	100	100	100	100	100
Скорость, км/час	12,9	10,8	8,8	11,35	9,9	8,3
Разная в скорости судна с разными двигателями, км/час	—	—	—	1,45	0,9	0,5
То же, %	111,5	108	106	100	100	100
Себестоимость перевозки одной тонны груза, коп/ткм	5,04	6,13	8,82	5,33	5,37	6,08
Соотношение, %	108	110	112	100	100	100
Каналовозможность, коп/ткм	11,09	12,33	13,40	9,88	10,49	11,23
Соотношение, %	117	119	120	100	100	100

Примечание. При определении экономической эффективности перевозок грузы для обеих вариантов на 10 т.

Для размещения осевого насоса наилучшим расположением рабочего колеса следует считать такое, при котором наружные кромки лопастей находятся на уровне осевой линии. Однако расположить так колесо не представляется возможным по конструктивным соображениям. Поэтому для безотказной работы рабочего колеса следует располагать его таким образом, чтобы при плавании судна в порожнем состоянии лопасти его были бы ниже порожней ватерлинии, на уровне нижней кромки ступицы рабочего колеса.

Весь гидромеханический комплекс грузового теплохода принят по схеме, предложенной инж. М. Д. Хренниковым.

Речной грузовой теплоход грузоподъемностью 60 т водометным двигателем. Речной грузовой теплоход грузоподъемностью 60 т является судном открытой типа с водометным двигателем, с расположенным жилой доутопленной надстройкой в носовой части судна, и предназна-

чается для плавания по внутренним водным путям, относясь к разряду «Д» по классификации Речного Регистра СССР.

Для этого теплохода приняты следующие главные элементы и эксплуатационные показатели:

Длина габаритная, м	30,2
Ширина расчетная, м	5,5
Высота борта на миделе, м	1,2
« габаритная по постоянным несущим частям, м около	3,8
Грузоподъемность, т	60
Весовое водоизмещение в полном грузу, т	103,6
Осадка в полном грузу, м	0,77
Мощность главного двигателя ЗИЛ, л. с.	130
Скорость хода на гребной и тягой воде, км/час около	13,5
Емкость грузовых трюмов, м ³	90
Экипаж, чел.	4

Выполненные расчеты по определению весовых показателей при переходе от стального корпуса на корпус из легких сплавов и пластмассы показали, что грузоподъемность теплохода может и пластмассы увеличена на 10 т при переходе на корпус из легких сплавов и на 15 т при переходе на пластмассовый корпус. Весовые показатели грузового теплохода грузоподъемностью 60 т для вариантов корпуса из стали, легких сплавов и пластмассы представлены в табл. 10.

Общее расположение грузового теплохода показано на рис. 26.

Как видно из рис. 26, корпус судна поперечными переборками разделен на следующие отсеки: форпик, жилой палубно-утопленная рубка на 4 чел., два грузовых трюма, моторное отделение и каютерик. На главной палубе расположено рулевое и слаббок.

Люкстрое закрытие для этого судна принято брызгозащищенным и состоит из съемных карнигов, на которые укладываются металлические лопатки из волнистого железа или из листов с отбортовкой кромки. Такая конструкция люкового закрытия обеспечивает полное раскрытие трюмов.

Принятое расположение жилого блока в носу благоприятно сказывается на удифферентности судна в полном грузу, но ограничивает использование береговой крановой механизации, так как в этом случае не разрешается проносить груз над помещением, в которых могут находиться люди.

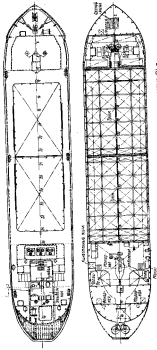
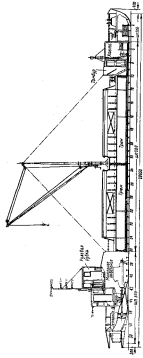


Рис. 26. Общий вид расположения стальной конструкции грузозащиты (в г.)

Весовые показатели грузовой теплоходной грузоподъемностью 60 т для вариантов корпуса из стали, легких сплавов и пластмассы

Сетья и грузки	В е с, т		
	стальной корпус	корпус из легких сплавов	пластмассовый корпус
А. Корпус			
Корпус и надстройки	19,11	0,40* 0,40*	0,40* 3,40—3,44**
Дерево в составе корпуса и надстройки	4,390	4,390	+1,85 1,15***
Оборудование помещений	0,954	0,954	0,954
Окраска, консервирование, изоляция, аэрозольно и покрытие	0,614	0,614	0,400
Дольные веши	1,487	1,487	1,487
Судовые устройства	2,573	2,573	2,573
— системы	0,380	0,380	0,380
Палубные механизмы	—	—	—
Судовые снабжение и инвентарь	1,500	1,500	1,500
Итого по разделу А	30,92	21,61	16,01 17,31
Б. Механизмы			
Газовый двигатель	1,100	1,100	1,00
Двигатель и валопровод	0,634	0,634	0,634
Вспомогательный котел	—	—	—
Вспомогательные механизмы	0,437	0,437	0,437
Трубопроводы МО	0,500	0,500	0,500
Пост централизованного управления	—	—	—
Снабжение, запасные части, инструмент	0,113	0,113	0,113
Насосы	0,100	0,100	0,100
Итого по разделу Б	2,88	2,88	2,88
В. Электрооборудование	1,084	1,084	1,084
Итого судна порожнем	34,9	25,6	17,77 22,6

* В числителе — вес металлических конструкций под палубой и востребованный металл, в знаменателе — сталь Ст. 3.

** См. примечание к табл. 1, стр. 8.

*** В числителе — вес балласта, в знаменателе — дерево.

Двигатель судна — водометный (конструкция инж. М. Д. Хремикова) с выбросом струй в атмосферу.

Для теоретического чертежа взяты следующие коэффициенты полноты: водоизмещения 0,848, модель-шагнгоута 0,994, площади ватерлинии 0,910.

С целью обеспечения подтока воды к провальной насосной движителю в кормовой части судна устроены местные топливные переходники в трубу корпуса насоса.

Для предотвращения рабочего колеса от возможной посадки в яросе посторонних предметов и наматывания водорослей во входной части туннеля имеется ограждающая решетка. Решетка составлена из профилированных прутьев. Все профилированные прутья смонтированы на общей открывающейся раме. Открывание рамы с решеткой производится для очистки ее струей воды от зарослей.

По мере накопления на решетке зарослей будет резко снижаться к. п. д. движителя, поэтому наличие ее нежелательно. Ограждающую решетку нужно ставить только в тех случаях, когда фактор загрязнения затопившей яросы и древесины, во избежание ее от зарослей.

В качестве главного двигателя на теплоходе предусматривается установка дизелей, имеющих два варианта.

Первый вариант — двигатель ЗД6 мощностью 150 л. с. Число оборотов коленчатого вала равно 1500 об/мин, а вала редуктора, связанного с валопроводом рабочего двигателя ЗД6 — 14 км/час на глубокой тихой воде и около 10 км/час на мелководье. Произведенные натурные испытания показали, что судно имеет скорость на глубокой тихой воде 13,5 км/час.

Второй вариант — дизель Букау-Вольф мощностью 80 л. с. с 600 об/мин. При этом дизеле рассчитан скорость на глубокой тихой воде определялась около 12 км/час, на мелководье 8,8 км/час.

Рабочие органы водометного движителя для обоих вариантов одинаковые. Рулевой комплекс и приспособления для осуществления реверса приняты по системе инж. М. Д. Хремикова.

Речной грузовой теплоход грузоподъемностью 20 т является одноименным теплоходом открытого типа с расположенным полуоттопленной надстройкой в кормовой части судна и предназначен для плавания по внутренним водным путям, отнесенным к разряду «Л» по классификации Речного Регистра.

Такой грузовой теплоход специально спроектирован для условий Советского Союза. Он имеет следующие главные размеры и эксплуатационные показатели:

Длина, м:	
габаритная	72,6
расчетная	33,5
Ширину, м:	
габаритная	3,38
расчетная	3,5
Высота борта	1,3
габаритная по постоянным действующим частям, м	3,8
Грузоподъемность, т	30
Осадка в полном грузу, м	0,6
Мощность главного двигателя, л. с.	80
Скорость на глубокой чистой воде, км/час	около 14
Экипаж, чел.	2

В настоящее время теплоход строится в двух вариантах с винтовым и водометным движителями. Общее расположение теплохода показано на рис. 27.

Корпус судна пятью переборками разделен на шесть отсеков: форшан, два грузовых трюма, моторное отделение, полуавтономную рубку и актерник. На главной палубе расположена рулевая рубка.

Для производства грузовых операций на судне предусмотрена грузовая стрела грузоподъемностью 0,25 т. Расположена она у кормового поперечного коммента грузового трюма, поэтому не может обеспечить обслуживание обоих трюмов. Предпочтительнее было бы поместить стрелу в районе мидельной переборки.

Характерной особенностью постройки корпуса этого судна является широкое внедрение штампованных конструкций.

По мнению авторов проекта, применение штампованных конструкций дает ряд преимуществ. Благодаря тому что листы наружной обшивки, палубы, переборки имеют в продольном направлении лям, можно отказаться от продольного набора, в результате чего уменьшается вес судна и трудоемкость его изготовления. Кроме того, применение листовых листов значительно упрощает конструкцию корпуса, уменьшает количество типов-размеров деталей и позволяет широко использовать автоматическую и полуавтоматическую сварку.

Отказ от продольного набора также исключает приварку продольного набора к листам, благодаря чему уменьшается общее количество сварных швов, что должно приводить к уменьшению коррозийной конструкции корпуса.

При строительстве корпуса судна широко внедряются штампованные листовые и коробчатые профили для набора корпуса. Такие элементы набора при толщине листов наружной обшивки

3 мм в стенок надстройки 1,5 мм придают им соответствующую жесткость во время сварки и снижают коррозийные.

Строительство теплохода ведется крупными блоками. Сравнительно показателем этого теплохода с грузовым теплоходом грузоподъемностью 15 т из пластмассы как по строительной стоимости, так и по себестоимости перевозок, убеждаемся, что грузовой теплоход грузоподъемностью 15 т из пластмассы является более эффективным, поэтому в дальнейшем теплоходами данной грузоподъемности целесообразнее строить из пластмассы.

Грузовой теплоход грузоподъемностью 150 т. Грузовой теплоход грузоподъемностью 150 т является одновинтовым судном открытого типа с расположением жилой надстройки в кормовой части и предназначается для плавания по внутренним водным путям, отнесенным к разряду «Р» по классификации Речного Регистра.

Для этого теплохода приняты следующие главные элементы и эксплуатационные показатели:

Длина, м:	
габаритная	43,3
расчетная	42,0
Ширину, м:	
габаритная	7,4
расчетная	7,0
Высота борта на миделе	2,3
Мощность главного двигателя ЗИЛ Д-6	150
Осадка, м:	
в портолом (продвиж)	0,52
в полном грузу	1,16
Грузоподъемность судна, т:	
с металлическим корпусом	150
пластмассовым	190
Скорость хода в грузу при грузоподъемности 150 т и мощности главного двигателя 150 л. с. на глубокой чистой воде, км/час	
	14,6
Емкость грузовых трюмов, м ³	395
Запасы топлива и осадки (из расчета суток)	6
Экипаж, чел.	6

На теплоходе предусматривается возможность перевозки 250 т груза, при этом скорость судна на глубокой чистой воде равна 13,1 км/час (мощность главного двигателя 150 л. с.).

Судно разработано в двух вариантах с ограничением по надводной габаритной высоте в 5,6 м от ОЛ и без ограничений. Общее расположение судна показано на рис. 28.

При варианте общего расположения судна, не предусматривающем никакого ограничения по надводной габаритной высоте, рулевая рубка расположена на крыше надстройки.

В обоих вариантах корпус и надстройки укаффированы.

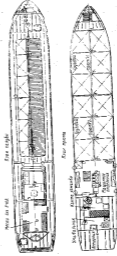
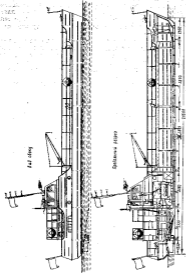


Рис. 20. Общее представление грузовой теллюзы грузоподъемностью 20 т.

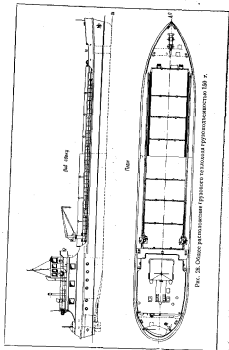


Рис. 28. Общее расположение грузового теплохода грузоподъемностью 180 т.

Корпус судна поперечными переборками разделен на следующие отсеки: форпик, балластный отсек, трюм № 1, трюм № 2, машинное отделение, кормовой сухой отсек и каютерик.

По всей ширине судна на главной палубе в кормовой части расположена надстройка. В жилой надстройке находятся две двухместные каюты и две одноместные, камбуз, раздевальня, душная, умывальная, сушильный шкаф и вентилятор (ВК). В средней части надстройки в районе коридора предусмотрен съемный лист для выноса главного двигателя. Впереди надстройки расположена деревянная рулевая рубка, разборная в верхней части на уровне крыши надстройки.

Люковое закрытие — бронепровинируемое телескопической конструкции — состоит из восьми сдвоенных шпангоутов, перекрывающих по ширине весь пролет, образуемый продольными комингсами грузовых трюмов. Щиты расположены в два яруса и передвигаются на роликах вдоль трюмов.

Как уже указывалось выше, корпус теплохода открытого типа, с общим широким люком над двумя грузовыми трюмами. Ширина бортовых участков палубы 1200 мм, ширина люка 4,6 м. Полное раскрытие грузовых трюмов обеспечивает производство грузовых операций современными грузовыми средствами как автономной механизацией, так и береговыми грузовыми средствами.

Грузовые трюмы расположены впереди надстройки, машинное отделение — в кормовой части судна. Такое размещение обеспечивает безопасное производство грузовых операций, однако, как и в предыдущих случаях, при равномерной загрузке трюмом однородным грузом до 250 т получается значительный дифферент судна на нос.

Удифферентовка судна в полном грузу производится за счет неравномерного распределения груза в трюмах, т. е. для удифферентовки судна на ровный киль при грузоподъемности 250 т требуется в носовой трюм принять на 37 т груза меньше, чем в кормовой трюм. Груз на судно должен размещаться следующим образом: в носовом трюме 83 т, в кормовом трюме 167 т, соответственно удельный погрузочный объем в носовом трюме составит 2,28 т/м³, в кормовом 1,22 т/м³. Емкость носового трюма является избыточной, в то время как емкость кормового трюма недостаточна.

Выполненный анализ по пересчету весовых показателей стального корпуса грузового теплохода на корпус из легких сплавов и пластмассы показывает, что в обоих случаях происходит снижение весовых показателей, за счет чего увеличивается грузоподъемность теплохода для корпуса из легких сплавов на 20 т и для корпуса из пластмассы на 40 т. Весовые показатели грузового теплохода для вариантов корпуса из стали, легких сплавов и пластмассы приведены в табл. 11.

Конструктивный модель-шлангоут грузового теплохода с металлическим корпусом показан на рис. 29.

Таблица 17

Весовые показатели грузовой теплохода грузоподъемностью 150 т для вариантов корпуса из стали, легких сплавов и пластмассы

Стяга нагрузки	В е с, т		
	стальной корпус	алюминиевый корпус	пластмассовый корпус
А. Корпус			
Корпус и надстройка	56,10	1*	1*
Деревя и составы корпуса и надстройки	12,03	12,03	8,4
Оборудование помещений	1,32	1,32	1,32
Сварка, цементно-песчаный, изоляция, теплоизоляция и покрытия	5,35	5,35	4,90
Деревяные вещи	0,89	0,89	0,89
Судовые устройства	7,53	7,53	7,53
системы	2,89	2,89	2,89
Палубные механизмы	4,59	4,59	4,59
Судовые снабжение и инвентарь	1,58	1,58	1,58
Итого по разделу А	85,98	61,48	44,84
Б. Механизмы			
Главные двигатели	2,04	2,04	2,04
Двигатель и валопровод	0,54	0,54	0,54
Вспомогательный вал	9,25	0,25	0,25
Испытательные механизмы	1,06	1,06	1,06
Трубопроводы МО	1,07	1,07	1,07
Посты централизованного управления	—	—	—
Снабжение, запасные части, инструменты	0,31	0,31	0,31
Наросы	0,35	0,35	0,35
Итого по разделу Б	6,92	6,22	6,22
В. Электрооборудование			
Электрооборудование	2,40	2,40	2,40
Радиооборудование	0,83	0,03	0,03
Итого по разделу В	2,43	2,43	2,43
Итого судно порожнее	94,63	70,13	53,39
			61,4

* В числителе — вес металлического формирования без ламинации и несомкнутых ламинаций, в знаменателе — сталь Ст. 3.
 ** В знаменателе — вес пластмассы, ламинацией не покрытой.

Рис. 20. Конструктивный металл-пластмассовый теплоход грузоподъемностью 150 т с металлическим корпусом.

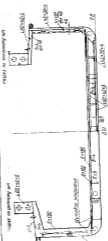
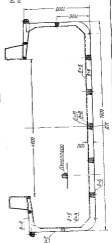


Рис. 20. Пространственный конструктивный металл-пластмассовый теплоход грузоподъемностью 150 т с металлическим корпусом.



Равнопрочный с металлическим мидель-шпангоутом примерный мидель-шпангоут, выполненный из стеклопластика, показан на рис. 30.

В корпусе судна в качестве главного двигателя может устанавливаться без особых рациональных вариантов двигатель 3Д6 мощностью 150 л. с. или двигатель 3Д12 мощностью 300 л. с. При увеличении мощности двигателя в 2 раза скорость хода на такой глубокой воде увеличивается всего лишь на 2,1 км/час и составляет 16,7 км/час.

Произведенной эксплуатационно-экономической анализ показывает, что наиболее рациональным вариантом является установка двигателя 3Д6 мощностью 150 л. с. В этом случае себестоимость перевозки снижается на 9,7—11,5% по сравнению с судном, на котором установлен двигатель 3Д12 мощностью 300 л. с. Поэтому двигатель 3Д6 следует применять в качестве основного. Однако в тех случаях, когда теплотопды предназначаются к плаванию по рекам с быстрым течением нужно устанавливать двигатель 3Д12.

Принятые обводы корпуса судна обеспечивают достаточную кубатуру помещений и сравнительно хорошие ходовые качества. Носовые обводы приняты с V-образными шпангоутами. Кормовые обводы — сальные с туннелем для размещения вента и поворотной насадке.

Для теоретического чертежа приняты следующие коэффициенты волноты: водозмещения 0,79, мидель-шпангоута 0,99 и ватерлиния 0,87.

На судне предусмотрено централизованное управление, которое позволяет изменять число оборотов двигателя, осуществлять реверс и остановку главного двигателя из рулевой рубки. Имеется также возможность управлять главным двигателем из моторного отделения без нарушения регулировки централизованного управления.

§ 13. НАЛИВНЫЕ СУДА

Ввиду особенностей, которыми обладают нефтепродукты, транспортируемые в судах, в проектировании и строительству танкерного флота предъявляются специфические требования.

При проектировании танкерного флота следует учитывать:

- а) высокую проницаемость и подвижность некоторых нефтепродуктов;

- б) большую пожарную и взрывную опасность;
- в) зависимость физико-механических свойств от температуры окружающей среды. Увеличение испарения нефтепродуктов при повышении температуры и твердение их при снижении температуры;

- г) коррозионное воздействие светлых нефтепродуктов на металл корпуса.

В соответствии с ГОСТ 3900—47 нефтепродукты, перевозимые водным транспортом, в зависимости от температуры вспышки и пожарной и взрывной опасности подразделяются на четыре класса:

I класс — нефтепродукты, имеющие температуру вспышки по Абель-Пенскому ниже 28° С. К первому классу относятся бензин, бензол, лигроин, эфир, сероуглерод, некоторые сырые нефти.

II класс — нефтепродукты, имеющие температуру вспышки от 28 до 45° С. Ко второму классу относятся керосин, газولين.

III класс — нефтепродукты, имеющие температуру вспышки от 45 до 120° С. К третьему классу относится моторное топливо, газаль.

IV класс — нефтепродукты, имеющие температуру вспышки выше 120° С. К четвертому классу относятся смазочные масла, мазуты.

Следует иметь в виду, что для нефтеналивных судов, перевозящих нефтепродукты I и II классов, из-за низкой температуры их вспышки требование пожарной безопасности является доминирующим.

Основными требованиями, обеспечивающими безопасную эксплуатацию наливных судов, следует считать:

- а) закрытый способ залива и слива нефтепродуктов I и II классов. Надлив и выкачка нефтегрузов III и IV классов могут производиться и открытым способом;

- б) герметичность люков, трубопроводов, палубы и переборок, исключающих прохождение нефтепродуктов и их паров;

- в) наличие коффердамов (заполняемых водой или инертным газом), которые отделяют грузовые отсеки от моторного отделения или пиков;

- г) проведение специальных мероприятий, исключающих искробразование от случайных ударов, трение между металлическими деталями и применение неагрессивного осия для приготовления пашы и освещения помещений;

- д) устройство газоотводной системы в грузовых отсеках, а также мероприятия по уменьшению испарения нефтепродуктов (двухстворчатые клапаны на стояках; окраска палубы в светлые цвета, уменьшающие нагрев ее; орошение палубы);

- е) наличие между жилыми и служебными помещениями и грузовыми трюмами воздушных коффердамов. Надстройка и машинное отделение должны быть расположены в корме за пределами грузовых трюмов, за сплошной металлической газоотводящей переборкой высотой не менее первого этажа надстройки;

- ж) опяд статического электричества.

Кроме мероприятий конструктивного порядка, должны быть учтены мероприятия (предусмотренные правилами Министества речного флота и нормами Речного Регистра) по обеспечению

пожарной безопасности при перевозке нефтепродуктов. Танкеры желательно оборудовать дымогазотеплоотводящими устройствами.

Для возможности расширения нефтепродуктов под влиянием температурного воздействия внешней среды на палуба танкеров должны быть предусмотрены расширительные пакты общим объемом до 4% от объема грузовых отсеков, если груз полностью займет подпалубное пространство.

К судам, предназначенным перевозить нефтепродукты III и IV классов, не предъявляются также жесткие противопожарные требования. Однако к ним дополнительно предъявляются некоторые требования эксплуатационного порядка:

а) на этих судах должны быть улучшены условия перетекания нефтепродуктов по днищу, для чего в днищевом наборе следует предусмотреть специальную систему расположения голубник (вырезы в наборе), а также специальные мероприятия, обеспечивающие механизацию работ по зачистке судна;

б) суда должны быть оборудованы специальными системами нефтеподогрева для перевозки вязких нефтепродуктов;

в) должны быть предусмотрены мероприятия, исключающие обводнение нефтепродуктов III и IV классов.

Если сопоставить металлический корпус для перевозки в нем нефтепродуктов I и II классов с корпусом судна из стеклопластика, то приходим к заключению, что на условии обеспечения безопасности перевозки указанных нефтепродуктов стеклопластик является наилучшим материалом, так как при случайных ударах совершенно исключает искробразование. Стеклопластик в составе корпуса, особенно если он трехслойной конструкции, обладает довольно высокими теплоизоляционными свойствами, благодаря чему получается естественное выравнивание нефтепродуктов при их перевозке и значительное количество нефтепродуктов сохраняется от утечки в виде пара и газов. Последнее обстоятельство имеет и немаловажное значение для обеспечения противопожарной безопасности. Кроме того, стеклопластик не чувствителен к нефтепродуктам, т. е. не подвержен коррозии.

Серьезным недостатком стеклопластика является его горючесть, что требует применения специальной противопожарной защиты.

Выполненный анализ подтверждает эффективность перехода от металлических танкеров к пластмассовым.

Ниже строится металлический танкер грузоподъемностью 150 т имеет следующие главные размерения:

Длина расчетная, м	42
Штровка расчетная, м	7
Высота борта расчетная, м	3,3
Осадка расчетная, м	1,05
Мощность главной силовой установки, л. с.	150

Скорость, км/час	13,8
Грузоподъемность для металлического корпуса с баками, м	150
Высота, м	6

Этот танкер спроектирован на разряд «Р» по классификации Речного Регистра.

В целях обеспечения благоприятных условий для зачистки грузовых отсеков от нефтеостатков прием груза предусмотрен не в подпалубное пространство, а в специальные баки, имеющие гладкую поверхность.

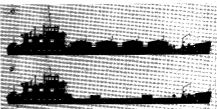


Рис. 31. Силуэты металлического танкера грузоподъемностью 150 т с баками (а) и пластмассового танкера грузоподъемностью 200 т (б).

В результате анализа танкера с корпусом из стеклопластика выяснилось, что при трехслойной конструкции корпуса можно обеспечить требуемую для удобства зачистки гладкую поверхность днища и бортов. Надобность в установке грузовых баков при пластмассовом корпусе отпадает и конструкция танкера значительно упрощается.

Для некоторой наглядности приводим на рис. 31 силуэты металлического танкера с баками и пластмассового танкера без баков. Выполненные расчеты показали, что за счет меньшего веса пластмассового корпуса и отхода от баков при тех же главных размерениях произошло повышение грузоподъемности танкера на 50 т, т. е. грузоподъемность танкера из пластмассы определится в ~200 т. Весовые показатели танкера грузоподъемностью 150 т для вариантов корпуса из стали с баками, легких сплавов с баками и пластмасс без баков приведены в табл. 12.

Общее расположение пластмассового танкера грузоподъемностью 200 т показано на рис. 32. Как указывалось выше, у

Таблица 12

Весовые показатели танкера грузоподъемностью 150 т для вариантов корпуса из стали с баками, деских сплавов и баками и пластмассы без баков

Статьи нагрузки	Вес, т		
	стальной корпус	корпус из легкого сплава	пластмассовый корпус
А. Корпус			
Корпус и надстройки	86	1,44* 35,7	1,44* 14,7—22,7**
Дерево в составе корпуса	3,74	4,96	4,96
Сварка, изоляция, цинковирование	6,30	6,30	4,39
Оборудование помещений	1,36	1,36	1,36
Дольные якоря	1,97	1,97	1,97
Судовые устройства системы	3,83	3,83	3,83
	5,10	5,10	5,10
Палубные механизмы	0,99	0,99	0,99
Снабжение и инвентарь	2,51	2,51	2,51
Итого по разделу А	103,83	54,62	41,7 49,7
Б. Механизмы			
Главный двигатель	1,98	1,98	1,98
Дизельтопливный насос	0,50	0,50	0,50
Вспомогательный котел	0,71	0,71	0,71
Вспомогательные механизмы	5,05	5,04	5,04
Трубопроводы МО	1,25	1,25	1,25
Пост централизованного управления	0,11	0,11	0,11
Снабжение, запасные части, инструмент	0,51	0,51	0,51
Насосы	1,96	1,96	1,96
Итого по разделу Б	12,06	12,06	12,06
В. Электрооборудование			
Электрооборудование	3,06	3,06	3,06
Радиооборудование	0,03	0,03	0,03
Итого по разделу В	3,09	3,09	3,09
Итого судно порожнем	109,0	69,3	56,85 64,0

* И механизмы — вес французского суд. танкера и использовались материалы. Механизмы — сталь Ст. 3.
 ** См. таблицу в табл. 1, стр. 8.
 *** И механизмы — вес корпуса сплавов и баков, включая дерево.

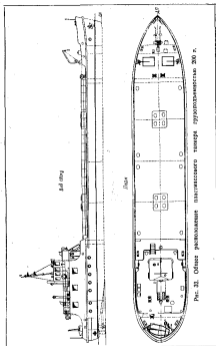


Рис. 33. Общее расположение пластмассового танкера грузоподъемностью 200 т.

пластмассового танкера полностью сохранили главные размеры металлического танкера.

Для некоторого сравнения конструкции корпуса металлического танкера с корпусом танкера из пластмассы приводим конструктивные модели для металлического и пластмассового вариантов корпуса.

Конструктивный модель-шантуг танкера с металлическим корпусом показан на рис. 33, а примерный конструктивный модель-шантуг танкера с корпусом из пластмассы — на рис. 34.

Как видно из рис. 34, днище и борта танкера трехлопной конструкции, оболочка днища сделана из стеклопластика толщиной 5 мм, внутренняя оболочка — из стеклопластика толщиной 4 мм; между обеими оболочками прокладывает поперечный и продольный набор. Пространство между обеими оболочками, заполняется легкими теплоизоляторами (пено- и поропластами), с замкнутыми водоотталкивающими порами. Палубы, продольные и поперечные переборки односторонне гофрированные; для придания жесткости палубы предусматривают также продольный и поперечный палубный набор (вместо карлингов и бимсов).

Эластичные оболочки для перевозки наливного груза. В последнее время в практике транспортировки жидких грузов по водным путям стали часто применять эластичные оболочки.

Высокие достоинства эластичных оболочек были оценены еще в глубокой древности. Многие века при перевозках и хранении вина, масла, молочнокислых продуктов и сыра применялись бурдюки. Бурдюк по своей идее и есть эластичная оболочка.

Следует иметь в виду, что в последнее время редко пользуются бурдюками исключительно из-за малого объема и недостаточной стойкости органической ткани, подверженной воздействию микроорганизмов. Примером применения бурдюков при перевозке нефтепродуктов может служить следующий случай. В 1943 г. в Китае требовалось перевести по реке Чжа-Лианг, изобилующей подводными скалами и водоворотами, некоторое количество нефтепродуктов. Так как в условиях этой реки не представлялось возможным перевозить нефтепродукты в баржах, то вспомнили о бурдюках, и караван, состоящий из тысячи козьих мехов, заполненных 24 тыс. л. нефтепродуктов, был успешно доставлен к месту назначения.

Повышенный интерес к перевозке грузов в эластичных оболочках объясняется в первую очередь их низкой стоимостью и рядом эксплуатационных преимуществ при перевозках наливного груза в речных условиях.

Любопытные исследования по созданию эластичных оболочек для транспортировки водой жидких грузов проводятся, начиная с 1943 г., в Бакинской бухте.

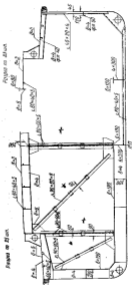


Рис. 33. Конструктивный модель-шантуг для бортов танкера с металлическим корпусом.

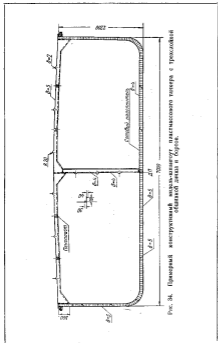


Рис. 34. Примерная конструкция выкатывающего пластмассового тентера с трюковой обшивкой днища и бортов.

В 1943 г. из хлопчатобумажной ткани, пропитанной олифой, был изготовлен мешок длиной 1580 мм, шириной 460 мм, с заостренными очертаниями оконечностей, емкостью 150 л. Внутри этот мешок был разделен тремя переборками из того же материала с затворными клапанами. Когда в мешок налили около 60 л жидкости с удельным весом 0,9, его мидельное сечение приняло вид сплюснутого эллипса.

Эта модель испытывалась при ветре 5—6 м/сек, высоте волны 0,8 м и скорости буксировки около 5 м/сек. При встрече с волнами модель колебалась, повторяя кривизну волны. При подъеме и спуске на волнах не наблюдалось колебаний уровня жидкости внутри модели, а также появления внутренних волн и толчков в машине.

В 1950 г. из полихлорвиниловой пленки, окрашенной перхлорвиниловым лаком ХСЛ с алюминиевым пигментом, была изготовлена гибкая оболочка длиной 2500 мм, шириной 500 мм. Оболочка не имела поперечных переборок.

В 1954 г. была изготовлена и испытана модель гибкой оболочки длиной 3000 мм и шириной 1000 мм. Модель четырьмя поперечными и двумя продольными переборками разделялась на сообщающиеся между собой отсеки. Материалом этой модели служила двухслойная диагонально дублированная прорезиненная ткань.

Испытания проводились в открытом водоеме при скорости буксировки около 1 м/сек, высоте волны 1—2 м, крутизне волны $1/50$ и курсовом угле 0—180°; модель вмещала 500 л жидкости с удельным весом 0,73.

Во всех случаях подтверждались результаты испытаний, произведенных с эластичными оболочками в Ваквической бухте в 1943 г.

Испытания показали, что эластичные оболочки обладают хорошей устойчивостью на курсе при отсутствии рыскливости.

Британская национальная физическая лаборатория произвела опыты по переезду жидких грузов в войлочных оболочках, каменных «оболочках». Как показали испытания, войлочные оболочки на волнении разрушаются, что делает невозможным их безопасное плавание. Инженерная мысль в настоящее время работает над тем, как перевести плавание эластичных оболочек в подводное положение, т. е. в зону затухающего волнения.

В США испытан эластичный контейнер, вмещающий над тонки для зубной пасты. В наполненном состоянии длина контейнера 10,6 м, диаметр 1,4 м, емкость 14,5 м³. В порожнем состоянии контейнер имеет длину 2,2 м, диаметр 0,65 м, вес 475 кг.

Выполненные расчеты по определению весовых характеристик каменной баржи грузоподъемностью 40 т для вариантов корпуса из стали, легких сплавов и пластмассы свидетельствуют о том, что пластмассовый корпус легче стального на 30%. Это дает возможность увеличить грузоподъемность судна с 40 до 50 т.

Таблица 13

Весовые показатели палубной баржи грузоподъемностью 40 т для вариантов корпуса из стали, легких сплавов и пластмассы

Служба нагрузки	Вес, т		
	стальной корпус	корпус из легких сплавов	пластмассовый корпус
A. Корпус			
Корпус и надстройки	13,83	0,42*	0,42*
		0,79	3,83—5,83**
Дерево в составе корпуса и надстройки	1,45	1,45	1,45
Оборудование помещений	0,10	0,10	0,10
Ограждение, люльцы, шлюзовые аппараты, заволока и покрытия	0,26	0,26	0,06
Долгие веса	0,33	0,33	0,33
Судовые устройства	1,774	1,774	1,774
системы	0,62	0,62	0,62
Палубные механизмы	—	—	—
Судовые снабжение и плавсредства	0,845	0,845	0,845
Итого по разделу A	19,21	12,50	9,43
B. Механизмы			
Главный двигатель	—	—	—
Двигатель в валопровод	—	—	—
Вспомогательный котел	—	—	—
Вспомогательные механизмы	—	—	—
Трубопроводы МО	—	—	—
Пост централизованного управления	—	—	—
Снабжение, запасные части, инструмент	—	—	—
Налики	0,111	0,111	0,111
Итого по разделу B	0,111	0,111	0,111
B. Электрооборудование			
Итого судно порожнее	19,32	12,61	9,58
			17,60

* В числителе — вес фундамента под соответствующим механизмом. Источник — табл. 10, 2.

** См. также к табл. 7, стр. 8.

Весовые показатели судна для трех вариантов корпуса приведены в табл. 13.

Дальнейшие исследования показали, что эластичная оболочка в эксплуатационном отношении является более эффективной, чем баржа.

Если баржа с вариантами корпуса из стали, легких сплавов и пластмассы имела главные размеры:

Длина расчетная, м	25
Ширина расчетная, м	5,8
Высота борта, м	1
Осадка расчетная, м	0,57
Грузоподъемность баржи, тс	40
с металлическим корпусом	50
пластмассовым	50

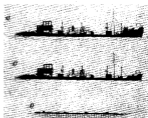


Рис. 35. Силуэты металлической баржи грузоподъемностью 40 т (а), пластмассовой баржи грузоподъемностью 50 т (б) и эластичной оболочки (в) для порожней или полной грузы.

то для баржи, состоящей из эластичной оболочки, определялись следующие главные элементы:

Длина расчетная, м	24
Ширина расчетная, м	4,5
Высота борта расчетная, м	1
Осадка расчетная, м	0,8
Грузоподъемность, т	50

На рис. 35 показаны силуэты металлической баржи грузоподъемностью 40 т, пластмассовой баржи грузоподъемностью 50 т и эластичной оболочки грузоподъемностью 50 т.

С целью оценки эффективности применения эластичной оболочки выполнен эксплуатационно-экономический расчет для случая буксировки состава, состоящего из одного водометного бук-

сиропная мощность 90 л. с. в трех барж. Данные расчета приведены в табл. 14.

Как видно из табл. 14, если принять себестоимость перевозки наливного груза в металлических баржах за 100%, то себестоимость перевозки в пластмассовых баржах будет 70,5%, а в эла-

Таблица 14

Основные технико-экономические показатели состава из буксирного катера с водометным движителем мощностью 90 л. с. в трех баклажанных стальных барж или трех пластмассовых барж и трех эластичных оболочек для перевозки нефтепродуктов

Показатели	Состав из буксирного катера и трех стальных барж	Состав из буксирного катера и трех пластмассовых барж	Состав из буксирного катера и трех эластичных оболочек
Строительная стоимость состава грузовых судов, тыс. руб.	368,8	274,8	64,8
Содержание, %			
Вес перевозим (чистый вес), т	100	76,6	16,1
Содержание, %	57,9	26,5	4,2
Содержание, %	100	49,3	7,3
Грузооборот за навигацию, т	11,3	14,3	14,6
Содержание, %	100	126,6	129,2
Объем транспортной работы, м/км	888	1070	1056
Содержание, %	100	126,2	129,2
Себестоимость перевозки, коп/ткм	20,3	14,3	8,4
Содержание, %	100	70,5	41,5
Капиталоёмкость во флот, коп/ткм	42,3	25,7	5,9
Содержание, %	100	60,8	14

стичных оболочках — 41,4%. Если капиталоёмкость для постройки металлической баржи принять за 100%, то капиталоёмкость для постройки пластмассовой баржи будет около 81%, а для эластичной оболочки — 14%.

Из выполненного расчета следует, что во всех случаях перевозки наливного груза в эластичных оболочках эффективнее, чем в металлических и пластмассовых баржах. Этим и объясняется такой повышенный интерес к эластичным оболочкам.

Большие работы по освоению перевозки жидких грузов в эластичных оболочках в последнее время ведет английская фирма «Дракон Девелопментс». Этой фирмой была создана эластичная оболочка типа «Дракон» емкостью 40 т. Эластичная оболочка толщиной около 4 мм выполнена из нейлоновой ткани с покрытием изнутри и снаружи составом, состоящим из синтетического каучука. Общий вес этой оболочки равен 1130 кг, из ко-

торых вес ткани составляет около 90 кг. Прочность ткани до обрешивания 107 кг/см^2 .

Произведенные натурные испытания эластичной оболочки Д-1 типа «Дракон» длиной 30,3 м, диаметром 1,525 м и вместимостью 40 т показали, что если эластичная оболочка полностью заполнена жидким грузом, например нефтью, то при отсутствии в ней воздуха 15—20% объема оболочки находится над поверхностью воды. В каждом частном случае степень погружения оболочки находится в прямой зависимости от удельного веса перевозимого груза.

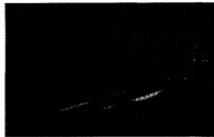


Рис. 35. Испытание эластичной оболочки с грузом на эластичность.

Эластичная оболочка устроена следующим образом. В носовой ее части предусмотрен рым для крепления буксирного троса, в кормовой части — стабилизирующее устройство; кроме того, по всей длине оболочки имеются рымы для крепления поплавков, буев и маятниковых огней.

В кормовой части оболочки предусмотрена деревянная зашивка, которая ведет к самоутолкнувшемуся быстродействующему соединению грузового шланга диаметром 101,6 мм.

Во время испытаний эластичная оболочка буксировалась небольшим катером мощностью 60 л. с. Катер с буксируемой эластичной оболочкой развивал скорость свыше 5 узлов. При испытаниях были установлены хорошие маневренные качества оболочки. Испытания эластичной оболочки на долговечность показаны на рис. 36.

Выкачка груза из оболочки производится насосом посредством шланга, присоединенного к кормовой части эластичной

оболочки, причем по мере разгрузки в носовой ее части устанавливается резиновый барабан (альюшка) длиной 2,745 м и диаметром 1,525 м для намотки оболочки на барабан. Намотка производится одним человеком с помощью ручной лебедки.

После окончания разгрузки оболочка полностью наматывается на барабан для удобства транспортировки. Иногда практикуется перемотка оболочек на барабаны меньших габаритов или они просто складываются и в сложенном состоянии могут быть отправлены любым видом транспорта (самолетом, автомашинами, железнодорожными или водным транспортом) до места назначения. Как правило, фирма рекомендует создавать оболочки только для определенного рода груза. В случае необходимости перевозки в оболочке другого рода груза предусматривается возможность зачистки ее сильной струей воды.

Процесс наматывания порожней эластичной оболочки на барабан показан на рис. 37, а процесс погрузки ее на автомашину — на рис. 38.

По данным фирмы, примененный для изготовления эластичной оболочки синтетический каучук обладает большой стойкостью на истирание, устойчив к воздействию нефтепродуктов, морской воды и солнечного света.

Имеются сведения, что в настоящее время фирмой создаются эластичные оболочки вместимостью 300 и 1 100 т.

Основные характеристики эластичных оболочек типа «Дракон» приведены ниже:

Диаметр, мм	1524	3048	4872
Длина, м	36,48	60,96	91,44
Емкость, м ³	45,46	240,95	1227,41
Грузоподъемность, т	40	200	1100
Осадка, м:			
максимальная	1,22	2,44	3,60
нормальная	1,07	2,13	3,2
Параметры экономической скорости			
бухаровки, узла	7	10	12
Скорости, м:			
при бухаровке с экономической скоростью	0,36	1,72	6,62
при скорости 7 узла	0,36	0,91	1,59
Судов. вес, т	1,13	4	8

Проведенными исследованиями эластичных оболочек из различных материалов было установлено, что оболочки под действием давления жидкости внутри стремятся растянуться, причем растяжение по периметру оболочек пропорционально внутреннему давлению.



Рис. 37. Процесс наматывания порожней эластичной оболочки на барабан.

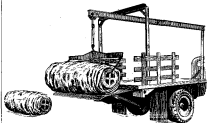


Рис. 38. Погрузка эластичной оболочки на автомашину.

Примерная форма поперечного сечения, приемлемая эластичной оболочкой в зависимости от степени заполнения объема, показана на рис. 39.

Как видно из рис. 39, по мере заполнения объема оболочки форма сечения ее приближается к окружности.



Рис. 39. Форма поперечного сечения эластичной оболочки в зависимости от степени наполнения ее жидким грузом.

сложного типа, а внутри контейнер облицован нефтестойким материалом.

Благодаря наличию вала с концевыми втулками и очень малому давлению на грунт, контейнер может транспортироваться по

Некоторый интерес для транспортировки нефтепродуктов в речных условиях представляет контейнер, разработанный фирмой «Тудлер Таир энд раббер компани» (рис. 40).

Как видно на рис. 40, конструкция контейнера напоминает конструкцию автокранов. Наружная поверхность контейнера имеет протектор

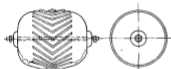


Рис. 40. Контейнер.

только водой, но и в любых условиях грунта: по болотистой почве, сыпучим пескам, не требуя для перемещения больших усилий (при перекачивании контейнера требуется усилие около 13 кг). Контейнер имеет следующие главные элементы: длину 1524 мм; диаметр 1067 мм; вместимость 946 л; вес в порожнем состоянии 18 кг.

Подводя итоги сказанному об эластичных оболочках, отметим следующие основные преимущества их:

1. Простоту конструкции, благодаря чему в короткие сроки без больших капитальных вложений может быть организовано серийное производство оболочек.

2. Низкую себестоимость перевозок по сравнению с перевозками в танкерах и баржах.

3. Безопасность перевозимого груза, так как эластичная оболочка не боится ударов и от ударов не происходит искрообразования.

4. Простоту ремонта. Ремонт оболочек может быть выполнен в любом месте без особых трудовых и денежных затрат.

§ 14. БУКСИРЫ И ТОЛКАЧИ

Очень важным условием эксплуатации буксирных судов на малых реках является уменьшение осадки их. Желательная осадка 0,35—0,50 м не всегда возможна у буксирных судов с металлическими корпусами.

С целью некоторой оценки в первом приближении весовых показателей буксирного теплохода мощностью 90 л.с. были выполнены расчеты по определению весовых показателей для корпусов из стали, легких сплавов и пластмассы. Результаты расчетов приведены в табл. 15.

Как видно из данных табл. 15, пластмассовый буксир оказался бы 6 т легче металлического буксира. Такое снижение весовых показателей позволяло значительно уменьшить осадку судна.

Для пластмассового буксирного теплохода мощностью 90 л.с. приняты следующие главные размерения:

Длина расчетная, м	16
Ширина расчетная, м	3,7
Высота борта расчетная, м	1,3
Осадка расчетная, м	0,35
Мощность двигателя, л.с.	90
Экипаж, чел.	4

Буксирный теплоход проектировался на разряд «Р» по классификации Речного Регистра. Общее расположение буксирного теплохода мощностью 90 л.с. показано на рис. 41.

Как видно на рис. 41, буксирный теплоход в носовой части оборудован весовыми упорами. На водных путях с большим радиусами закруглений буксирный теплоход служит толкачом, на водных путях с небольшими радиусами закруглений используется как буксирщик.

Чтобы сравнить два варианта конструкции этого теплохода с металлическим корпусом и корпусом из пластмассы, нами приведены их конструктивные модели.

Конструктивный модель-шпангоут для варианта корпуса из стали показан на рис. 42, а примерный конструктивный модель-шпангоут для варианта корпуса из пластмассы — на рис. 43.

Весовые показатели буксирного катера мощностью 90 л. с. для паразитной вертушки из стали, легкого сплава и пластмассы

Статья нагрузки	Вес, кг		
	стальной корпус	корпус из легких сплавов	пластмассовый корпус
А. Корпус			
Корпус	7,940	0,39 [*] 3,82	0,39 [*] 2,20—3,20 ^{***}
Дерево в составе корпуса и килевой рамы	1,087	0,757	0,757
Оборудование помещений	0,337	0,337	0,337
Окраска, цементирование, покрытие, лакокрасочные и покрытия	0,471	0,471	0,109
Дальнее режис	0,591	0,591	0,591
Судовые устройства	0,770	0,770	0,770
Системы	0,528	0,528	0,528
Палубные механизмы	0,366	0,366	0,366
Судовые слабине и аппаратура	0,475	0,475	0,475
Итого по разделу А	12,566	3,615	6,382 7,0
Б. Механизмы			
Газовый двигатель	1,349	1,349	1,349
Двигатель и газопровод	0,376	0,376	0,376
Вспомогательный котел	0,181	0,181	0,181
Вспомогательные механизмы	0,705	0,705	0,795
Турбокомпрессор МО	0,303	0,303	0,303
Пост центрального управления	0,115	0,115	0,115
Слабине, запасные части, инструменты	0,245	0,245	0,245
Насосы	0,068	0,068	0,068
Итого по разделу Б	3,333	3,333	3,333
В. Электрооборудование			
	0,511	0,511	0,511
Итого судно переоборудовано	16,41	12,6	10,43 11,4

* В числителе — вес металлических фрагментов под газовой и вспомогательными механизмами. Знаменатель — сталь. Стр. 5

** См. корпус в табл. 1, стр. 8.

*** В числителе — вес легкого сплава и пластмассы, заменяющих дерево.

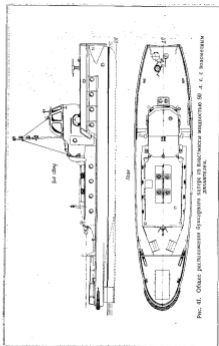


Рис. 41. Облик переоборудованного буксирного катера из пластмассы мощностью 90 л. с. с водометным движителем.

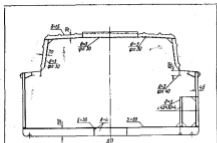


Рис. 42. Модель-шаблон буксирного катера мощностью 90 л. с. с металлическим корпусом.

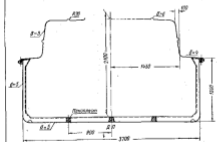


Рис. 43. Примерный конструктивный шаблон-диаметр буксирного катера мощностью 90 л. с. с пластмассовым корпусом.

Пассажирские теплоходы из пластмассы предназначены для массовых перевозок людей по речным водным путям. Наиболее целесообразна постройка пассажирских судов из пластмассы для освоения малых рек, т. е. рек с нормируемыми глубинами 0,3—0,6 м.

В условиях мелководья пластмасса, пожалуй, является единственным материалом, позволяющим создавать пассажирские теплоходы с осадкой 0,3—0,6 м.

Требования, предъявляемые к пассажирским судам из пластмассы, в основном такие же, как и предъявляемые к металлическим и деревянным судам, и сводятся к обеспечению наибольшей пассажироемкости и созданию удобств для пассажиров.

Оборудование пассажирских мест производится в прямой зависимости от назначения пассажирского теплохода, длины рейса и района плавания.

Например, суда, предназначенные для перевозки и внутригородских сообщений, характеризуются простотой оборудования, в то время как суда, предназначенные для длительных рейсов, должны быть оборудованы мягкими или полумягкими креслами, местами хранения багажа, санитарными узлами и т. д.

Кроме указанных требований, к пассажирским теплоходам предъявляются требования по обеспечению безопасности нахождения пассажиров на судне; минимального угла крена, не превышающего 10°; высокой остойчивости от действия различных кренящих моментов, которые могут возникнуть в реальных условиях эксплуатации: от ветровой нагрузки, действующей на судно при плавании на поверхности спокойной воды или на волнении, от сползания пассажиров у одного борта при посадке и высадке, при выходе судна на циркуляцию и маневренности (диаметр циркуляции при односторонней установке не должен превышать 3—3,5 длины судна).

Суда должны обладать высокими пропульсивными качествами в зависимости от заданных условий плавания и быть рентабельными в эксплуатации. Корпуса судов из пластмассы должны быть прочными и легкими.

Очень важно, чтобы рулевой рубка и место управления на пассажирских судах имели достаточный обзор для рулевого и не загораживались стенами пассажирами. Одновременно с указанным требованием должна быть обеспечена надводная габаритная высота судна по несъемным постоянным частям, позволяющая судну проходить под мостами.

Суда из пластмассы по классификации Речного Регистра могут предназначаться к плаванию на всех внутренних водных путях.

По архитектурному типу пассажирские суда из пластмассы подразделяются на следующие группы:

- 1) открытые суда для коротких пробегов;
- 2) закрытые однорусские суда;
- 3) двухрусские суда.

При проектировании пассажирского теплохода из пластмассы на 65 мест для плавания в условиях малых рек были разработаны четыре варианта общего расположения. Для всех четырех вариантов были приняты одинаковые обводы и одинаковые главные элементы корпуса:

Длина, м:	
габаритная	24,3
расчетная	20
Ширина расчетная, м	3,7
Высота борта, м	1,3
Осадка расчетная, м	0,5
Мощность главного двигателя ЗИД, л. с.	150
Скорость на глубокой воде, км/час	21
Пассажироплощадь, чел.	65
Экипаж, чел.	2

Судно спроектировано на разряд «Л» по классификации Речного Регистра.

Весовые показатели всех четырех вариантов общего расположения теплохода, приведенные в табл. 16, отличаются один от другого незначительно.

Общее расположение по первому варианту (рис. 44) предусматривает размещение моторного отделения и рулевой рубки в миделевой части судна, а также размещение двух пассажирских салонов: одного в носовой части на 34 пассажира и другого в кормовой части на 32 пассажира.

Как видно на рис. 44, фасад пассажирского теплохода разработан в двух вариантах. Фасад по варианту А имеет некоторые технологические преимущества перед фасадом варианта Б, так как конструирован надстройкой первого более простой, вследствие чего и менее трудоемкой при строительстве.

Основное преимущество судов архитектурного типа с расположением моторного отделения в миделевой части — способность хорошо дифференцироваться при всех эксплуатационных нагрузках как в порожнем состоянии, так и в полном грузу.

Однако этот вариант имеет и целый ряд эксплуатационных недостатков:

плохо работает движитель у судна порожнем, так как при осадке 0,32 м винт создает плохой упор, что приводит к значительной потере скорости;

при ограниченном количестве команды затрудняется обслуживание пассажиров;

затруднена высадка пассажиров при подходе к необорудованному берегу.

Общее расположение теплохода по второму варианту (рис. 45) предусматривает размещение главного двигателя

Таблица 16

Весовые показатели пассажирского теплохода из пластмассы на 65 чел.

Слагаемые нагрузки	Вес, м	Слагаемые нагрузки	Вес, м
А. Корпус			
Пластмассовый корпус с порывающимся наполнителем	4,75*	В. Системы и трубопроводы	0,53
Дерево в составе корпуса	0,30	Общесудовые системы	
Оборудование помещений	0,62	Трубопроводы газовых и котельных котлов	0,53
Судовые механизмы в отделке помещений	0,23	Запасные трубопроводы	0,965
Кладовые вези	0,23	Итого по разделу В	
Судовые устройства	0,30	Г. Электрооборудование	
Плывучие механизмы	0,27	Электрооборудование и связь	
Сабельники и тентостарь	0,24	0,54	
Итого по разделу А		0,24	
Б. Механизмы			
Главные механизмы	1,90	Итого по разделу Г	
Движатель и валопровод	0,21	Д. Запас водозамещения	
Вспомогательные механизмы и оборудование МО	0,51	0,36	
Запасные главные и вспомогательных механизмов	0,52	Итого по разделу Д	
Итого по разделу Б		3,14	
Е. Декейт			
		Плавный запас топлива, воды и масла	
		Пассажиры с командой	
		7,92	
		Итого по разделу Е	
		28,9	

* В эту часть входит 0,35 м.

в кормовой части судна, рулевой рубки в носовой части и одного пассажирского салона на 65 мест между рулевой рубкой и моторным отделением.

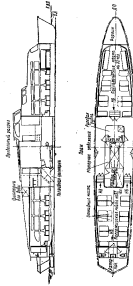
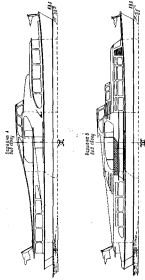


Рис. 41. Облик проектируемого пассажирского теплохода с двумя палубами размещения монитора в отсеке управления в каждой из них.

Основным преимуществом этого варианта общего расположения следует считать хорошую видимость из рулевой рубки в нос и сравнительно хорошую дифферентовку судна порожнем и в полном грузу.

К недостаткам данного варианта относится невозможность высадки пассажиров при швартовании носом к необорудованному берегу и отсутствие аналогичности из салона в нос. Кроме того, как и для предыдущего варианта пассажирского теплохода, недостатком будет значительная потеря скорости при планировании судна порожнем.

Общее расположение по третьему варианту предусматривает размещение моторного отделения в кормовой части и двух пассажирских салонов между форшпаном и моторным отделением. Рулевая рубка размещена между носовым и кормовым салонами.

Основное преимущество этого варианта — некоторый дифферент на корпус у судна порожнем, благодаря чему движитель будет находиться в более благоприятных условиях, чем в предыдущих вариантах.

К недостаткам данного варианта, как и первого варианта, следует отнести то, что при ограниченном количестве команды затрудняется обслуживание пассажиров, а также затруднена высадка пассажиров с носа при подходе к необорудованному берегу.

Общее расположение пассажирского теплохода по четвертому варианту (рис. 46) предусматривает размещение в носовой части одного салона на 65 чел., а в кормовой части судна — моторного отделения и рулевой рубки.

К преимуществам этого варианта следует отнести эффективную работу движителя у судна порожнем и в грузу, удобное для обслуживания пассажиров размещение пассажирского салона, возможность посадки и высадки пассажиров у необорудованного берега с носовой части судна. Кроме того, подъем рулевой рубки над надстройкой несколько улучшает видимость в нос.

В настоящее время по четвертому варианту ведется строительство пассажирского теплохода. Конструкция корпуса принята трезлошной. Наружная обшивка корпуса состоит из стеклопластика толщиной 4 мм, внутренняя обшивка — из стеклопластика толщиной 3 мм. Свободные объемы, образованные между обшивками, заполняются пенопластом. Как показали выполненные расчеты прочности, принятая трезлошная конструкция корпуса обеспечивает прочность судна при максимальных толщинах обшивок.

Конструктивный мидель-плантот пассажирского теплохода показан на рис. 47.

Как видно из рис. 47, для обеспечения совместной работы обеих обшивок продольный и поперечный набор присоединены к ним на клею.

Надстройка выполнена из монолитного стеклопластика толщиной 3 мм, причем таким образом, чтобы она не участвовала

Таблица 17

Напряжения в отдельных звеньях корпуса пассажирского теплохода из пластмассы

Наиболее нагруженные звенья корпуса	Положение расчетных сечений	Наблюдая напряжения, кг/см ²			Коэффициент запаса $K = \frac{\sigma_{\text{пр}}}{\sigma}$	
		σ_x	$\sigma_{\text{тан}}$	напряжения в направлении, $\sigma_{\text{тан}}$		
Палуба	В районе миделя	+230	—	—	$\sigma_{\text{пр}} = 800$	3,5
Декки	В районе миделя	-224	—	—	$\sigma_{\text{пр}} = 1000$	4,5
Пластмассовая дека	Опора	—	—	+400	$\sigma_{\text{пр}} = 1250$	3,1
	Пролет	—	—	+200	$\sigma_{\text{пр}} = 1250$	6,2
Палубный стропил	Опора	+230	+29	+260	$\sigma_{\text{пр}} = 800$	3,1
Фанер	Пролет	—	+66	—	$\sigma_{\text{пр}} = 1250$	19
Бортовой шпангоут	Опора	—	-77	—	$\sigma_{\text{пр}} = 1250$	16

Таблица 18

Данные по дифферентовке судна для различных случаев загрузки

Случай загрузки	Возвращение, м	Осадка, м		
		средняя	носовая	кормовая
Судно порожнем с 20%ым запасом топлива	12,42	0,34	0,09	0,56
Судно порожнем с полным запасом топлива	13,24	0,35	0,09	0,58
Судно в грузу с 20%ым запасом топлива	19,22	0,45	0,43	0,47
Судно в полном грузу	20,01	0,46	0,42	0,50

в работе корпуса на общий изгиб. Для обеспечения жесткости надстройки предусмотрены поперечные и продольные гонфы.

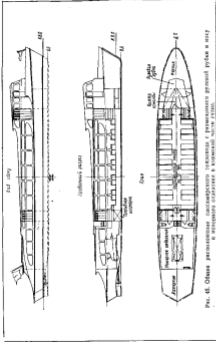


Рис. 45. Общее представление пассажирского теплохода с размещением грузовой рубки в носу и машинного отделения в кормовой части судна.

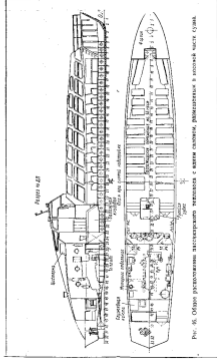


Рис. 46. Общее представление пассажирского теплохода с машин сальмом, размещенным в кормовой части судна.

В связи с тем, что в настоящее время еще нет достоверной методики расчета прочности многослойных конструкций из стеклопластика с легкой наполнителем, расчеты прочности производилась без учета заполнения внутренних объемов пенопластом.

Наличие пенопласта в составе многослойной конструкции улучшает ее работу, поэтому исключение из расчета пенопласта войдет в запас прочности корпуса судна.

Как видно из табл. 17, коэффициент запаса прочности во всех случаях нагрузки не ниже трех, что соответствует принятой методике выбора допустимых напряжений для судов разряда «Д».

Выполненные расчеты по удифферентовке судна в полном грузу и порожнем показаны; во всех случаях нагрузки осадка судна не превышает 0,5 м. Данные по удифферентовке судна для различных случаев нагрузки приведены в табл. 18.

ГЛАВА IV

ВЫБОР ФОРМЫ ОБВОДОВ КОРПУСА СУДНА

§ 16. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОБВОДАМ КОРПУСА

При проектировании пластмассовых судов вопросу выбора формы обводов должно быть уделено серьезное внимание. От удачного выбора формы обводов корпуса зависит целый ряд основных эксплуатационных, навигационных и технологических качеств судна, которые должны быть учтены при составлении окончательного теоретического чертежа.

К такого рода основным качествам следует отнести:

- а) наименьшее сопротивление воды движению судна;
- б) благоприятные условия для работы судачьего двигателя, расположенного в кормовой части судна;
- в) достаточную вместимость грузовых трюмов и других судовых помещений;
- г) хорошие мореходные качества, характеризующиеся достаточной остойчивостью, способностью держаться на курсе, поворотливостью, нормальной удифферентовкой судна порожнем и в полном грузу;
- д) специальные качества, вытекающие из основных назначений судна и условиями его плавания, как-то: защита винтов при плавании в загрязненных условиях, исключение валиний прорыва корпуса судна при плавании в каналах и на мелкой воде и др.

Следует иметь в виду, что для пластмассовых судов могут применяться наиболее сложные обводы, обеспечивающие судну хорошие мореходные качества, так как процесс строительства пластмассового судна сводится к конструкторскому формированию корпуса в матрице, которое не увеличивает трудоемкости работ при изготовлении обводов.

Выполнить требования, предъявляемые к судну, не всегда представляется возможным: большая часть их находится во взаимном противоречии. Например, для достижения наименьшего сопротивления воды движению судна, помимо выбора наиболее оптимальных главных размерений, требуются более острые образования корпуса, т. е. уменьшение коэффициента обшей волноты водокаменения, а то время как условие наибольшей

грузоёмкости и грузоподъёмности обеспечивается при наличии более полных форм того же корпуса.

Требование обеспечения достаточной устойчивости чаще всего достигается увеличением ширины судна при сохранении осадки, что в свою очередь влечет за собой увеличение сопротивления воды движению судна.

Для малотоннажных грузовых судов с малыми скоростями наибольшая грузоёмкость в связанный с ней грузоподъёмностью являются основными требованиями, поэтому корпусам данного типа судов стремятся придать более полные формы, обеспечивающие возможность размещения большого количества груза. Для малотоннажных судов принимаются более полные образования корпуса с коэффициентами полноты водоизмещения от 0,72 до 0,87. Если еще учесть, что грузовые теплоходы совершают короткие рейсы от 25 до 150 км, вывоз чего около 75% всего навигационного времени они будут находиться под грузовыми операциями, станет ясно — фактор грузоподъёмности является основным требованием.

Для пластмассовых пассажирских судов с относительно большими скоростями, чем у грузовых теплоходов, условие наименьшего сопротивления воды движению судна имеет преобладающее значение по сравнению с условием грузоподъёмности, поэтому при выборе главных размеров и коэффициентов полноты подводной части, а также при выборе характера формы обводов следует стремиться к получению наименьшего сопротивления воды движению судна, что должно обеспечить высокую скорость при меньшей мощности главной силовой установки.

Таким образом, при выборе формы обвода корпуса судна прежде всего должно быть обращено внимание на удовлетворение основных требований.

§ 17. СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОДЫ ДВИЖЕНИЮ СУДНА

При оценке сопротивления воды движению судна следует исходить из того, что сопротивление воды движению судна в основном складывается из двух основных видов: поверхностного сопротивления (сопротивление трения) и сопротивления формы (остаточное сопротивление). В свою очередь остаточное сопротивление складывается из волнового и вихревого сопротивления. Сопротивление трения вызывается силами вязкости воды к шероховатости подводной части судна.

При идеально гладкой поверхности подводной части судна и совершенной жидкости, не имеющей сил вязкости, сопротивление трения будет отсутствовать.

Величина сопротивления трения может быть определена по следующей формуле:

$$R_{\text{тр}} = f \Omega v^2, \quad (22)$$

где $R_{\text{тр}}$ — сопротивление трения, кг;
 f — коэффициент трения, зависящий от плотности воды, длины судна, материала корпуса и состояния поверхности. Приравняется равным для металлических судов 0,17, а для деревянных 0,23—0,25; для пластмассовых судов коэффициент трения пока не определен. Наружные поверхности пластмассового корпуса получают хорошо отполированными, поэтому следует ожидать, что и коэффициент трения пластмассовых судов будет ниже, чем металлических. В дальнейших расчетах коэффициент трения для пластмассовых судов принимаем равным 0,17;

Ω — смоченная поверхность, м²;
 v — показатель степени (может быть принят равным 1,83);
 v — скорость, м/сек.

Как видно из приведенного выражения, величина сопротивления трения зависит от величины смоченной поверхности, рода и состояния смоченной поверхности и от скорости.

Снижение сопротивления трения для пластмассовых корпусов достигается за счет гладкой полированной подводной поверхности корпуса. Кроме того, при прочих равных условиях, пластмассовые корпуса значительно легче металлических и деревянных, имеют меньшую осадку и соответственно меньшую смоченную поверхность и сопротивление трения.

Смоченная поверхность при отсутствии теоретического чертежа может быть определена по приближенной формуле С. П. Муратина

$$M = L(1,36T + 1,13B), \quad (23)$$

где L — длина судна по КВЛ, м;
 T — осадка, м;
 B — ширина судна, м;
 M — $\frac{D}{LBT}$ — коэффициент общей полноты.

Приведенная формула С. П. Муратина дает довольно близкие результаты по сравнению с расчетами, непосредственно выполняемыми по теоретическому чертежу. Отклонения от расчетов, выполненных по теоретическому чертежу, находятся в пределах 2—3%.

Величина сопротивления формы может быть найдена как разность между полным сопротивлением и сопротивлением трения.

Главным видом сопротивления формы является волновое сопротивление. Волновое сопротивление возникает от того, что по мере продвижения судна по воде корпус раздвигает ее, смещая довольно большие массы воды. Смещение больших масс воды сопровождается поднятием волн и требует расхода энергии для их преодоления, поэтому величина волнового сопротивления зависит от формы корпуса в подводной части и скорости движения судна. В металлургическом судостроении возможность создания хороших форм корпуса в подводной части ограничена тем, что это требует больших трудоемких работ по выборке сложных форм корпуса, в то время как в пластмассовом судостроении операции по выборке листов исключаются.

При оценке сопротивления воды движению речных судов следует также учитывать дополнительные факторы, которые приводят к изменению величины полного сопротивления судна по сравнению с его движением в море или в озере.

Изменение полного сопротивления складывается за счет влияния скорости течения реки и уклона ее русла.

Оценка влияния скорости течения на сопротивление воды движению судна производится для движения судна по течению или против течения. В этом случае скорость судна может быть определена по формуле

$$v = v_{\text{кор}} \pm v_{\text{теч}} \quad (24)$$

где v — полная скорость судна;

$v_{\text{кор}}$ — скорость движения судна относительно берега;

$v_{\text{теч}}$ — скорость течения реки.

Знак минус в приведенной формуле соответствует движению судна против течения, а знак плюс — движению судна по течению.

Таким образом, при выборе того или иного типа обводов для оценки их качественных показателей требуется определить сопротивление воды движению судов в различных условиях, т. е. установить функцию сопротивления судна от скорости.

В настоящее время построение кривой зависимости сопротивления движению судов от скорости производится: а) аналитическим способом; б) путем пересчета результатов испытаний модели на натуре и а) по приближенным формулам и графикам.

Аналитический способ основан на применении методов теоретической гидромеханики. Этот способ позволяет учесть особенности формы корпуса судна. Однако точность современных аналитических методов и формул во многих случаях еще недостаточна, поэтому аналитический способ может с успехом применяться для предварительных проработок, но не может быть рекомендован при окончательной оценке нескольких вариантов обводов корпуса для серийного судна.

Определение сопротивления посредством исследования моделей судов является в настоящее время наиболее распространенным способом. Успехи, достигнутые в развитии теории сопротивления, позволили работникам опытовых бассейнов создать усовершенствованную методику пересчета результатов модельных испытаний на натуре, получающую всеобщее признание. Натурные испытания построенных судов показали полную надежность метода определения сопротивления посредством испытаний моделей, так как сложность с натурой оказалась очень близкой. Этот метод считается наиболее достоверным, поэтому рекомендуется как единственный метод при оценке тех или иных обводов корпуса в различных условиях плавания. В практике ЦТКБ МРФ он применяется при качественной оценке различных вариантов обводов и по их окончательной доводке в различных условиях плавания, искусственно создаваемых в опытовом бассейне.

Таким образом, для определения сопротивления корпуса проектируемого судна следует базироваться на данных модельных испытаний. Испытания производятся на моделях, изготовленных из парафина или дерева по исходному теоретическому чертежу в определенном масштабе. Эти испытания основаны на законе подобия. Если формы судна и модели подобны, величина сопротивления может быть выведена по соотношениям их размеров соответственным пересчетом

$$\frac{v}{v_1} = \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{L_1}} \text{ и } \frac{R}{R_1} = \frac{L^3}{L_1^3} \quad (25)$$

где v — скорость судна;

v_1 — скорость модели;

L — длина судна;

L_1 — длина модели;

R — величина сопротивления судна;

R_1 — величина сопротивления модели.

При пересчете сопротивления учитывается масштаб модели, так, например, если модель была выполнена по теоретическому чертежу в масштабе 1:18, то сопротивление корпуса судна $R = r18^3$.

Во всех случаях модельные испытания дают величину полного сопротивления при определенной скорости. Если из величины полного сопротивления вычесть величину сопротивления трения, то получим величину остаточного сопротивления.

Часто в практике пересчетов для определения сопротивления трения применяется следующая формула:

$$R_{\text{тр}} = 2v^2 \frac{1}{\sqrt{\sigma}} \quad (26)$$

При этом смоченная поверхность с достаточной степенью точности может быть определена по формуле

$$\Omega = L(1,7T + 18), \quad (27)$$

где L — длина судна;

T — конструктивная осадка;

B — ширина судна;

δ — коэффициент общей волноты судна.

При определении полного сопротивления трения к полученным по формулам результатам на выступающие части добавают 5—7%.

Выполняя теоретический чертеж модели, следует иметь в виду, что всякая ошибка в теоретическом чертеже при переходе к действительному размеру судна увеличивается соответственно масштабу в 10, 25 и даже в 50 раз.

Определение сопротивления с помощью приближенных формул и графиков. Этот метод широко используется в эскизных и предельных стадиях проектирования судов, так как приближенные формулы и графики дают возможность быстро и просто определить сопротивление движению судов. Степень приближения зависит от того, в какой мере формы прототипных судов, послужившие основой для составления формул или графиков, соответствуют форме теоретического чертежа проектируемого судна. Это обстоятельство заставляет считать результаты расчетов по приближенным формулам и графикам предварительными, требующими дальнейшего уточнения при испытаниях модели в опытовом бассейне.

В практике ЦТКБ при определении сопротивления речного судна пользуются откорректированной Речсудопроектной формулой В. В. Звонкова. Формула применима и для пластмассовых судов, однако коэффициент трения должен быть в дальнейшем уточнен.

Формула В. В. Звонкова может быть представлена в виде

$$R = f\sigma v^{1,85} + \delta \Sigma v^{1,7+Pr}, \quad (28)$$

где R — сопротивление движению судна;

f — коэффициент трения пластмассового корпуса;

Ω — смоченная поверхность, м²;

δ — коэффициент общей волноты;

Σ — площадь погруженной части модели-шпангоута, м²;

v — скорость судна относительно тихой воды, м/сек;

δ — коэффициент остаточного сопротивления;

Pr — число Фруда, $Pr = \frac{v}{\sqrt{gl}}$, где $g = 9,81$ м/сек² — ускорение силы тяжести.

Коэффициент остаточного сопротивления определяется по формуле

$$\delta = \frac{17,7m^{2,5}}{\left(\frac{L}{8B}\right)^2 + 2}, \quad (29)$$

где m — принимается равным 1,0 для плавных судов, не имеющих тоннелей, и 1,2 для судов с тоннельными образованиями.

При использовании приближенной формулы для вычисления сопротивления величину смоченной поверхности Ω следует вычислять по теоретическому чертежу. В случае отсутствия достаточно подробно разработанного теоретического чертежа для стадий предельного и эскизного проектирования может быть также применима приближенная формула А. Б. Карлова

$$\Omega = \left(0,074 \frac{L}{\gamma} + 5,1\right) V^{\frac{2}{3}}, \quad (30)$$

где V — объемное водокаменство судна.

Формула А. Б. Карлова дает сравнительно близкие результаты к данным точных вычислений смоченной поверхности гонимого корпуса по теоретическому чертежу без учета выступающих частей.

§ 18. МОДЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Вопросу выбора оптимальных обводов корпуса всегда уделяется особое внимание. В предельной и эскизной стадиях проектирования сопротивление движению определяется аналитическим путем или по приближенным формулам и графикам, а в дальнейшем уточняется модельными испытаниями с перестетами на натуре.

В результате модельных испытаний, производимых в опытовых бассейнах, определяют:

- 1) правильность выбора главных размерений судна из условия сопротивления — путем буксировочных испытаний модели судна;
- 2) доводку обвода для принятого теоретического чертежа с сохранением главных размерений в пределах того же водокаменства;
- 3) эффективную мощность, требуемую при различных скоростях движения судна, — путем буксировочных испытаний модели судна;
- 4) коэффициенты влияния корпуса судна на работу ванта, т. е. коэффициенты полуватного потока и засасывания, а также

коэффициенты, учитывающие влияние неравномерности потока на работу гребных винтов. — посредством испытаний самоходных моделей судов;

б) влияние волнения на ходкость и заливаемость судна, для чего проводят буксировочные и самоходные испытания моделей на волнении;

в) влияние межволоды и стенок канала на ходкость судов — проводят испытания моделей в условиях ограниченного фарватера.

Таким образом, основным видом экспериментов в опытовых бассейнах являются буксировочные испытания моделей, в результате которых устанавливается зависимость между скоростью движения модели и буксировочным сопротивлением.

§ 18. ВЛИЯНИЕ ГЛАВНЫХ РАЗМЕРЕНИЙ НА ХОДСКОСТЬ СУДНА

Для установления наиболее оптимальных главных размерений судна из условия сопротивления воды его движению производится сравнительный анализ нескольких вариантов теоретического чертежа с различными главными размерениями. Количественные и качественные показатели определяются аналитическим способом или в результате модельных испытаний.

Таблица 19

Расчетные скорости при ширине судна 6 и 7 м

Показатели	Двигатель 90 л. с.					
	Ширина корпуса В=6 м			Ширина корпуса В=7 м		
Опознание глубины фарватера к осадке	6	2	1,5	6	2	1,5
Скорость, км/час	11,7	10,1	8,45	11,35	9,9	8,3
Опознание скорости винта при В=7 м к скорости при В=6 м, %	—	—	—	97	98,2	98

Например, для стадии эскизного проектирования при выборе главных размерений грузовой теплохода грузоподъемностью 60 т с водометным движителем были рассмотрены два варианта главных размерений. Для первого варианта были приняты: длина расчетная 30 м, ширина расчетная 7 м, высота борта 1,5 м, осадка 0,6 м; для второго варианта: длина расчетная 30 м, ширина расчетная 6 м, высота борта 1,5 м, осадка 0,6 м. Таким образом, фактически изучался вопрос о выборе оптимальной ширины судна при той же длине, высоте борта и осадке.

В табл. 19 приведены расчетные скорости теплохода на разных глубинах при ширине корпуса 6 и 7 м.

Из сопоставления данных табл. 19 следует, что производительность грузовой теплохода шириной 7 м будет значительно выше, чем теплохода шириной 6 м, так как скорость его хода меньше всего лишь на 2—3%, в то время как уменьшение ширины корпуса судна с 7 до 6 м повлечет за собой снижение грузоподъемности примерно на 15%.

Таким образом, для обеспечения высокопроизводительной работы теплохода были выбраны следующие главные размерения: длина расчетная 30 м, ширина расчетная 7 м, высота борта 1,5 м, осадка в грузу (средняя) 0,6 м.

Обводы корпуса были выбраны из условия обеспечения нормальной эксплуатации судна при плавании как на мелководье, так и на глубокой воде.

Корпус в средней части плоскобортный, с вертикальными бортами и закругленной скулой. Носовые образования локнообразные. Кормовые образования сканьки, с расположением в кормовой оконечности расширенного тоннеля и водопроводящей трубы. Принятые образования кормовой оконечности обеспечивают возможность установки движителя конструкции ших. М. Д. Хрепиковой с выбросом воды выше грузовой ватерлинии.

Принятые для судна довольно высокие коэффициенты общей полноты 0,865, полноты грузовой ватерлинии 0,885 и мелдешпантоута 0,990 вызваны стремлением получить наибольшую грузоподъемность судна при ограниченной осадке, что отвечает основным требованиям, предъявляемым к судам данного типа. В дальнейшем принятый для стадии эскизного проекта теоретический чертеж был откорректирован по результатам модельных испытаний (см. § 20).

При выборе главных размерений грузовой теплохода грузоподъемностью 100—150 т анализировался вопрос о длине судна и соответственно коэффициента общей полноты водонизмещения на сопротивляемость воды движению судна при постоянном водонизмещении и постоянной осадке.

В бассейне Ленинградского кораблестроительного института производились модельные испытания для четырех основных вариантов моделей, причем три из них имели одинаковое водонизмещение и одинаковую осадку и одна испытывалась при другой осадке и другом водонизмещении.

Главные размерения судна и моделей приведены в табл. 20. Сравнительные испытания всех моделей в опытовом бассейне производились на глубокой воде, некоторые модели были испытаны также на мелководье при различных отношениях глубины бассейна к осадке судна.

Как следует из табл. 20, три модели имели одинаковый вес, одинаковую ширину и осадку, менялись только длина и соответственно коэффициент общей полноты. Исключением составляла модель № 54376, для которой осадка была принята 1 м и водонизмещение 208 т.

Таблицы размеров судно и модели

Размеры	Модель № 54375-1		Модель № 54376-1		Модель № 54376-II		Модель № 54376	
	судно	модель	судно	модель	судно	модель	судно	модель
Водоизмещение, м	225	0,225	225	0,225	225	0,225	208	0,208
Длина по КВЛ, м	42	4,2	27	3,7	29	3,9	27	3,7
Ширина по КВЛ, м	7	0,7	7	0,7	7	0,7	7	0,7
Осадка, м	1,1	0,11	1,1	0,11	1,1	0,11	1	0,10
Средняя скорость, м/с	304	3,02	288	2,88	292	2,92	286	2,86
Коэффициент облой корпуса	0,655	0,655	0,750	0,750	0,750	0,750	0,863	0,863
Коэффициент полноты КВЛ	0,845	0,845	0,865	0,865	0,839	0,839	0,839	0,839
Коэффициент полноты вилла	0,945	0,945	0,935	0,935	0,935	0,935	0,965	0,965
Коэффициент предельной стрелы	0,735	0,735	0,735	0,735	0,754	0,754	0,807	0,807
Отношение длины корпуса к ширине	6	6	3,9	5,29	3,9	5,38	3,29	5,29
Отношение ширины корпуса к осадке	6,37	6,37	6,37	6,37	6,37	6,37	7	7

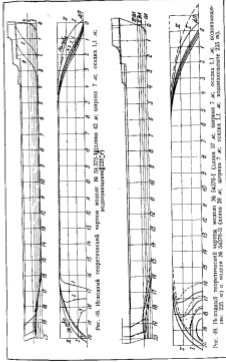


Рис. 28. Исходный теоретический корпус модели № 54375-1 (длина 42 м, ширина 7 м, осадка 1,1 м; водоизмещение 225 м)

Рис. 29. Исходный теоретический корпус модели № 54376-1 (длина 27 м, ширина 7 м, осадка 1,1 м; водоизмещение 225 м)

Рис. 30. Исходный теоретический корпус модели № 54376-II (длина 29 м, ширина 7 м, осадка 1,1 м; водоизмещение 225 м)

Рис. 31. Исходный теоретический корпус модели № 54376 (длина 27 м, ширина 7 м, осадка 1,1 м; водоизмещение 208 м)

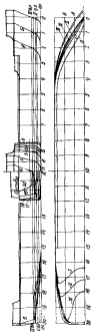


Рис. 50. Поперечный чертеж модели № 54376 (длина 37 м; ширина 7 м; осадка 1 м; водоизмещение 208 т).

Таким образом, практически модельные испытания проводились с целью установления оптимальной длины судна. Следует отметить, что постановка подобного эксперимента для получения вполне достоверных результатов требует больших затрат материальных средств, так как все модели должны быть вначале доведены на базе модельных испытаний, и только после доводки обводов каждой модели можно сравнивать различные варианты между собой.

В бассейне же были изготовлены модели по исходным теоретическим чертежам заказчика и подвержены буксировочным испытаниям без предварительной доводки. В результате произведенных буксировочных испытаний была установлена зависимость между сопротивлением воды движению модели и скоростью, после чего были сравнены все три варианта.

На рис. 48—50 приведены теоретические чертежи моделей № 54376-I, 54376-II, 54376-III и 54376, которые были подвержены буксировочным испытаниям. В результате произведенных испытаний можно констатировать следующее.

Увеличение длины судна при одном и том же водоизмещении за счет уменьшения общего коэффициента полноты водоизмещения повышает абсолютную скорость судна. Увеличение абсо-

лютной скорости происходит за счет уменьшения волнового сопротивления.

С повышением скорости волновое сопротивление резко падает и в этом случае преобладающую роль играет сопротивление трения, поэтому для сравнительно небольших судов увеличение длины приводит к доминантно сопротивлению. Характер волнообразованной ряда моделей, имеющих одинаковые обводы в оконечностях и разную длину цилиндрической вставки, показан на рис. 51.

Как видно из рисунка, характер волнообразования для моделей с разной длиной при скорости хода 14 км/час один и тот же.

Влечные длины судна на холостую показали на кривых изменения скорости в функции от мощности для четырех вариантов. Рассмотрев кривые на рис. 52, видим: при рабочих скоростях 10—12 км/час нерационально из условий холостой увеличивать длину судна; выбор длины судна для рабочих скоростей 16—18 км/час следует проводить с учетом того, что увеличение длины судна влечет за собой увеличение его весовых показателей, снижает общую прочность корпуса судна и ухудшает его поворотливость в условиях ограниченного фарватера.

Водоизмещение судна для модели № 54376 принято 208 т с осадкой 1 м. Расчеты показывают, что увеличение длины судна с 37 до 42 м потребует увеличения его веса примерно на 10—12 т. Таким образом, если оба судна поставят в одинаковые условия при испытании модели, следовало бы весовое водоизмещение короткой модели увеличить на 5—7 т, т. е. принять весовое водоизмещение короткой модели на 208 т, а 213—215 т). Такое увеличение водоизмещения вызвало бы увеличение осадки судна примерно на 2 см, что практически не могло сказаться на характере кривой *f*.

Из кривых на рис. 52 мы также видим: кривая *f* в диапазоне скоростей до 11—12 км/час расположена выше кривых 1, 2 и 3. Это свидетельствует о том, что при помощи главного двигателя в 150 л. с., обеспечивающего рабочие скорости до 14 км/час (судно большей частью будет работать на режимах в 10—12 км/час), выгодно принять длину судна 37 м. С увеличением мощности главного двигателя до 300 л. с. скорость судна равна 15—16,5 км/час, и кривые 2 и 3 находятся примерно в одинаковых условиях и расположены ниже кривых 1 и 4. В этом случае модель № 54376-II для судна длиной 39 м окажется выгоднее модели № 54376-I длиной 42 м, так как ее грузоподъемность больше грузоподъемности судна длиной 42 м.

Для наглядности характер обтекания модели различной длины при различных скоростях режимов показан на рис. 53—55. На этих рисунках приводим фотографии моделей № 54376, 54376-I и 54376-II во время буксировочных испытаний в бассейне Ленинградского кораблестроительного института. Все три модели протаскивались со скоростью 10 км/час. Как видно из

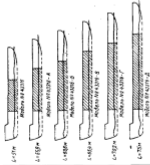


Рис. 31. Характер изготовления для ряда моделей с сопоставимой областью впадины и корням, во время работы лопаты гидравлической откатки. Значение показаны при скорости 10 км/час.

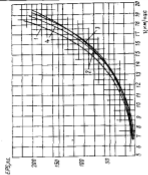


Рис. 32. Кривые эффективной мощности ступи на испытательном стенде модели на глубинах 0,5 м.
 1 - модель № 4,75 м; 2 - модель № 4,65 м; 3 - модель № 4,55 м; 4 - модель № 4,37 м.
 Значения даны для скорости при $\alpha_{\text{впадин}} = 100^\circ$, $\alpha_{\text{корня}} = 200^\circ$.



Рис. 34. Фотография модели № 56375-Б и характер изготовления во время буксировочных испытаний на глубинах 0,5 м при скорости 10 км/час.



Рис. 33. Фотография модели № 56375-Б и характер изготовления во время буксировочных испытаний на глубинах 0,5 м при скорости 30 км/час.

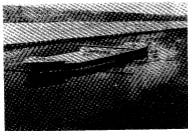


Рис. 55. Фотография модели № 54375-1 и характер волнообразования во время буксировочных испытаний на глубокой воде при скорости 10 км/час.

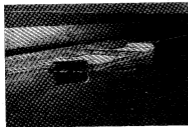


Рис. 56. Фотография модели № 54376 и характер волнообразования во время буксировочных испытаний на глубокой воде при скорости 14 км/час.

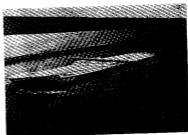


Рис. 57. Фотография модели № 54376-1 и характер волнообразования во время буксировочных испытаний на глубокой воде при скорости 14 км/час.

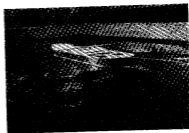


Рис. 58. Характер волнообразования и ороза stern с кормы модели № 54376-1 на глубокой воде при скорости 14 км/час.

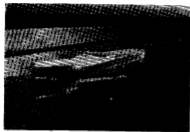


Рис. 58. Фотография модели № 54376-II и характер водообразования во время буксировочных испытаний на глубокой воде при скорости 14 км/час.



Рис. 59. Фотография модели № 54375-I и характер водообразования во время буксировочных испытаний на глубокой воде при скорости 14 км/час.

фотографий, характер обтеканий при скорости 10 км/час одинаков для всех моделей.

Несколько иная картина наблюдается при протаскивании этих же моделей со скоростью 14 км/час. Как видно на рис. 58, модель № 54376 при движении со скоростью 14 км/час толкает перед собой большую массу воды, в носовой части по борту наблюдается впадина и гребень подпорной волны.

Характер обтекания модели № 54376-I приведен на рис. 57 и 58. Как видно из фотографии, кроме подпорной волны в носу, в корме наблюдается беспорядочный срыв воды в виде ярко выраженных вихрей. Таким образом, по задкости модель № 54376-I имеет более низкие показатели, чем модель № 54376.

Как видно из рис. 59 и 60, модели № 54376-II и 54375-I при скорости 14 км/час также имеют в носу подпорную волну и в корме срыв струй, однако обтекание этих моделей более благоприятное, чем предыдущих.

§ 26. ДОВОДКА ОБВОДОВ ДЛЯ ПРИНЯТЫХ ГЛАВНЫХ РАЗМЕРЕНИИ СУДА

Доводка обводов сводится к получению наилучшей обтекающей корпуса в условиях плавания из заданной скорости в пределах выбранных главных размерений судна и габаритов пути. Исследования по доводке обводов являются не менее ответственными, чем при определении главных размерений судна.

На малотоннажных грузовых теплоходах из-за наличия большой цилиндрической вставки доводка формы обводов корпуса ограничена участками длины оконечностей, что не позволяет существенно влиять на закон изменения обтекания корпуса.

Вместе с тем такая доводка обводов является рациональной. Выигрыш в скорости даже 0,1 км/час обеспечивает бесплатное топливо и смазочные масла на всем протяжении плавания судна, и, если эту экономию распространить на целую серию судов, то она выразится в весьма солидных цифрах.





При выборе формы обводов корпуса грузового теплохода грузоподъемностью 150 т анализировался вопрос о влиянии формы корпуса на сопротивление воды движению судна.




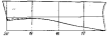
В бассейне Ленинградского кораблестроительного института исследовали ряд моделей с различными обводами корпуса. Главные размерения и эскизы этих моделей приведены в табл. 21.

В качестве исходного варианта был принят теоретический чертеж с коэффициентом полноты водоизмещения 0,785 (рис. 61). Модельные испытания показали, что обтекание модели, выполненной по исходному теоретическому чертежу (табл. 21, эскиз I), имеет неблагоприятное обтекание оконечностей. В носовой

Главные размеры

грузового теплохода

№ п/п	Эскизы	Наименование аппарата	Судно и модель	Водоизмещение	Длина по КВЛ, м	Ширина по КВЛ, м	Осадка средняя, м	Средняя скорость движения судна, узлов	Площадь КВЛ, м ²	Площадь яловок, м ²	Коэффициент				Остаток ЦТ парализ КВЛ от яловок, м	Остаток ЦТ парализ КВЛ от яловок, м
											объем палубы КВЛ	поверх яловок	архивной осевой	Овальные L/B		
1		Модель № 56389 Основной аппарат	Судно	254 м	42	7	1,1	323	257	7,65	0,7850,8740,9920,700	6	6,360,033	-0,910		
			Модель	254 м	4,2	0,7	0,11	3,23	2,570,07650,7850,8740,9920,700	6	6,360,033	-0,901				
2		Модель № 54389 Изменяемый аппарат вода	Судно	254 м	42	7	1,1	323	256	7,65	0,7850,8700,9920,700	6	6,360,018	-0,937		
			Модель	254 м	4,2	0,7	0,11	3,23	2,560,07650,7850,8700,9920,700	6	6,360,018	-0,937				
3		Модель № 54389 Изменяемый аппарат вода и явки	Судно	254 м	42	7	1,1	333	256	7,65	0,7850,8700,9920,700	6	6,360,033	-1,02		
			Модель	254 м	4,2	0,7	0,11	3,23	2,560,07650,7850,8700,9920,700	6	6,360,033	-1,102				
4		Модель № 54389 Изменяемый аппарат вода и явки	Судно	278 м	42	7	1,2	331	226	8,35	0,7800,8700,9920,701	6	5,830,0204	-1,01		
			Модель	278 м	4,2	0,7	0,12	3,31	2,060,08350,7800,8700,9920,701	6	5,830,0204	-1,101				

№ пп.	Эскиз	Наименование каретки	Сухо и модель	Водоизмещение	Площадь КВЛ, м	Штатная площадь КВЛ, м	Осадка в корме, м	Средняя осадка в корме, м	Площадь КВЛ, м ²	Площадь миделя, м ²	Коэффициент				Осадка ЦД от миделя, м	Остаток ЦД лавины КВЛ от миделя, м		
											общий	показат. КВЛ	показат. миделя	продольное острым				
5		Модель № 54389 Наименование каретки: нос и корма со средней глубинной танкой	Сухо	254 м	43	7	1.1	223	250	7.65	0.785	0.870	0.920	0.700	6	6.30	0.39	-1.015
			Модель	254 м	4.2	6.7	0.11	3.23	2.56	0.070	0.785	0.870	0.920	0.700	6	6.30	0.030	-0.1025
6		Модель № 51389 Наименование каретки: нос и корма со средней глубинной танкой	Сухо	254 м	42	7	1.5	267	258	10.45	0.800	0.877	0.937	0.800	6	4.60	0.037	-1.082
			Модель	254 м	4.7	6.7	0.12	3.57	2.08	0.1045	0.800	0.877	0.937	0.800	6	4.60	0.037	-0.1082
7		Модель № 54389 Наименование каретки: нос и корма с минимальной глубинной танкой	Сухо	254 м	42	7	1.1	223	250	7.65	0.785	0.870	0.920	0.700	6	6.30	0.45	-1.015
			Модель	254 м	4.2	6.7	0.11	3.23	2.56	0.075	0.785	0.870	0.920	0.700	6	6.30	0.045	-0.1015
8		Модель № 54389 Наименование каретки: нос и корма с минимальной глубинной танкой. Поднят транец	Сухо	254 м	42	7	1.1	223	250	7.65	0.785	0.870	0.920	0.700	6	6.30	0.45	-1.015
			Модель	254 м	4.2	6.7	0.11	3.43	2.30	0.075	0.785	0.870	0.920	0.700	6	6.30	0.045	-0.1015





Ж м.	Эскиз	Номинальное коробки	Суши и модель	Водо- модель	Длина по КВЛ, м	Ширина по КВЛ, м	Осадка средняя, м	Среднее по длине значение углубления, м	Шаг по КВЛ, м	Положение поверхности, град	Коэффициент				Углубление в/в	Углубление н/в	Осадка ИВ от воды, м	Осадка ИТ поверхности КВЛ от воды, м
											обтекания толерант	подъем КВЛ	всплытия модели	крановый остром				
9		Модель № 54300	Суши	250	40	7	1,1	310	254	7,65	0,7740	0,8040	0,9500	0,779	6	5,360	33	-1,065
			Модель	250 м	4,2	0,7	0,11	3,16	2,540	0,0700	0,7710	0,8040	0,9500	0,779	6	5,360	0,033	-0,1085
10		Модель № 54301	Суши	240	42	7	1,1	300	350	7,65	0,7430	0,8000	0,9200	0,747	6	5,360	24	-1,32
			Модель	240 м	4,2	0,7	0,11	3,00	2,5	0,0700	0,7430	0,8000	0,9200	0,747	6	5,360	0,034	-0,132
11		Модель № 54302	Суши	230	42	7	1,1	304	245	7,65	0,7130	0,8330	0,9500	0,710	6	5,360	18	-1,65
			Модель	230 м	4,2	0,7	0,11	3,04	2,450	0,0700	0,7130	0,8330	0,9500	0,710	6	5,360	0,018	-0,165
12		Модель № 54303	Суши	300	41	7	1,5	350	237	10,45	0,7050	0,8740	0,9500	0,750	6	5,36	—	-1,090
			Модель	300 м	4,2	0,7	0,10	3,50	2,370	0,1045	0,7050	0,8740	0,9500	0,750	6	5,36	—	-0,109



Рис. 61. Исходный теоретический чертеж корпуса грузовой землеходы грузоподъемностью 150 т.

части наблюдались излишне повышенные волновые давления, скомпенсированные у 1-го теоретического шпангоута, вследствие чего гребень первой поперечной волны высоко поднялся вверх, приближаясь к палубе, а затем сменялся глубокой впадиной. В корме наблюдался интенсивный срыв вихрей.

Для снижения гребня носовой волны было внесено изменение в форму 1-го и 2-го шп. с тем, чтобы распределить волновые давления на ближайшем участке и снизить высоту гребня носовой волны. Выплавленное изменение показано на эскизе 2 табл. 21 в виде пунктирных линий.

На эскизах табл. 21 нанесены все замещения, которые последовательно вносились в исходную форму обводов (всякое последующее изменение изображено пунктирными линиями).

Результаты испытаний, отражающие зависимость мощности от скорости всех вариантов моделей, показаны на рис. 62.

Для обеспечения плавного подтекания воды к винту, а также плавного схода струй с кормы внутренне пошиба баконов были изменены подпятами транца в подводной части на 200 мм, как показано на эскизе 8 табл. 21. Такие изменения благоприятно сказались на снижении затрат мощности на буксаровку модели.

Плавное подтекание воды к винту, а также плавный сход струй с кормы обеспечивают хорошие условия для работы гребного винта и в целом улучшают гидродинамические качества судна. Получить такое подтекание воды путем подъема кормы

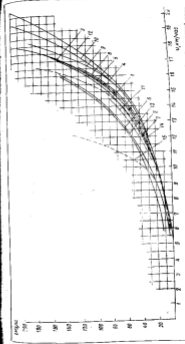


Рис. 62. Кроме эффективной мощности судна по испытаниям различных моделей на гребной и эскизной водн. 1 — исходная форма обводов (грузоподъемность 150 т, октябрь 1958 г.); 2 — исходная форма обводов (грузоподъемность 150 т, октябрь 1958 г.); 3 — исходная форма обводов (грузоподъемность 150 т, октябрь 1958 г.); 4 — исходная форма обводов (грузоподъемность 150 т, октябрь 1958 г.); 5 — исходная форма обводов (грузоподъемность 150 т, октябрь 1958 г.); 6 — исходная форма обводов (грузоподъемность 150 т, октябрь 1958 г.); 7 — исходная форма обводов (грузоподъемность 150 т, октябрь 1958 г.); 8 — исходная форма обводов (грузоподъемность 150 т, октябрь 1958 г.); 9 — исходная форма обводов (грузоподъемность 150 т, октябрь 1958 г.); 10 — исходная форма обводов (грузоподъемность 150 т, октябрь 1958 г.); 11 — исходная форма обводов (грузоподъемность 150 т, октябрь 1958 г.); 12 — исходная форма обводов (грузоподъемность 150 т, октябрь 1958 г.); 13 — исходная форма обводов (грузоподъемность 150 т, октябрь 1958 г.); 14 — исходная форма обводов (грузоподъемность 150 т, октябрь 1958 г.); 15 — исходная форма обводов (грузоподъемность 150 т, октябрь 1958 г.); 16 — исходная форма обводов (грузоподъемность 150 т, октябрь 1958 г.); 17 — исходная форма обводов (грузоподъемность 150 т, октябрь 1958 г.).

допустимо только при условии исключения возможного подсоса воздуха к гребным винтам.

Во время модельных испытаний были поставлены опыты по перегрузке модели, при этом модель была перегружена на 100 г, соответственно осадка была увеличена с 1,1 до 1,5 м.

В результате аэродинамических исследований было установлено, что увеличение грузоподъемности судна при заданной мощности снижает скорость судна на 1,3 км/час; увеличение осадки судна на 0,1 м соответственно повышает грузоподъемности судна на 24 г и снижает скорость судна на 0,2 км/час.

Таким образом в скорости делает равнозначным повышение грузоподъемности судна, если плавационные условия позволяют увеличить осадку судна.

В связи с тем, что грузовой теплоход грузоподъемностью 150 г назначается для эксплуатации в открытых условиях, были произведены исследования о влиянии волнового режима на ходовые качества судна. В бассейне была искусственно создана встречная оверпап волна 2×20 м. Протаскивалась модель с $\delta = 0,78$, водонизменением 250 г при осадке 1,1 м. В результате проведенной установки, что судно в этих условиях теряет скорость по сравнению с плаванием на тихой спокойной воде около 2 км/час (см. кривые 9 и 13 на рис. 62).

Рассматривая кривые 9 и 10 на рис. 62 для модели с коэффициентами полноты 0,78 и 0,75 жм, видно, что в диапазоне скоростей до 16 км/час они совпадают. Совпадение кривых можно считать случайным, так как значительное заострение оконечностей (переход от $\delta = 0,78$ к $\delta = 0,75$ только за счет оконечностей) должно было сказаться на ухудшении ходкости судна, чего не видно на кривых. Следует предполагать, что модель с $\delta = 0,78$ могла оказаться во время буксировочных испытаний в неоднаковых условиях с моделью, у которой $\delta = 0,75$ (неустойчивый режим, смещение турбулизаторов, или по другим причинам).

§ 21. ВЛИЯНИЕ МЕЛКОЙ ВОДЫ И КАНАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ НА ХОДКОСТЬ СУДНА

Условия плавания малотоннажных судов на ограниченном фарватере резко отличаются от условий плавания на неограниченной глубине.

Судя по внутреннему плаванию большей частью клавуют в условиях мелководья, так как уже при отношении глубины фарватера к осадке судна $H/T = 10$ и ниже сказывается влияние мелководья.

Движение судна в канальных условиях принципиально имеет тот же характер, что и в случае движения судна на мелкой воде. Все особенности влияния мелководья при наличии дополнительного ограничения по ширине квола выражены в более резкой форме.

Рассматривая обводку корпуса судов, предназначенных к плаванию на мелководье, следует учитывать, что водное сопротивление в условиях мелководья является основным критерием при оценке оптимальности тех или иных форм обводок. Вольное суживание судов, плавающих по ограниченному фарватеру, выше, чем судов, плавающих на глубокой воде. В условиях ограниченного фарватера увеличение скорости вызывает более интенсивное покротделение. Кроме того, в силу сужения потока дном водоема при движении судна увеличивается скорость обтекания корпуса, что повышает сопротивление трения. Таким образом, на ограниченном фарватере все три основных составляющие общего сопротивления увеличиваются вследствие чего ходовые качества судов ухудшаются.

Исследования показывают, что лучшей формой носовой обводки малотоннажных грузовых теплоходов для плавания в условиях мелководья является ложкообразная форма носа.

Форма кормовой оконечности у них более сложная. Наиболее целесообразной формой кормы для малотоннажных судов является форма «саблея»; судя с такой кормой при незначительном углублении обладает достаточной плавучестью, чтобы противостоять силам, вызывающим дифферент судна на корму, кроме того, струи с саблеобразной кормы сходят наиболее плавно.

Относительно малая осадка судов с саблеобразной кормой способствует уменьшать диаметр винтов, снижая их к. п. д. Во избежание этого следует вводить так называемую тоннельную форму, позволяющую увеличивать диаметр винта. Однако устройство глубоких ниш в тоннели для увеличения диаметра винта в свою очередь приводит к созданию дополнительного сужения потока. Поэтому в каждом частном случае нужно принимать комплексное решение, т. е. решать, что выгоднее, углублять нишу и увеличивать диаметр винта или уменьшать диаметр винта и создавать благоприятные условия для схода струй, с тем чтобы получить более высокий пропульсивный к. п. д.

Весьма важным для кормовых обводок является обеспечение работы винтов на заднем ходу, для чего необходимо исключить засасывание воздуха, приводящее к резкому снижению к. п. д.

Конструктивно исключение засасывания воздуха на заднем ходу решается путем надежного прикрытия винтов за счет уплотнения транца, устройства специальных козырьков и драллящих шпаклеуток в районе расположения винтов вогнутой формы.

Вогнутые формы шпангоутов в районе расположения винтов не увеличивают сопротивления корпуса, вместе с тем они обеспечивают хороший подток воды к винтам, чем улучшаются пропульсивные качества на переднем ходу и работа винтов на заднем ходу. Устройство углубленного транца или специальных козырьков повышает сопротивление корпуса на переднем ходу, поэтому транец или козырек следует утапливать на миним-

мально необходимую величину для предотвращения возможной подсоса воздуха.

При выборе формы обводов следует иметь в виду, что, как правило, уменьшение общей волноты обводов, т. е. заострение обводов малотоннажных судов, снижает сопротивление и в мелководье, и на глубокой воде, а эффект от заострения тем больше, чем больше относительная скорость. Однако заострение обводов приводит к уменьшению грузоподъемности или увеличению осадки. Это вынуждает принимать более волнистые обводы с коэффициентом общей волноты, доходящим до $k = 0,85$. Такие высокие коэффициенты общей волноты для мелководья оправдываются еще и тем, что при отношении $H/T = 3$ и ниже практически скорость судов составляет 10—10,5 км/час. Дальнейшее увеличение скорости выматывается неравномерным повышением мощности силовой установки.

Таким образом, для малотоннажных грузовых теплоходов, работающих в условиях ограниченного фарватера, следует принимать дощкообразную форму носа и свабообразную корму. Для улучшения работы движителей кормовые обводы могут быть приняты туннельными или полутуннельными. Такие формы обводов также пригодны для плавания на магистральных реках.

Для некоторой качественной оценки влияния мелководья приводим результаты модельных испытаний по доводке обводов грузового теплохода грузоподъемностью 150 т при различных отношениях глубины фарватера к осадке судна.

Наиболее благоприятные результаты по ходкости и условиям мелководья показала модель № 54300 с коэффициентом общей волноты судна $k = 0,78$ (рис. 62).

Эта модель при отношении глубины фарватера к осадке судна, равном четырем, тернет в скорости, против скорости 17 км/час на глубокой воде 1,3 км/час, что составляет 7,6% от скорости на глубокой воде. При скорости на глубокой воде 15 км/час потеря в скорости равна 1 км/час, что составляет 6,7% от скорости на глубокой воде. Если отношение глубины фарватера к осадке меньше четырех, потеря в скорости скатывается сильнее. Например, при отношении $H/T = 2$ потеря в скорости резко возрастает и составляет 29% от скорости 17 км/час на глубокой воде и 27% от скорости 15 км/час.

Характерно, что при увеличении скорости на мелководье и $H/T = 2$ во время буксировочных испытаний модели наблюдался нитевидный рост высоты подборной волны. Когда модель шла со скоростью 12 км/час, высота подборной волны достигала 0,6—0,7 высоты надводного борта.

Сход струй с кормы был сравнительно свободным, и вихревая дорожка не ярко выражена. При буксировочных испытаниях даже на скорости 17 км/час $H/T = 2$ явления присосаивания модели к дну бассейна не наблюдалось.

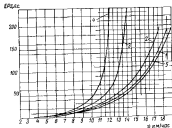


Рис. 62. Кривые эффективной мощности судна по испытанной модели № 54370 на глубокой и мелкой воде.

1 — модель № 54370 (длина модели 150 см, осадка 1,2 м) на глубокой воде при $H/T = 4$; 2 — та же на мелкой воде при $H/T = 4$; 3 — та же на мелкой воде при $H/T = 2$; 4 — та же на мелкой воде при $H/T = 1,5$.

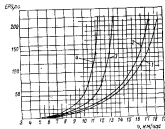


Рис. 63. Кривые эффективной мощности судна по испытанной модели № 54300 на глубокой и мелкой воде.

1 — модель № 54300 (длина модели 200 см, осадка 1 м) на глубокой воде при $H/T = 4$; 2 — та же на мелкой воде при $H/T = 4$; 3 — та же на мелкой воде при $H/T = 2$; 4 — та же на мелкой воде при $H/T = 1,5$.

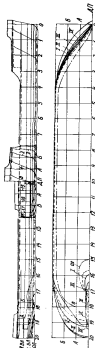


Рис. 16. Теоретический чертеж грузовой теплохода с водометным движителем, сопоставительного доводочный по моделям испытаний (длина 30,5 м, ширина 7 м, высота борта 1,5 м).

Характер изменения скорости в условиях мелкой воды при различных отношениях глубины фарватера к осадке судна показан на рис. 63 и 64.

Как видно из рисунка, чем меньше отношение H/T , тем больше потеря в скорости.

Характерными являются модельные испытания голого корпуса теплохода грузоздольностью 60 т с водометным движителем на мелкой воде. На рис. 65 показан окончательный доводочный теоретический чертеж теплохода с водометным движителем по данным модельных испытаний. Этот теоретический чертеж и принят для строительства теплохода.

Буксировочные испытания модели производились в открытом бассейне Ленинградского кораблестроительного института при открытом и закрытом водопотоке. Для сравнительного анализа модель протаскивалась на мелкой воде с разными значениями отношения глубины фарватера к осадке судна и данные исследования сравнивались с испытаниями модели на глубокой воде.

Главные размеры судна и модели приведены в табл. 22.

В результате проведенных буксировочных испытаний модель с открытым и закрытым водопотоком на мелководье установлено, что сопротивление голого корпуса как при испытаниях с открытым водопотоком, так и с закрытым имеет одно и то же значение. Визуальные наблюдения, проводимые во время испыта-

ния модели на разных скоростях, показали: образование за кормой у модели с открытым водопотоком менее интенсивно, чем у модели с закрытым водопотоком. Поэтому коэффициент остаточного сопротивления для модели с открытым водопотоком ниже, чем у модели с закрытым водопотоком. Однако такой же расход энергии на буксировку модели с открытым и закрытым водопотоком объясняется тем, что хотя коэффициент

Таблица 22

Главные размеры судна и модели

Наименование	Судно	Модель
Водометное	185 м	116 м
Длина по КВЛ	23,8 м	2560 мм
Ширина по КВЛ	7,0 м	700 мм
Осадка	0,6 м	60 мм
Смоленная поверхность голого корпуса, м ²	216,5	2,17
Коэффициент:		
обойки плавности	0,860	0,860
малой КВЛ	0,856	0,856
плавности малой	0,978	0,978
продольной остриги	0,882	0,882
Остаточное давление корпуса к ширине	4,26	4,26
Остаточное давление корпуса к осадке	11,7	11,7
Остаточное давление по длине от модели	-0,72 м	-72 мм
Остаточное давление по тяжести по длине КВЛ от модели	-0,718 м	-71,8 мм

остаточного сопротивления для модели с открытым водопотоком меньше, чем у модели с закрытым водопотоком, все же у модели с открытым водопотоком увеличивается сопротивление трения, поэтому суммарная составляющая сопротивления оказалась одинаковой. Это свидетельствует о том, что выигрыш в остаточном сопротивлении у модели с открытым водопотоком компенсируется увеличившимся сопротивлением трения за счет дополнительной смоченной поверхности водометной трубы, которая составляет 5—6% от смоченной поверхности корпуса с закрытым водопотоком.

Характер волнообразования на глубокой воде для модели с открытым водопотоком при различных скоростях показан на рис. 66 и 67.

Как видно из этих рисунков, уже при скорости модели 10 км/ч и выше за кормой появляются значительные вихри, чего не наблюдается в такой степени у модели с открытым водопотоком.

На рис. 68 и 69 показан характер волнообразования во время буксировочных испытаний модели с открытым водопотоком



Рис. 66. Фотография модели грузового теплохода с водометным движителем и характер волнообразования на глубокой воде при скорости 10 км/час (водопровод закрыт).



Рис. 67. Фотография модели грузового теплохода с водометным движителем и характер волнообразования на глубокой воде при скорости 12 км/час (водопровод закрыт).

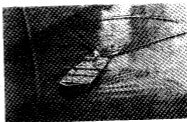


Рис. 68. Фотография модели грузового теплохода с водометным движителем и характер волнообразования на мелкой воде при $H/T = 1,5$, скорости 8,2 км/час (водопровод открыт).

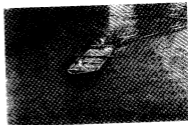


Рис. 69. Фотография модели грузового теплохода с водометным движителем и характер волнообразования на мелкой воде при $H/T = 1,5$, скорости 11 км/час.

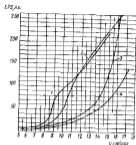


Рис. 70. Кривые эффективной мощности голого корпуса теплохода с водометным двигателем по испытанию модели № 54072 на глубокой и мелкой воде.

1 — модель № 54072 (скорость хода 10 км/ч, расход 0,5 м³/сек, расход воды при $M/T = 1,5$); 2 — та же при $M/T = 1,5$; 3 — та же при $M/T = 1,5$; 4 — та же на мелкой воде.

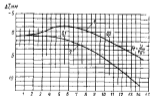


Рис. 71. Кривые изменения осадки на ходу (среды с открытым водопротоком на глубокой воде).

1 — изменение осадки кормы; 2 — изменение осадки носа.

на мелководье при скорости 8,2 и 44 км/час. Впереди в носовой части возникает поперечная волна, типичная для мелководья, в кормовой части особо интенсивного вихреобразования, как это имело место для модели с закрытым водопротоком, не наблюдается.

Таким образом, при пересчете модельных испытаний на натуру оказалось, что затраты энергии на буксировку модели с открытым и закрытым водопротоком одна и та же, благодаря тому кривые буксировочной мощности голого корпуса в зависимости от скорости совпадают. На рис. 70 приведены кривые буксировочной мощности голого корпуса теплохода с водометным двигателем по испытанию модели.

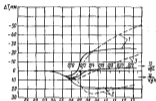


Рис. 72. Кривые изменения осадки модели на ходу в условиях мелкой воды при $M/T = 1,5$.

1 — изменение осадки кормы; 2 — изменение осадки носовой части; 3 — среднее значение изменения осадки. Пунктирные кривые: 4 — изменение осадки кормы с закрытым водопротоком, 5 — изменение осадки носовой части с закрытым водопротоком, 6 — изменение осадки носовой части с закрытым водопротоком.

Интересным при буксировочных испытаниях модели с открытым и закрытым водопротоком оказалось изменение осадки носа и кормы в зависимости от скорости. На рис. 71 приведены кривые изменения осадки модели на ходу (испытания производились с открытым водопротоком на глубокой воде). Рассматривая эти кривые, наблюдаем у носовой оконечности тенденцию к проседанию, корма же до определенной скорости испытывает, а затем переходит через нуль и имеет также тенденцию к проседанию.

На рис. 72 приведены кривые изменения осадки при испытании модели с открытым и закрытым водопротоком на мелкой воде. Рассматривая эти кривые, замечаем, что до скорости 5,5 км/час нос и корма имеют тенденцию к проседанию; при усилении скорости картина изменения осадки резко меняется.

Таким образом, обращает на себя внимание значительное различие в поведении модели на глубокой и мелкой воде. На глубокой воде модель судна дифференцируется на нос с обшивкой просаданием, носовая часть с ростом скорости начинает также погружаться.

На мелководье картина поведения модели совершенно другая.

При закрытом водоротеке наличие более интенсивного отрыва вихрей с кормы, чем на глубокой воде, и большей мере снижения давления в корме и вследствие этого корма интенсивно проседает, носовая же часть выплывает. Такая диаграмма, отражающая испытание и погружение оконечностей судна, является обычной для многих судов с нормальными обводами.

Совершенно иная диаграмма поведения модели на мелководье с открытым водорозетком. В начальный период плавания до скорости 5,5 км/час модель, как и все подобные модели, проседает, а затем резко дифференцирует на корму. Начиная со скорости 10 км/час модель стабилизируется и переносится, будучи приподнятой по сравнению со статическим положением, на меньший дифферент. Это весьма важное свойство модели с открытым водорозетком однозначно характеризует рассматриваемый тип обводов судна, предвещающее к плаванию на весьма ограниченных по глубине фарватерах.

При определении характера обводов для корпуса грузового теплохода грузоподъемностью 15 т из пластмассы перед работниками бассейна Ленинградского кораблестроительного института была поставлена задача по выбору оптимальных обводов для условий плавания на мелкой воде (без учета технологичности).

Были изготовлены три модели, на которых отыскивались наиболее рациональные обводы для корпуса грузового теплохода, предвещающего к плаванию в условиях мелкой воды. Главные размеры моделей приведены в табл. 23.

Все три модели были изготовлены из парафина с деревянным каркасом в масштабе 1:6 натуральной величины.

Производственным испытанием установлено, что модель № 58513 при протаскивании в бассейне на глубокой и мелкой воде являла значительную водорную волну в носу и большое вихреобразование за кормой. Для уменьшения водорной волны в носу и ускорения схода струй в корме теоретический чертеж модели № 58513 был переработан за счет сдвига в носовой части в районе 2—7-го шп. блока, некоторого подъема скулы в корме и придания небольшой килеватости. Как показала испытание модели № 58513—1, с внесенными указанными изменениями произошло незначительное снижение водорной волны, несколько спокойнее стал сходить струй с кормы, снижались сопротивле-

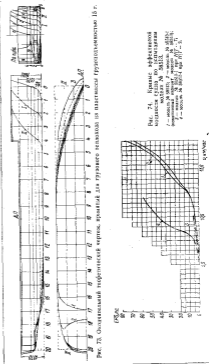


Рис. 74. Оптимальный теоретический чертеж, крайний для грузовой теплохода из пластмассы грузоподъемностью 15 т.

Рис. 75. Крайне эффективной оказалась модель судна по исследованиям модели № 58513.
1 — модель № 58513; 2 — модель № 58513—1; 3 — модель № 58513—2; 4 — модель № 58513—3; 5 — модель № 58513—4; 6 — модель № 58513—5.

В дальнейшем был изменен и теоретический чертеж модели № 58513-1 в направлении спрямления носовых ватерлиний вместо S-образных, благодаря чему снизилась подпорная волна за счет распространения ее вдоль корпуса. В кормовой же части была заострена и опущена скула, что в свою очередь не только

Таблица 23

Главные размеры различных моделей корпуса грузового судна

Наименование	Модель № 58513	Модель № 58513-1	Модель № 58513-II
Длина, м	15,5	15,5	15,5
Ширина, м	3,4	3,4	3,4
Осадка, м	0,6	0,6	0,6
Водоизмещение, м ³	22,6	21,65	21,6
Средняя поверхность, м ²	55,8	54,6	54,9
Абсолютная ПВ, м	-0,362	-0,399	-0,34
Площадь ВЛ, м ²	43,5	42,7	42,5
Абсолютная ПЛ, м	-0,356	-0,37	-0,34
Коэффициент обтекания по площади	0,75	0,667	0,684
коэффициент по площади	0,992	0,992	0,992
коэффициент ПЛ	0,925	0,819	0,867

улучшало сход струй, но и уменьшало дифферент модели на корпус. С указанными изменениями изготовлена модель № 58513-II.

Эта модель оказалась наиболее оптимальной, исходя из условия сопротивления воды движению судна, чем все предыдущие модели, поэтому обводы ее были приняты для грузового теплохода при плавании его в условиях мелкой и глубокой воды.

Окончательный теоретический чертеж, принятый для теплохода грузоподъемностью 15 т, приведен на рис. 73.

Крайне эффективной мощностью грузового теплохода по испытаниям моделей в условиях глубокой и мелкой воды показаны на рис. 74.

§ 22. ВЛИЯНИЕ ВЫСТУПАЮЩИХ ЧАСТЕЙ КОРПУСА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОДЫ

Выступающие части корпуса судна ниже грузовой ватерлинии (гребные валы, кронштейны, засадки, рули и др.), не только повышают сопротивление, но и связываются на работе двигателя. Сопротивление выступающих частей в некоторых случаях достигает 25% от сопротивления голого корпуса. Поэтому при выборе формы выступающих частей и места их расположения

на корпусе судна следует исходить из условия более благоприятного обтекания корпуса и выступающих частей. Проведенные исследования показывают, что рациональнее расположить выступающих частей и в случае хорошего их обтекания иногда даже уменьшает сопротивление. Например, при удачно выбранной обтекаемой форме рулей, согласованной с формой корпуса и гребным винтом, может значительно повыситься эффективность работы двигателя, т. е. к. п. д. винта окажется выше, чем при работе того же винта в свободной воде, причем экономия в расходе энергии мощностью главного двигателя достигнет 8—15%. Такой положительный эффект получается благодаря тому, что сход струй в корме улучшается. Поэтому при проектировании выступающих частей должна быть установлена взаимосвязь между их формой и формой кормовых образований.

Необходимо, чтобы обертывающие выступающих частей были связаны с планой поверхностью подводной части судна и не нарушали линий тока около корпуса судна. Например, большое значение имеет форма выхода гребных валов, которая сказывается не столько на величине сопротивления, сколько на полезном действии винтов. Конструктивное оформление выхода из корпуса гребных валов должно исключать вихреобразование перед винтами, т. е. в местах выхода валов и на кронштейнах должны ставиться обтекатели, сводящие к минимуму возмущение потока.

Следует отметить, что выступающие части у одновинтовых судов, благодаря симметричности их расположения по отношению к винту, не оказывают такого сильного влияния на эффективность винта, как выступающие части двухвинтовых судов.

Единственно верным критерием для рационального выбора обводов кормовой оконечности, согласованной с гребными устройствами и формой выступающих частей, является экспериментальное исследование модели в опытовом бассейне. Модельные испытания позволяют определить сопротивление выступающих частей.

§ 23. ГЛИССЕРУЮЩИЕ СУДА

Вместо обычного способа движения путем расщепления, раздвигания, больших масс воды с целью достижения высоких скоростей применяется способ движения, основанный на деформации, скольжении, по поверхности воды и ижемуемый замедлением. Для использования указанного способа движения создаются специальные быстрходные катера, которые называются глассерами.

Теоретический чертеж глассерирующего катера приведен на рис. 75.

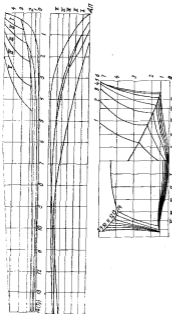


Рис. 15. Теоретический чертеж глиссирующего катера.

Для этого глиссирующего катера приняты следующие главные размерения (в метрах):

Длина надбояка	.....	7
Ширина:		
надбояка	.....	1,8
по скуле	.....	1,6
Высота борта	.....	0,8

Этот катер развивает скорость до 40 км/час. В условиях плавания на мелкой воде приняты для данного катера обводы маловыпуклым, так как движательный комплекс находится ниже основной линии, что может вызывать частые аварии.

Режим глиссирования — скольжение судна по поверхности воды — наступает при относительно высоких скоростях движения. Скольжение характеризуется тем, что корпус судна почти не погружен в воду и располагается над свободной поверхностью, касаясь ее только частью димы, так как при больших скоростях возникает вертикальная составляющая гидродинамических сил, действующих на днище со стороны воды.

Величина этой вертикальной составляющей силы колеблется в значительных пределах и при чистом глиссировании почти равна весовому водоизмещению. Принципиально из режима глиссирования, при котором отсутствуют силы поддержки, может выйти любое судно, однако для получения больших скоростей потребуются большие мощности.

Практически глиссирование начинается при скоростях, соответствующих значению безразмерного числа,

$$\frac{v}{\sqrt{gV^3}} > 3, \quad (31)$$

Таким образом, для перехода на режим глиссирования скорость судна (м/сек) должна удовлетворять соотношению

$$v > 3\sqrt{gV^3}, \quad (32)$$

где V — объемное водоизмещение судна.

Мелкие суда, движущиеся на режиме глиссирования, имеют скорости, соответствующие безразмерному числу,

$$\frac{v}{\sqrt{gV^3}} \text{ (от 3 до 13).}$$

Режим глиссирования характеризуется резким уменьшением сопротивления движению и соответственно увеличением скорости судна.

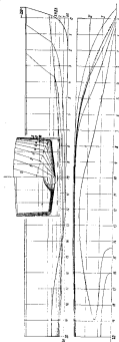


Рис. 76. Теоретический чертеж винтокавера с корпусом из пластмассы.

Выход судна на режим глиссирования начинается при скоростях

$$v < 2\sqrt{gV^2} \quad (33)$$

Возникает дифферент судна на корму. С увеличением скорости движущая носовая часть судна удлиняется и начинает обтекаться под углом атака и набегающему потоку воды. Наличие такого косо го обтекания днища создает вертикальные составляющие гидродинамических сил, величина которых пропорциональна квадрату скорости.

При увеличении скорости движения вертикальная гидродинамическая составляющая становится значительной, благодаря чему начинается выталкивание судна из воды; средняя же осадка судна намного уменьшается по сравнению с судном в статическом состоянии.

Для глиссирующих судов очень важен вопрос о распределении нагрузок по длине от миделя. Если носовая часть слишком перегружена, затруднен выход на режим глиссирования. Вредна также и перегрузка кормы — корма глубоко погружается, вследствие чего увеличивается сопротивление и уменьшается скорость.

При выборе обводов винтокавера из пластмас-

сы для переходного режима плавания в условиях мелкой воды форма обводов принята своеобразными с расположением гребного винта в глубоком тоннеле. Окончательный теоретический чертеж винтокавера приведен на рис. 76.

Благодаря расположению в глубоком тоннеле винт оказывается хорошо защищенным во время плавания судна на мелкой воде и в заторном фарватере.

Автору представилось возможным производить испытания катера с расположением винта ниже основной линии, с корпу-

Таблица 24

Главные размеры различных моделей катера

Наименование	Модель № 38511	Модель № 38511-I	Модель № 38511-II	Модель № 38511-III
Длина, м	7,5	7,5	7,5	7,5
Ширина, м	1,8	1,8	1,8	1,8
Осадка, м	0,3	0,3	0,3	0,3
Водоизмещение, м ³	2,66	2,21	2,306	2,18
Скорость поверхности, м ²	14,4	13,76	13,6	13,62
Абсцисса ЦВ, м	-0,511	-0,47	-0,476	-0,465
Ширина гребня, м	0,78	0,78	0,78	0,845
Площадь ВЛ, м ²	11,37	11,25	11,15	11,22
Абсцисса ЦТ ВЛ, м	-0,500	-0,506	-0,52	-0,500
Коэффициенты:				
обойки винта	0,633	0,546	0,544	0,538
повороты миделя	0,686	0,787	0,790	0,772
повороты ВЛ	0,682	0,834	0,820	0,820

сом, выполненным по теоретическому чертежу, приведенному на рис. 75, и с корпусом из пластмассы, выполненным по теоретическому чертежу на рис. 76, в натурных условиях. Несмотря на то, что главные размеры обоих катеров примерно одинаковы, катер с расположением движителя ниже основной линии при наличии двух пассажиров развивал скорость около 40 км/час, однако при семи пассажирах скорость резко падала и достигала примерно 20—21 км/час, в то время как катер с топливной кормой при одинаковом числе пассажиров развивал на тех же глубинах скорость 24 км/час.

Расположение движителя ниже основной более благоприятно из условия натекания потока, чем расположение движителя в тоннеле.

При выборе обводов для катера из пластмассы были изготовлены четыре модели. Модели протискивались в бассейне Ленинградского кораблестроительного института. Главные размеры их приведены в табл. 24, а кроме эффективной мощности катера из пластмассы (по данным модельных испытаний) — на рис. 77.

Обводы катера с токовыми образованиями кормы следует рекомендовать для судов, плавающих в условиях ограни-

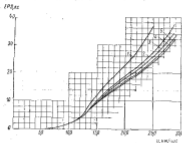


Рис. 77. Кривые эффективной мощности катера по характеристике по данным ведущих установок.

А — модель № 3031; Б — модель № 3031.1 (разновидный вариант модели № 3031); В — модель № 3031.2 (разновидный вариант модели № 3031); Г — модель № 3031.01 (разновидный вариант № 3031); Д — модель № 3031.02 (разновидный вариант № 3031); Е — модель № 3031.03 (разновидный вариант № 3031); Ж — модель № 3031.04 (разновидный вариант № 3031); З — модель № 3031.05 (разновидный вариант № 3031); И — модель № 3031.06 (разновидный вариант № 3031); К — модель № 3031.07 (разновидный вариант № 3031); Л — модель № 3031.08 (разновидный вариант № 3031); М — модель № 3031.09 (разновидный вариант № 3031); Н — модель № 3031.10 (разновидный вариант № 3031); О — модель № 3031.11 (разновидный вариант № 3031); П — модель № 3031.12 (разновидный вариант № 3031); Р — модель № 3031.13 (разновидный вариант № 3031); С — модель № 3031.14 (разновидный вариант № 3031); Т — модель № 3031.15 (разновидный вариант № 3031); У — модель № 3031.16 (разновидный вариант № 3031); Ф — модель № 3031.17 (разновидный вариант № 3031); Ц — модель № 3031.18 (разновидный вариант № 3031); Ч — модель № 3031.19 (разновидный вариант № 3031); Ш — модель № 3031.20 (разновидный вариант № 3031); Щ — модель № 3031.21 (разновидный вариант № 3031); Э — модель № 3031.22 (разновидный вариант № 3031); Ю — модель № 3031.23 (разновидный вариант № 3031); Я — модель № 3031.24 (разновидный вариант № 3031).

ченного по глубине ж засоренного фарватера, а в остальных случаях — самые обводы в корме.

ГЛАВА V

ДВИЖИТЕЛИ

§ 24. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ДВИЖИТЕЛЯМ

Повышение экономичности работы судна зависит не только от вытекания наилучшей формы обводов корпуса, но и от правильного выбора типа движителя. Рациональный выбор типа движителя при правильном определении основных его элементов должен обеспечить получение высокого коэффициента полезного действия двигательной установки. Поэтому всякое несовершенство судового движителя или неправильный выбор типа движителя и главных его элементов неизбежно влечет за собой повышение потребной мощности главной силовой установки и может привести к аварии судна. В свою очередь увеличение мощности главной силовой установки из-за неправильного выбора типа движителя и неграмотного определения его элементов влечет за собой увеличение расхода топлива и смазки и соответственное уменьшение грузоподъемности судна. Таким образом, эффективная работа движителя того или иного типа способствует повышению экономичности работы судна в целом.

Эффективность работы движителя в разных условиях эксплуатации (на глубокой воде или на мелководье) различна. Так, например, при одинаковом коэффициенте качества движителя на судах, обслуживающих большие реки, мощность главного двигателя расходуется более производительнее, чем на судах, обслуживающих малые реки. Это объясняется тем, что условия больших рек не накладывают жестких ограничений на габариты судовых движителей, как это имеет место для движителей судов, предназначенных к плаванию на малых реках. Большие глубины позволяют дать судам достаточную осадку и тогда получают движители, оптимальные по габаритам. Ограниченные глубины требуют уменьшения осадки судна и соответствующего уменьшения габаритов движителя, что снижает пропульсивные качества движителя.

Для пластмассовых судов применимы следующие типы гребных движителей: гребное колесо, вилт, вилт в насадке и водометный движитель.

По размещению на судне различают кормовое и бортовое расположение гребных колес. По конструкции рабочие колеса подразделяют на двухопорные и одноопорные, с наружным ободом и без него. Простые и двойные двухопорные рабочие колеса применяют тогда, когда требуется достижение наибольшей площади гидравлического сечения.

Одноопорные колеса применяют, когда не требуется особенно большое гидравлическое сечение. Составными частями конструкции рабочего колеса с поворотными лопастями являются: основной рабочий орган — плечи или лопасти с устройством для их крепления — бабками и полубабками; несущая лопасти конструкция, включающая в себя патроны (ступени), спицы, ободы — внутренний и наружный, раскосые и прямые связи; вал с подшипниками и поворотный эксцентриковый механизм, эксцентрик, бугель, поводки, валики, пальцы и т. п.

К преимуществам движителя, состоящего из рабочего колеса, следует отнести высокую эффективность отдачи энергии, что очень важно, особенно в условиях мелководья. Коэффициент качества гребных колес колеблется в пределах от 0,6 до 0,85.

К недостаткам следует отнести то, что наличие гребных колес на судне требует увеличения габаритов судов по длине или ширине. Гребные колеса чрезвычайно громоздки, трудоемки при изготовлении, имеют высокую стоимость и требуют частого ремонта. Увеличенный вес судна, вызванный установкой гребного колеса, может свести к минимуму выигрыш в весе корпуса от перехода с металлической конструкции на пластмассовую.

Указанные недостатки ограничивают применение гребных колес на пластмассовых судах.

§ 26. ГРЕБНЫЕ ВИНТЫ

В отличие от гребных колес гребной винт является движителем исключительно простым как по конструкции, так и по изготовлению. В эксплуатации он не требует специального ухода и служит продолжительное время. Винт обладает относительно малым весом, малой трудоемкостью и низкой стоимостью изготовления.

Винт, принятый для грузового теплохода грузоподъемностью 150 т, показан на рис. 78.

По коэффициенту качества гребной винт не уступает гребному колесу. Винтовая движительная установка не увеличивает габаритов судна, но требует для нормальной работы соответствующей осадки. Последним обстоятельством и суживается граница применения гребных винтов для речных пластмассовых судов, плавающих чаще всего в условиях малых рек.

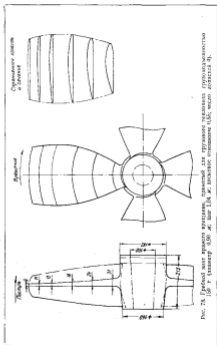


Рис. 78. Гребной винт грузового теплохода грузоподъемностью 150 т (диаметр 0,96 м; расстояние от осей 0,85; число лопастей 4).

В настоящее время гребные винты широко применяют на судах, которые плавают как на глубоководных реках и озерах, так и на малых реках. Для уменьшения нагрузки мощности на гидравлическое сечение и увеличения к.п.д. гидромеханического комплекса на относительно мелководных судах применяют тоннельные образования корпуса в кормовой оконечности, позволяющие устанавливать гребные винты диаметром, равным и превосходящим грузовую осадку судна. Коэффициент качества гребных винтов колеблется от 0,35 до 0,75. Таким образом, гребной винт является наиболее совершенным из существующих движителей как по гидромеханическим качествам, так и по конструкции и эксплуатационным показателям. Материалом для изготовления винтов служит преимущественно сталь.

Для малотоннажных судов используют, как правило, сварные винты, реже литые. В меньшей степени распространены чугунные винты, которые хотя и имеют небольшую стоимость, но чувствительны к ударам о грунт, что делает их ненадежными в эксплуатации, особенно при работе на мелководье.

В настоящее время разрабатываются конструкции винтов из синтетических материалов. В иностранной практике находят широкое применение вайлоновые винты, причем вайлоновые винты изготавливаются цельнотянутыми и отдельными доплатами, которые крепятся к металлической ступице.

Викт в направляющей насадке. Примерно с 1930 г. винтовые суда получили новое и коренное усовершенствование, заключающееся в размещении винта в направляющей насадке.

Профилировка направляющей повороткой и неповоротной насадок одинаковая, за исключением буревой части, которая закрепляется постоянно к корпусу или к баллеру.

Теоретический чертёж поворотной направляющей насадки, принятый для грузового теплохода грузоподъемностью 150 т, приведен на рис. 79.

Направляющая насадка в значительной степени повышает полезное действие движительной установки. Движительная установка — гребной винт — в направляющей насадке имеет коэффициент качества 0,8—0,9. Увеличение к.п.д. движительной установки происходит в основном за счет улучшения условий работы гребного винта вследствие повышения скорости потока, проходящего через площадь, сметаемую винтом и стесненную профилированной кольцевой насадкой. При этом ликвидируются концевые потери, а увеличение скорости потока в насадке создает подъемную силу, составляющую которой в направлении движения судна увеличивается упор движителя. Вместе с тем насадка является ограждающим устройством для винта.

Направляющие насадки могут успешно выполняться из стеклопластика на докифированной или эпоксидной основе. Профили продольных сечений насадок похожи на профиль крыла

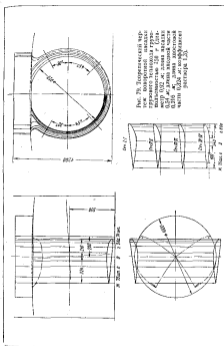


рис. 79. Теоретический чертёж поворотной насадки грузового теплохода грузоподъемностью 150 т. Диаметр $D=2,2$ м; длина насадки $L=1,2$ м; диаметр винта $d=0,210$ м; длина ходовой части $0,228$ м; коэффициент качества 1,33.

самолета и выпуклостью обращены внутрь кольца, профили поперечных сечений — кольцеобразной формы.

Изготовление направляющей насадки не вызывает особых затруднений. Насадка обладает малым весом, все затраты, связанные с установкой насадки, быстро окупаются.

Простота конструкции насадки и большой создаваемый ею эффект сделали комплекс винта-насадки наиболее рациональным и эффективным двигателем.

Для уменьшения потерь, связанных с закручиванием потока винта, применяют контрпропеллеры и обтекатель руля. Постоянная насадка с одним профилированным рулем показана на рис. 80.



Рис. 80. Насадка с одним профилированным рулем.

Контрпропеллер представляет собой направляющее устройство в виде неподвижных лопаток, укрепленных на корпусе судна или в направляющей насадке. По расположению различают три основных типа контрпропеллеров: 1) устанавливаемые позади винта; 2) устанавливаемые впереди винта; 3) донбальные, представляющие собой сочетание конструкций первых двух типов.

Контрпропеллер, расположенный позади винта, использует дополнительные подъемные силы, возникающие вследствие закручивания потока позади винта. Неподвижные лопасти контрпропеллера устанавливаются под таким углом, чтобы закручивание струи воды, отбрасываемой винтом, ликвидировалось.

Контрпропеллер, расположенный впереди винта, закручивает поток, поступающий в диск винта, в сторону, обратную закручиванию винта, с тем чтобы струя воды, покидая винт, имела осевое направление.

Контрпропеллеры не получили широкого распространения, так как работают наименее эффективным образом только при одном режиме работы двигателя, при других режимах увеличиваются потери на сопротивление дополнительных выступающих частей, образованных контрпропеллером.

Эффективным средством уменьшения потерь от закручивания потока является профилированный руль обтекательной формы двуконвексного профиля. Насадка и положение таких профилированных рулей показаны на рис. 81.

Влияние руля на работу винта проявляется в создании дополнительного упора, причем увеличение к. п. д. винта достигает 5—8%.

Этими же профилированными рулями осуществляется управление судном.

Винт в поворотной насадке. Поворотные насадки (рис. 82) применяются как высокоэффективный орган управления судном и как средство повышения гидромеханических качеств движителя, поэтому применение поворотных насадок на судах, плавающих в условиях магистральных рей, желательно. При использовании поворотных насадок отпадает необходимость в наличии рулей на судне. Кроме того, опыт эксплуатации доказал, что суда с неподвижными насадками теряют управляемость при зыбком ходе, в то время как поворотные насадки обеспечивают судну хорошую управляемость и на зыбком ходе.

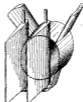


Рис. 81. Насадка с двумя профилированными рулями.



Рис. 82. Поворотная насадка.

При повороте насадки получается некоторый угол сноса потока. Работа винта в условиях косого натекания оказывает большое влияние на взаимодействие винта с насадкой и на управляемость судна.

Установлено, что:

а) косое натекание воды на винт приводит к нестационарным, периодически изменяющимся условиям обтекания его лопастей, причем с увеличением угла сноса возрастают амплитуды нагрузки лопастей;

б) при работе винта в косом потоке суммарные величины упора и момента лопастей уменьшаются в течение оборота с частотой, равной числу оборотов гребного винта;

в) косое натекание воды на винт приводит к возникновению поперечной силы, действующей в плоскости диска гребного винта в направлении, обратном его поперечному движению. Величина этой силы возрастает с увеличением угла сноса потока и относительной поступи, при которой работает винт.

Навличие поперечной силы приводит к снижению коэффициента полезного действия гребного вала и оказывает стабилизирующее влияние на управляемость и качку судна.

При конструировании поворотных насадок следует учитывать некоторые их особенности.

Поворотные насадки более сложны в изготовлении и эксплуатации, чем неподвижные насадки и рули. Тщательность изготовления рулевых приводов и хорошее техническое состояние их являются необходимыми условиями надежной эксплуатации поворотных насадок.

При навличии слабых в рулевом приводе поворотных насадок получает возможность самопроизвольной перекачки на углы допускские слабый привода, в результате чего появляется поперечная рулевая сила, и судно теряет устойчивость на курсе. Большие рулевые силы возникают у поворотных насадок только при работающих вихрях. В случае движения вперед с лавозо-ренными машинами управляемость поворотных насадок резко падает и может оказаться недостаточной для безопасности судна. Последнее обстоятельство ограничивает применение поворотных насадок на судах, которые плавают на водных путях с малыми радиусами закругления и в кавалах, где скорость движения судов невелика.

§ 27. ВОДОМЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Водометные двигатели в настоящее время нашли широкое применение на судах, плавающих в условиях малых рек.

Основн плавания на извилистых и засоренных реках с ограниченным фарватером по глубине и ширине резко отличаются от условий плавания на магистральных глубоководных реках. Суда для мелководных рек должны иметь небольшие габариты, малую осадку, хорошую управляемость на переднем и заднем ходу и хорошие пропульсивные качества. В таких условиях плавания водометный двигатель оказался наиболее оптимальным, как с точки зрения обеспечения соответствующих пропульсивных качеств судна, так и с точки зрения защищенности его и рулевого устройства от помех.

Водометный двигатель в большинстве случаев представляет собой трубу плавных очертаний, устанавливаемую в кормовой части судна и имеющую входное отверстие в днше судна или водородок с носа и выходное отверстие, расположенное в транце. В трубе устанавливается пропеллерный насос, рабочее колесо которого связано с валом двигателя. При работе двигателя вода забирается насосом через входное отверстие водометной трубы и выбрасывается через выходные отверстия за корму судна. Реакция выбрасываемой струи создает упор двигателя, за счет чего и обеспечиваются ходовые качества судна.

Водометные двигатели по характеру выброса струи воды

подразделяются на два типа: 1) с выбросом воды в атмосферу и 2) с выбросом струи в воду.

Водометные двигатели с выбросом струи в воду. В 1944 г. проф. И. М. Козакович предложил конструкцию двигателя, назван его пропеллерно-шелевым. В принципе это пропеллерно-шелевой двигатель и есть водометный двигатель с выбросом струи в воду.

На рис. 83 показан двигатель конструкции проф. И. М. Козаковича. Двигатель состоит из трубы, рабочего колеса, осевого насоса и руля, расположенного за выходным отверстием.

Работа двигателя сводится к тому, что рабочее колесо, помещенное в трубу, при вращении забирает воду через входное отверстие и выбрасывает ее через выходное отверстие, расположенное на корме.



Рис. 83. Водометный двигатель конструкции И. М. Козаковича.

1 — труба; 2 — рабочее колесо; 3 — руль.

Водометная труба не отбрасывает воду рабочим колесом параллельно оси вращения вала, вследствие чего уменьшается упор двигателя. Кроме того, принятая конструкция водометной трубы не обеспечивает управляемость судна на заднем ходу. Сложность формы конструкции водометной трубы в свою очередь усложняет конструкцию корпуса судна в кормовой его части.

Проведенные натурные испытания этого двигателя в 1961 г. для сравнительно небольшого судна показали, что изменение осадки судна в пределах 25—30% практически не влияет на кривые эффективности действия рабочего колеса, расположенного в трубе, а также на полезную тягу двигателя в целом.

К недостаткам двигателя следует отнести: плохую управляемость, недостаточную скорость на заднем ходу и незащищенность руля от повреждений при плавании в условиях малых рек.

В журнале «Шибидинг энд Шепинг» № 4 за 1930 г. приводится описание водометного двигателя Гилла, которым были оборудованы многие суда длиной от 3,7 до 37 м (заметное из них успешно эксплуатировалось на протяжении 12 лет).

На рис. 84 приведена схема двигателя конструкции Гилла. Двигатель состоит из трубы, рабочего колеса, осевого насоса,

вырававшегося аппарата контроллера, обтекателей, корпуса проPELLерного насоса, баллера и многоструйный дефлектор.

Работа двигателя сводится к тому, что рабочее колесо, помещенное в трубу, при вращении забирает воду через входное отверстие и выбрасывает ее через многоструйный дефлектор в воду. Для уменьшения потерь, связанных с закручиванием струи, за рабочим колесом предусмотрен контроллер. Контроллер устроен в виде неподвижных профилированных лопаток, закрепленных в корпусе проPELLерного насоса.

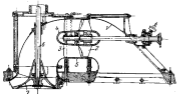


Рис. 84. Схема водометного двигателя конструкции Гилла.
1 — вал; 2 — рабочее колесо; 3 — контрольный аппарат контроллера; 4 — балала; 5 — корпус проPELLерного насоса; 6 — многоструйный дефлектор.

Из рис. 84 видно, что вода всасывается вверх под углом около 60° к горизонту, проходит насос, который нагнетает ее через сопла дефлектора вниз под углом около 15° к горизонту.

Управление судном осуществляется путем поворота баллера, на котором жестко насажен дефлектор. Поворот дефлектора влечет за собой изменение направления нагнетаемой струи, благодаря чему судно управляется.

Задний ход (реверс) судна осуществляется поворотом дефлектора (горизонтального руля) под углом 180° , т. е. в этом случае струя воды выбрасывается в направлении носовой части судна.

При двухваловой установке и одновременном встречном или противоположном направлении струй обеих установок (перпендикулярно ДП) судно может стоять на месте. В случае поворота обеих откателей (дефлекторов) на борт судно может перемещаться лавом.

Водометный двигатель Гилла подкупает простотой конструкции и надежностью эксплуатирующей его в условиях глубокой воды.

В условиях мелководья водометный двигатель Гилла нельзя рекомендовать к установке, так как всасывание воды вверх под углом около 60° будет создавать высокие присосы корпуса к дну реки, а выступающая ниже основной линии часть дефлектора потребует или увеличения осадки судна, или уменьшения его грузоподъемности. Для применения двигателя в условиях мелководья необходимо устройство более плавного всасывающего патрубка и подъем дефлектора выше основной линии, что в очередь потребует изменения кормовых обводов с устройством местного тоннеля.

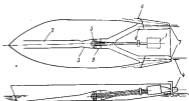


Рис. 85. Схема водометного двигателя системы А. П. Кузьма.
1 — главный двигатель; 2 — водометный насос; 3 — диффузор; 4 — дефлектор; 5 — проPELLерный вал; 6 — канал заднего хода; 7 — станина насоса; 8 — патрубок заднего хода; 9 — контрольный аппарат.

Водометные двигатели с выбросом воды в атмосферу. Катер с водометным двигателем системы проф. А. П. Кузьма приведен на рис. 85.

Как видно из рисунка, главный двигатель расположен в кормовой части судна. Водометный двигатель состоит из водоподводящего канала (прямевого тоннеля), диффузора, дефлектора (двух рулей), проPELLерного насоса, тройника управления и конических сходившихся насадок для переднего и заднего хода.

Двигатель проф. А. П. Кузьма работает следующим образом: ст насоса вода подается к двум главным трубопроводам, оканчивающимся коническими насадками, расположенными в надводной части, на трансе судна, у бортов, т. е. выброс воды производится в атмосферу несколько выше уровня грузовой палубы.

Для получения заднего хода по бортам судна размещены также же конические насадки, направленные под углом 15° к диаметральной плоскости. Вода к насадкам поступает из трой-

ников, смонтированных в главные трубопроводы. В каждом тройнике вмонтированы две кинематически связанные дроссельные затворки, одна из которых перекрывает путь воде к бортовым насадкам заднего хода, а вторая пропускает воду к кормовым насадкам переднего хода.

С помощью рычагов осуществляется управление дроссельными заслонками тройников. Для разворота и поворота на месте одна сторона системы работает против другой в обратном направлении. При стоянке на месте открываются все четыре заслонки дросселя и вода сразу выбрасывается из всех заслонок.

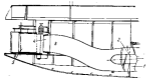


Рис. 86. Водометный двигатель системы М. Д. Хренякова.

1 — приемная воронка; 2 — турбинный колесо насоса; 3 — насадка; 4 — рулевое устройство.

К преимуществам судов с таким двигателем следует отнести высокую проходимость, и недостаткам — низкие пропульсивные качества и гидравлические удары в трубопроводах. Конструкция двигателя чрезвычайно усложнена по сравнению с двигателями проф. И. М. Копалова, инж. М. Д. Хренякова и схемами, разработанными ЦТКБ и ЛНВТ.

В 1940—1941 гг. М. Д. Хреняков предложил водометный двигатель для мелкоякорного буксирного катера с выбросом воды в атмосферу, т. е. несколько выше грузовой ватерлинии. Гребное устройство этого водометного двигателя состоит из приемной воронки, трехлопастного осевого насоса, направляющего аппарата, напорной трубы и насадки, причем насадка расположена выше грузовой ватерлинии (рис. 86). Поступающая вода в двигатель осуществляется из носовой части через туннель, проходящий по всей длине судна. Туннель представляет собой подводный канал прямоугольной формы, расположенный от носа судна до входного отверстия всасывающего трубопровода двигателя. Для предохранения от попадания зарослей и посторонних предметов у входного отверстия всасывающего трубопровода двигателя под углом к ватерлинии размещена

решетка. Рулевое устройство состоит из корытчатого руля. На этом корытчатом руле смонтированы два дефлектора (заслонки), обеспечивающие судну задний ход и различные маневренные качества. Двигатель работает следующим образом: от насоса вода через выкидной патрубок попадает в насадку, а из насадки — в корытчатый руль. Поворот корытчатого руля меняет направление выбрасываемой струи и тем самым изменяет направление хода судна. Корытчатый руль расположен над площадкой в кормовой части судна выше грузовой ватерлинии, благодаря чему он надежно защищен от повреждения при плавании в условиях малых рек.

Для высокопроизводительной работы двигателя профилировка лопастей рабочего колеса производится, как для рабочего колеса пропеллерного насоса. Контрольвалер расположен за рабочим колесом и предназначается для выправления струи воды, отработываемой насосом от закручивания.

Как указывалось выше, условия плавания на мелких реках резко отличаются от условий плавания на магистральных водных путях, поэтому основное внимание рулевого должно быть направлено на быстро меняющуюся обстановку пути. Это заставляет сосредоточить все оперативное управление судном в рулевой рубке, в том числе управление часлом оборотов главного двигателя, вышедшего из моторного отделения. В силу того, что за счет обратного вращения рабочего колеса насоса невозможно осуществлять реверс при принятом расположении двигателя, реверс, а также стоянка судна на месте при работающем главном двигателе, осуществляются за счет изменения положения дефлекторов, расположенных в кормовой части корытчатого руля. Корытчатый руль поворачивается под углом 35° и благодаря этому осуществляется управление судном. Положение «задний ход» достигается закрытием дефлекторов. Такое положение дефлекторов заставляет поток воды, выбрасываемый и корытчатый руль, после прохождения через дефлектор менять направление реакции в обратную сторону, благодаря чему судно отработывает задний ход.

Разные положения корытчатого руля и дефлекторов показаны на рис. 87.

Управление корытчатый рулем может осуществляться из рулевой рубки штурвалной лебедкой через валковую или штуртросную проводку. Управление положением дефлектора осуществляется также из рулевой рубки с помощью край-манипулятора или рычажного устройства. Край-манипулятор или рычажное устройство позволяет рулевому устанавливать дефлекторы в крайние положения, соответствующие переднему и заднему ходу, и в среднее положение, при котором половина струи двигателя отбрасывается в нос судна, а другая половина струи идет в направлении кормы судна. В этом положении дефлекторов судно стоит на месте.

Проведенные испытания моделей корабчатого руля с дефлекторами показали, что можно найти такое положение для осей дефлекторов, при котором усилие по закрыванию и открыванию дефлекторов получается небольшим, благодаря чему осуществляется управление с помощью обычной штурвальной проводки, а это значительно упрощает управление дефлекторами, так как позволяет отказаться от сжатого воздуха на судне.

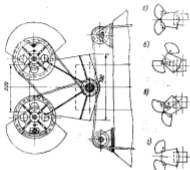


Рис. 47. Схема рулевого и реверсивного устройств.

В поясн. схеме: а — закрытый дефлектор, б — частично открытый дефлектор, в — открытый дефлектор, г — открытый дефлектор в обратном направлении. 1 — ось дефлектора, 2 — ось руля, 3 — ось руля, 4 — ось дефлектора.

Из натурных испытаний судов с подометными двигателями системы инж. М. Д. Хрешникова установлено, что скорость судна на заднем ходу составляет примерно 30—40% скорости переднего хода.

Водометный двигатель системы М. Д. Хрешникова является весьма эффективным двигателем с точки зрения защищенности его и рулевого комплекса при плавании на малых реках. Однако наличие туннельных образований по всей длине корпуса грузового теплохода, как это предусмотрено на сравнительно коротких судах, оборудованных двигателями системы М. Д. Хрешникова, является нецелесообразным.

Устройство туннеля привело бы к уменьшению грузоподъемности судна или соответственно к увеличению осадки, что неприемлемо для судов, предназначенных к плаванию в условиях малых рек. Наличие туннеля по всей длине судна увеличило бы также смочившую поверхность корпуса и сопротивление трению, значительно усложнило бы конструкцию корпуса и технологию постройки судна.

Кроме того, наличие туннеля имеет и эксплуатационные недостатки, так как при работающем проPELLерном насосе в туннель будут всасываться вместе с водой заросли и древесина (если судно работает на участках, где производится малая сляка). Отсюда возможны частые поломки рабочих органов и снижение к.п.д. двигателя ввиду загрязнения оградительной решетки. Поэтому подсос воды к всасывающему трубопроводу следует обеспечивать за счет устройства местного расширения туннеля в кормовой части судна, переходящего в подводящую трубу осевого проPELLерного насоса.

По указанным причинам на судах, предназначенных к плаванию в условиях малых рек, подводящий канал исключается, а предусматривается туннельное образование в районе приемного патрубка проPELLерного насоса.

Таким образом, основными преимуществами водометного двигателя системы М. Д. Хрешникова являются:

- а) высокие пропульсивные качества двигателя;
- б) хорошая управляемость судна на переднем и заднем ходу;
- в) полная защищенность рулевого комплекса от возможности соприкосновения с грунтом или предметами, засоряющими фарватер;
- г) взведходность благодаря способности размывать грунт.

Водометный двигатель системы М. Д. Хрешникова имеет также некоторые недостатки, которые частично ограничивают его применение в канальных условиях. Выбрасываемая струя воды сильно размывает берега каналов, особенно на закрутках. Этот тип двигателя может быть рекомендован к внедрению для судов с осадкой 0,6—0,8 м, при дальнейшем увеличении осадки применение двигателя становится нецелесообразным, так как в этом случае будут значительными потери двигателя на подъем выбрасываемой струи. Кроме того, при осадке судна 0,8 м и выше уже может быть выбран оптимальный по диаметру винт для двигателей мощностью до 300 л.с. Такой винт в направленной каскаде окажется более эффективным не только в отношении пропульсивных качеств, но и по затратам материальных средств: винт в каскаде проще и дешевле водометного двигателя.

Водометные двигатели с горизонтальным выбросом струи. Для снижения потерь, вызываемых подъемом струи в подометных двигателях при задвине

выбросе ее, ЦТКБ МРФ совместно с ЛИВТ разработал ряд схем водометных движителей с прямым горизонтальным выбросом струи.

Водометный движительный комплекс с прямым горизонтальным выбросом струи представляет собой водоприемник в виде разбитого тоннеля, расположенного в кормовой части судна и плавно переходящего в водометную трубу. Тоннель частично раскрывается с бортов, благодаря чему обеспечивается подтекание воды к движителю в условиях предельного мелководья.

Произведенные натурные испытания судов с горизонтальными водометными движителями показали, что тяговые характеристики этих судов значительно выше, чем у судов с надводным выбросом струи. Увеличение тяговых показателей достигает 15% по сравнению с надводным выбросом струи.

Нами будут рассмотрены 4 конструктивные схемы водометных движителей с горизонтальным выбросом струи.

На рис. 88 приведена схема водометного движителя конструкции М. Д. Хреникова с направленной горизонтально трубой. К преимуществам этой схемы следует отнести несколько улучшенные тяговые показатели. Однако вследствие того, что заслонки находятся в воде, увеличивается сопротивление движению судна, а при плавании в мелководном льду значительно ухудшается управление судном и обработка реверса.

На рис. 89 показана схема водометного движителя, у которого также предусматривается горизонтальный выброс струи, однако вместо корыччатого руля имеется пластинчатый балансирующий диаметральный руль, а для получения заднего хода применены дефлекторы (заслонки) несколько измененной конструкции. Движитель этой конструкции обладает теми же недостатками, что и конструкция М. Д. Хреникова.

Приведенный на рис. 90 водометный движитель имеет один диаметральный обтекаемый руль и по одной заслонке измененной конструкции с каждого борта. Задний ход осуществляется путем закрывания заслонок. Движитель этой конструкции обладает такими же недостатками, как и движители первых двух конструкций.

На рис. 91 показана схема водометного движителя с горизонтальным выбросом струи. В отличие от ранее приведенных схем движитель этой конструкции состоит из двух балансирующих обтекаемых рулей, расположенных на симметричном расстоянии от диаметральной плоскости. Судно управляется как бы двумя нормальными рулями.

Задний ход осуществляется вращением рулей относительно осей балансира до смыкания пера левого и правого руля в диаметральной плоскости.

Как показали натурные испытания, эта конструкция движителя обеспечивает хорошую управляемость судна на переднем и заднем ходу и довольно высокие тяговые показатели.

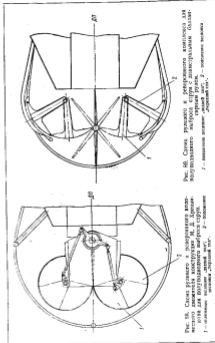


Рис. 88. Схема рулевого и реверсивного комплексов для водометного выброса струи с направленной балансирующей трубой.
1 — балансирующий пластинчатый руль, 2 — заслонка (дефлектор) хода.

Рис. 89. Схема рулевого и реверсивного комплексов водометного движителя конструкции М. Д. Хреникова для водометного выброса струи.
1 — балансирующий диаметральный руль, 2 — заслонка (дефлектор) хода.

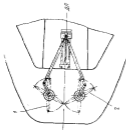


Рис. 91. Схема реверсивного и регулируемого сопла с вертикальным движком.
1 — движком реверса; 2 — сопло.
— канал трубопровода.

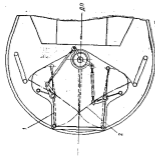


Рис. 92. Схема реверсивного и регулируемого сопла для водоизмещающего выброса струи в движком реверса и регулируемом сопле.
1 — движком реверса; 2 — сопло.
— канал трубопровода.

Наиболее распространенными водометными двигателями являются двигатель конструкции М. Д. Хрепникова выбросом струи в атмосферу (см. рис. 86) и двигатель с горизонтальным выбросом струи, у которого руль расположен в диаметральной плоскости и с каждого борта имеется по одной заслонке (см. рис. 90).

При относительно малых скоростях движения судна (до 11 км/час) водометные двигатели с горизонтальным выбросом струи имеют более высокие тяговые показатели, чем двигатели с выбросом струи в атмосферу. Заслонки заметно увеличивают сопротивление воды движению судна. По этой причине при относительно больших скоростях движения водометные двигатели с выбросом струи в атмосферу предпочтительнее, чем с горизонтальным выбросом.

Все указанные типы двигателей начинают работать при осадке, когда вода заполняет трубопровод до ступицы насоса.

ГЛАВА VI
МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В РЕЧНОМ
СУДОСТРОЕНИИ

§ 23. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Выбор пластмассы как конструктивного материала для постройки судов необходимо обосновать путем сопоставления с другими, широко применяющимися в судостроении материалами — сталью и дюралюминием.

Решающим фактором при выборе материала является стоимость постройки, которая определяется стоимостью и физико-механическими свойствами материала, а главным образом технологичностью конструкции и возможностью механизации построечных работ.

В табл. 25 приведены некоторые сравнительные данные о пластмассах, состоящих из полиэфирной смолы, с наполнителями из стекловолокна, со сталью Ст. 3 и дюралюминием.

Сравнивая удельную прочность армированной стекловолокном пластмассы со сталью Ст. 3 и дюралюминием (см. табл. 25), мы убеждаемся, что удельная прочность пластмассы с разными наполнителями выше, чем у стали Ст. 3 в 2,3—10,1 раза и выше чем у дюралюминия в 3,4 раза.

§ 24. УГЛЕРОДИСТАЯ СТАЛЬ

В речном судостроении применяется горячекатаная сталь обыкновенного качества и конструкционная углеродистая сталь повышенного качества.

Промышленность Советского Союза поставляет углеродистую горячекатаную сталь обыкновенного и повышенного качества по ГОСТ 380—57, углеродистую горячекатаную сталь специально для судостроения — по ГОСТ 5521—50.

Следует иметь в виду, что углеродистая сталь обыкновенного и повышенного качества по ГОСТ 380—57 в зависимости от назначения и гарантируемых характеристик подразделяется на три группы:

- I — сталь, поставляемая по механическим свойствам;
- II — сталь, поставляемая по химическому составу;
- III — сталь повышенного качества, поставляемая одновременно по химическому составу и по механическим свойствам.

Таблица 25

Сравнительные данные о некоторых конструкционных материалах

Наименование материала	Содержание углерода в стали, %	Прочность в тоннах		Модуль упругости, 10 ⁶ кг/см ²	Вязкость по Шарпану, кг/см ²	Удельная прочность (отношение предела прочности к удельному весу)
		статическая	разрывная			
Полиэфирная смола с лессом	—	500—1 000	250—500	0,022	0,3—0,4	4,15—6,20
		3 100	1 320	0,13	0,3—0,5	12,4—13,10
Армированная пластмасса из смолы полиэфирной смолы и стекловолокна или заготовок из армированного стекловолокна	33	4 250	2 750	0,25	0,3—0,5	24,30
		10 000	8 000	—	0,2	34,10
То же из смолы стиролаковой полимеризованной перекисью	65	4 500	3 000—3 200	0,8	—	10
		4 200	4 200	2,25	—	5,35
Дюралюминий	—	—	—	—	—	—
Сталь Ст. 3	—	—	—	—	—	—

В речном судостроении применяется большей частью сталь группы I, которая выплавляется в мартеновских печах. Бессемеровская сталь в речном судостроении не применяется.

Таким образом, для стали группы I, применяемой в речном судостроении, гарантируемыми характеристиками являются предел текучести, временное сопротивление разрыву и относительное удлинение, определяемое при испытании на растяжение стали после горячей прокатки.

Таблица 26

Механические и технологические свойства углеродистой стали некоторых марок по ГОСТ 380-57

Марка стали	Минимальное значение предела текучести (в кПа) по результатам механической прокатки			Предел временного сопротивления разрыву, кПа	Относительное удлинение, %			Испытание на изгиб (180°) в холодном состоянии (с — показание изгиба, d — диаметр образца)
	1	2	3		при пределе временного сопротивления разрыву, кПа	в %		
						d ₀	l ₀	
Ст. 1	—	—	—	32—40	30—41	28	33	d = 0
Ст. 2	22	21	21	34—42	34—42	26	31	
Ст. 3	25	24	23	40—50	44—43	23	27	
					44—47	22	26	d = d
					46—50	21	25	
Ст. 4	26	25	24	42—54	42—44	20	25	
					45—49	20	24	d = 3a
					48—52	19	23	
Ст. 5	29	28	27	50—62	51—53	17	21	
					54—57	16	20	
					58—62	15	19	
Ст. 6	32	31	31	60—72	60—63	13	16	
					64—67	12	15	
					68—72	11	14	

Сталь Ст. 2, Ст. 3, Ст. 4 и Ст. 5 по ГОСТ 380—57 допускается применять для строительства судов внутреннего плавания. Свойства и состав этих сталей должны удовлетворять одновременно ГОСТ 5221—50; например, сталь Ст. 2 должна соответствовать стали Ст. 2С, Ст. 3 — Ст. 3С, Ст. 4 — Ст. 4С и Ст. 5 — Ст. 5С.

Судостроительная горячекатаная углеродистая сталь, поставляемая промышленностью по ГОСТ 5521—50, в зависимости от назначения подразделяется на две группы:

I группа — сталь, предназначенная для постройки корпусов морских кораблей и вспомогательных судов, строящихся на класс Морского Регистра.

II группа — сталь, предназначенная для постройки корпусов судов внутреннего плавания.

Сталь обеих групп должна выплавляться в мартеновских печах.

ГОСТ 5521—50 также предусматривает, что по механическим и технологическим свойствам сталь группы II марок Ст. 2, Ст. 3, Ст. 4 и Ст. 5 должна удовлетворять нормам ГОСТ 380—57 с обязательным определением предела текучести, который является браковочным признаком. Гарантируемые свойства углеродистой стали обыкновенного качества приведены в табл. 26.

§ 30. НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЕ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ СТАЛИ

В последнее время в речном судостроении, главным образом в корпусостроении, начали внедрять низколегированные стали, так как углеродистая сталь характеризуется относительно невысоким пределом текучести и небольшой глубиной фазоватера, требует максимальное уменьшение осадки судна, что приводит к необходимости выбора материала из условия снижения несущих показателей основных корпусных несущих конструкций.

Улучшение механических свойств углеродистой стали за счет увеличения в ее составе углерода, влечет за собой снижение относительного удлинения, в это недопустимо.

Указанные причины заставляют искать материалы для корпусостроения с более высокими прочностными показателями. Из всех выпускаемых промышленностью марок низколегированных сталей в речном судостроении нашли применение: СХЛ-3 (старое название ИЛ1) и СХЛ-2 (старое название ИЛ2). Сталь СХЛ-3 применяется для изготовления несущих конструкций и заклепок, сталь СХЛ-2 — только для металлических конструкций.

Сталь обеих марок восстанавливается без термической обработки. Химический состав и механические свойства стали СХЛ-3 и СХЛ-2 приведены в табл. 27 и 28.

Как видно из этих таблиц, несмотря на низкое содержание углерода (ниже 0,20%), сталь СХЛ имеет довольно высокие механические свойства, благодаря чему она нашла применение в речном судостроении.

Сталь СХЛ-2 вполне удовлетворительно сваривается, однако, хотя механические свойства сварного соединения получаются близкими к свойствам основного металла, предел текучести достигает 42—46 кг/мм² против 34—35 кг/мм² для основного металла.

К недостаткам, ограничивающим применение высоколегированных сталей в речном судостроении, следует отнести их высокую

Таблица 27

Химический состав высоколегированной стали по ГОСТ 9085—57

Марка стали	Содержание элементов, %							серь	фосфор не более
	углерод	хромист	хромист	хром	никель	медь	сера		
НЛ1 (СХЛ-3)	<0,15	0,5—0,80	3—4,5	0,5—0,80	3—4,70	3—0,3	0,045	0,04	
НЛ2 (СХЛ-2)	0,12—0,180	0,5—0,80	3—5	0,5—0,80	3—4,70	3—0,3	0,045	0,04	

Таблица 28

Механические свойства высоколегированной стали по ГОСТ 9085—57

Марка стали	Предел прочности на разрыв, МПа	Предел текучести по длине, МПа		Среднее значение ударной вязкости, МПа·м	Ударная вязкость, МПа·м	Характерная вязкость, МПа·м	Характерная вязкость, МПа·м
		при температуре 20°C	при температуре 0°C				
НЛ1 (СХЛ-3)	>42	30	30	30	10	8	4—4
НЛ2 (СХЛ-2)	48—63	35	34	16	8	5	4—2a

кую стоимость по сравнению с углеродистой сталью, чувствительность к надрезам и некоторую склонность к образованию трещин.

§ 31. ЛЕГКИЕ СПЛАВЫ

Алюминиевые деформируемые сплавы применяются в речном судостроении для строительства судовых надстроек, дымовых труб, мачт, переборок, спусковых шлюзбалок, трампов и катного оборудования, палубного оборудования и других деталей, а также как материал для набора и обшивки корпуса небольших судов.

К главным преимуществам легких сплавов относятся:

- 1) малый удельный вес;
- 2) относительно высокие механические свойства;
- 3) хорошая коррозионная стойкость;

4) легкая обрабатываемость резанием;

5) относительно большая легкость по сравнению со сплавами тяжелых металлов в получении изделий путем отливки, а также горячей и холодной обработки, как прокатки, прессование, ололение, ковка, штамповка;

6) пластичность алюминиевых сплавов.

Последнее имеет важное значение для судовых конструкций специального назначения.

Легким сплавам свойственна простота обработки резанием; например, алюминиевые сплавы обрабатываются легче стали в 3 раза, магниевые же сплавы обрабатываются легче алюминиевых в 2 раза, т. е. соответственно легче стали в 4—5 раз.

Коррозионная устойчивость алюминиевых и магниевых сплавов в обычных атмосферных условиях выше, чем у обыкновенной углеродистой стали. Вид алюминиевых сплавов типа магний является устойчивым и в агрессивной морской среде.

Таким образом, технологические свойства легких сплавов благоприятствуют широкому внедрению их в судостроение.

В судостроении могут применяться как алюминиевые, так и магниевые сплавы, причем детали из магниевых сплавов желательно подвергать защитной обработке от коррозии.

Важнейшими высокопрочными материалами, которые могут быть рекомендованы для применения в несущих связях, являются сплавы типа дуралюминия плакированного.

При выборе той или иной марки алюминиевого сплава следует руководствоваться не только характеристиками их прочности, но и коррозионной стойкостью и свариваемостью.

Различают следующие основные формы коррозии алюминия и его сплавов:

- 1) равномерная коррозия, при которой металл разрушается в одинаковой степени по всей поверхности. Этот вид коррозии наблюдается у чистого алюминия;
- 2) местная, или язвенная коррозия, при которой сплав разрушается только на отдельных участках поверхности. Это наиболее распространенная форма коррозии алюминиевых сплавов;
- 3) межкристаллическая коррозия — наиболее опасный вид коррозии. Ее подвержены термически упрочняемые сплавы и алюминиймагнелиевые сплавы с содержанием магния более 7%.

Все высокопрочные сплавы, содержащие медь, характеризуются низкой коррозионной стойкостью в морской воде и в атмосфере морского тумана. Сплавы типа АВ (аналь), упрочняемой фазой которой является Mg₂Si, обладает повышенной коррозионной стойкостью, приближающейся по своей величине к термически неупрочняемым сплавам.

Все группы сплавов, упрочняемых термообработкой, характеризуются высокой прочностью при сварке, а некоторые из них даже склонны к образованию трещин. Сплавы, термически не

Химический состав и механические свойства деформируемых

алюминиевых сплавов некоторых производственных марок

Марка сплава	Химический состав, %									
	Mg	Mn	Si	Cu	Zn	Ga	Ti	V	Al	
AMc	—	1-1,5	—	—	—	—	—	—	—	Остаток
ANc	2-2,5	0,10-0,40*	—	—	—	—	—	—	—	Остаток
AMr	3,0-3,5	0,1-0,5	0,5-0,8	—	—	—	—	—	—	Остаток
AMd	4,5-5,1	0,3-0,5	—	—	—	—	—	0,05-0,30	—	Остаток
AMe	2,8-3,5	0,2-0,75	—	—	—	0,05-0,3	—	—	—	Остаток
AB (авиационный)	0,45-0,9	0,15-0,30**	0,5-1,0	0,2-0,4	—	—	—	—	—	Остаток
AM4	1,4-1,5	—	0,5-1,0	1,0-2,0	—	—	0,1-1,0	1-1,5	—	Остаток

Лит по деформации и размер, мм*	Температура условия на охлаждение	Состояние поставки	Температура при испытании		
			$\sigma_{0,2}$ кг/мм ²	$\sigma_{0,01}$ кг/мм ²	$\delta, \%$
			на образце		
Листы 0,5-2 Листы 2-4 Листы 0,5-2 Листы 11-20 Листы 20-30 Профили (по размерам)	AMT/021-48 То же AMT/041-50 То же AMT/028-50	Однородный Полупрокатный Горизонтальный Однородный	21-43	—	20
			23-25	—	18
			22-25	—	5
Листы 0,5-2 Листы 0,5-2 Листы 11-20 Листы 20-30 Профили (по размерам)	AMT/022-48 То же AMT/041-50 То же AMT/050-51	Однородный Полупрокатный Горизонтальный Однородный	На образце 23	—	16
			24	—	4
			26	—	7
Листы 0,5-4,5 Листы 4,5-11 Листы 11-20 Листы 20-30 Профили (по размерам)	TPOH 5-30 То же TPO 15-31 То же	Однородный Горизонтальный Горизонтальный Горизонтальный	30	18	13
			18	16	15
			19	7	12
Листы 0,5-4,5 Листы 4,5-11 Листы 11-20 Листы 20-30 Профили (по размерам)	TPOH 5-30 То же TPO 15-31 То же CTP 934-50	Однородный Горизонтальный Горизонтальный Горизонтальный Горизонтальный	26	15	15
			28	13	15
			27	12	17
Листы 0,5-5,5 Листы 5,5-11 Листы 11-20 Листы 20-30 Профили (по размерам)	BTPYOH-50 То же TPO 15-31 То же QCTD-54-58	Однородный Горизонтальный Горизонтальный Горизонтальный Горизонтальный	32	18	15
			30	16	12
			31	15	11
Листы 0,5-5 Листы 5-10 Листы 0,5-4	AMT/021-48 То же " "	Однородный Листы 5-10: односторонне-односторонне Листы 0,5-4: искусственно-стареный То же	На образце 14	—	30
			20-18	—	20-18
			30	—	30
Листы 4-10 Листы 11-20 Листы 20-30 Листы 41-50 Профили (по размерам) То же	AMT/041-50 То же " " AMT/028-50 То же	" " " " " " Листы 4-10: односторонне-односторонне Листы 11-20: искусственно-стареный То же	30	—	8
			30	—	7
			27	—	6
Листы 0,5-5 Листы 5-10 Листы 11-20 Листы 20-30 Профили (по размерам) То же	AMT/050-51 То же " " AMT/050-51 То же	Листы 4-10: односторонне-односторонне Листы 11-20: искусственно-стареный То же " "	35	—	14
			30	—	30
			30	—	30
Листы 0,5-5 Листы 5-10 Листы 11-20 Листы 20-30 Профили (по размерам) То же	AMT/050-51 То же " " AMT/050-51 То же	Листы 4-10: односторонне-односторонне Листы 11-20: искусственно-стареный То же " "	30	—	30
			30	—	30
			30	—	30
Листы 0,5-5 Листы 5-10 Листы 11-20 Листы 20-30 Профили (по размерам) То же	AMT/050-51 То же " " AMT/050-51 То же	Листы 4-10: односторонне-односторонне Листы 11-20: искусственно-стареный То же " "	30	—	30
			30	—	30
			30	—	30

Марка стали	Химический состав, %									Вид деформации и диаметр, мм*	Технические условия на сталь	Состояние поставки	Гарантированно по ТУ механические свойства			
	Mg	Mn	Si	Ca	Zn	Cr	Ni	V	Al				σ _т , МПа [†]	σ _в , МПа [†]	α, %	
																по длине
АК6	0,1-0,2	0,4-0,5	0,7-1,2	1,5-2,5	-	-	-	-	-	Остаточная	АМТУ 220-05	Заготовки 4-кратного старения	1,90	28	Ю	
											То же	То же	37	-	8	
АК8	0,1-0,2	1,4-1,5	0,5-1,2	1,3-4,5	-	-	-	-	-	Остаточная	АМТУ 220-05	Заготовки 4-кратного старения	41-42	30	Ю	
											То же	То же	-	-	8	
Д16	1,2-1,8	0,7-0,8	-	1,8-4,0	-	-	-	-	-	Остаточная	Листы 0,3-1,9 (деформированные)	АМТУ 220-40	Остаточная	По длине 24	-	16-21,5
											Листы 2,3-3,0 (деформированные)	То же	Заготовки 4-кратного старения	45	28,2	16-21
											Листы 4-6	АМТУ 220-41	То же	41	28	12
											Листы 12-25	АМТУ 220-42	" "	43	28	7
											Листы 26-50	АМТУ 220-43	" "	40-38	28-23	0,5-4
											Профиль до 3 мм	АМТУ 220-44	" "	40	30	12
											Профиль 3,3-20	То же	" "	42	30	12
											Профиль 21-41,1	" "	" "	45	31	12
											Профиль 21,1-41,1	" "	" "	43	32	12
											Профиль 40	" "	" "	40	30	12
В16	1,8-2,5	0,2-0,5	-	1,1-3,0	0-2,0	0,3-0,20	-	-	-	Остаточная	Листы 0,2-1,9	АМТУ 220-45	Остаточная	По длине 25	-	12
											Листы 2,3-2,5	То же	Заготовки 4-кратного старения	40	42	7
											Листы 2,6-16	" "	То же	30	40	1
											Листы и листы 17-40	АМТУ 220-44	" "	32-30	45-40	4
											Профиль до 10	АМТУ 220-45	" "	41	48	6
											Профиль 11,1-20	То же	" "	34	35	6
											Профиль 21,1-40	" "	" "	37	42	6
											Профиль 40	" "	" "	35	38	6
											Профиль (по формуле) 21-40	" "	" "	-	-	30
											Профиль (по формуле) 21-40	АМТУ 220-46	Заготовки 4-кратного старения	32 (48)	44	2 (18)
То же	То же	То же	30 (42)	42	4 (12)											

* Для листов и ступ указаны номиналы, а для профилей - номинал толщины профиля.

** Допускается доставка заготовок. На листы марок АМ6 и Д16 (вместо) профили ДУ в виде

МАШИНЫ.

упрочняемые (марки АМц, АМг, АМгЗ, АМг5В и АМг6), дают при сварке хорошие результаты.

Химический состав и механические свойства деформируемых алюминиевых сплавов некоторых производственных марок приведены в табл. 29.

Как видно из табл. 29, алюминиевые деформируемые сплавы поставляются нашей промышленностью в виде различных профилей, листов, плит и штамповок.

Листы и плиты из легких сплавов выпускаются толщиной от 0,3 до 80 мм, шириной 1200, 1500 и 2000 мм, длиной до 7000 мм.

В Советском Союзе из алюминиевых сплавов изготавливают следующие профили:

равнобокие и неравнобокие уголки, бульбоуголки по ГОСТ 8110—56;

швеллерные профили (швеллеры, отбортованные швеллеры) по ГОСТ 8113—56;

тавровые и двутавровые профили по ГОСТ 8112—56;

профили листовые по ГОСТ 8111—56.

Кроме того, выпускается специальный сортамент профилей из алюминиевых сплавов для судостроения.

§ 28. ПЛАСТМАССЫ

Пластмассы представляют собой целый класс современных технических материалов, получаемых на основе полимерных органических соединений, которые называются искусственными смолами.

По своим основным физико-химическим свойствам искусственные смолы могут быть двух типов: термореактивные и термопластические. Термореактивные характеризуются способностью переходить при нагревании в вязкое и нерастворимое состояние. Термопластические смолы при нагревании размягчаются или расплавляются, не претерпевая химических превращений, а после охлаждения вновь становятся твердыми.

Если искусственные смолы наполнить различными наполнителями органического или неорганического происхождения, получают разнородные пластические массы, отличающиеся один от другого физико-химическими и механическими свойствами.

Пластические массы с помощью специальных методов перерабатываются в различные изделия простых и сложных геометрических форм и размеров.

Основными методами переработки являются:

- 1) прессование при высоком или низком удельном давлении;
- 2) литье под давлением;
- 3) экструзия;
- 4) формование контактное, вакуумное и автоклавное;
- 5) вытяжка вакуумная и пневматическая.

Отличительной особенностью методов прессования и литья под давлением является возможность получения изделий любой геометрической формы с точными размерами без сложной дополнительной обработки.

Экструзионный метод используется для получения профильных изделий: труб, уголков, полос, стержней и т. д.

Вакуумная вытяжка применяется преимущественно для термопластического формования изделий из листовых термопластических заготовок. Пневматическая вытяжка (или раздувка) позволяет получить из листовых термопластических заготовок и труб толстые изделия.

В судостроении особое место из всех методов переработки пластмасс занимает контактное формование. Этот метод позволяет изготавливать изделия очень больших размеров, например корпуса судов, с помощью простейшей оснастки (форм) в комнатных условиях, не применяя давления и высоких температур.

Пластмассы в зависимости от основного назначения и применяемая их в судостроении могут быть подразделены на следующие группы:

конструкционные — обладают высокой механической прочностью и применяются для несущих и не несущих конструкций; подделочные — не отличаются высокой механической прочностью и применяются для изделий технического назначения, к которым не предъявляются особых требований;

электроизоляционные — обладают хорошими диэлектрическими свойствами и применяются для изготовления электроизоляционных изделий;

антифрикционные — имеют низкий коэффициент трения и малый износ;

фрикционные — обладают при сухом трении высоким коэффициентом трения и малым износом;

антикоррозионные — характеризуются повышенной химической стойкостью к действию кислот, щелочей, атмосферных осадков и морской воды;

декоративно-изделичные и облицовочные — обладают декоративными свойствами;

звончковые — применяются как нескользящие покрытия для палуб и т. п.;

прокладочные и уплотнительные — стойки к действию воды, жидкого топлива, минеральных кислот, щелочей и щелочей;

звуко- и теплоизоляционные — характеризуются звукоизолирующими свойствами и малой теплопроводностью;

стетотехнические — обладают звукопоглощающей способностью и другими свойствами.

Номенклатура марок пластмасс исчисляется тысячами. Соответственно и физико-химические свойства пластмасс разных марок весьма разнообразны.

Физико-механические свойства некоторых

пластов, используемых для получения пластмасс

Наименование материала	Марка	Технические условия	Удельная масса, г/см ³	Предел прочности по длине, кг/см ²			Относительное удлинение по длине, %	Темперостойкость по Мартенсу* °С, по длине	Водопоглощаемость за 24 час. не более, г/дм ³	Усадка, %
				сжатия	растяжения	статического изгиба				
Полиэтилен	ПЭ-150 ПЭ-300 ПЭ-450 ПЭ-500	ВТУ МХП 4138-55	0,92 0,92 0,92 0,92	125	100	120-170	150	50-60	За 24 часа 0,025	1-2,5
				125	100	120-170	300	50-60		
				125	140	120-170	450	50-60		
				125	140	120-170	500	50-60		
				125	140	120-170	500	50-60		
Фторопласт	4 3	ТУ М-162-54 ВТУ М-318-54	2,1-2,4 2,11-2,1	—	100	100-140	250	— 70	0,05% 0,05%	—
				220-560	300	600-800	Незначительный 20-45 Значительный 100-200			
Полиэтилен блочный	Д Т	ТУ МХП М-341-54	1,1 1,1	810-1450	350-630	800	—	80	0,00-0,02	0,4-0,6
				—	—	850	—	80	—	
Полиэтилен мушкетерский	А Б	ВТУ МХП 1827-51	1,5	800-1000	350-600	500-600	—	80	0,02	—
Полиамидная смола № 54	А Б	ТУ М-318-57	1,10 1,10	—	300	280-290	250	115**	6-8%	1-1,2
				—	250	—	200	—	—	
Смола полиамидная № 68	—	ВТУ ГХЛК М-617-57	1,13	700-800	500	700	100	60	9,5%	1,2-1,4
Полиамидная смола № 54Б	—	ТУ М-739-57	1,12	—	250-450	180-190	250	85-87**	—	1,1-1,2
Материалы прессованные (фенопласты)	прессованные	ГОСТ 5089-51	1,4 1,4 1,5	1000	300-400	550	0,69	110	0,12	0,6-1
							0,67-0,70	100	0,10	0,6-1,10
							0,5-0,3	110	0,12	0,6-1

Наименование металлов	Марка	Технические условия	Удельный вес, г/см ³	Предел прочности по жгуту, кг/мм ²			Относительное удлинение по жгуту, %	Темперостойкость по Мартенсу*, °С, по жгуту	Водопоглощаемость за 24 час. по жгуту, г/мм ³	Усадка, %
				сжатия	растяжения	статического разрыва				
Металлы проволочной «золотой»	—	ТУХП 459—41	1,35—1,40	1200	300	500	—	110	0,4	0,8
	—	ТУ ГАУ 4001 жет. А	1,35—1,40	—	—	—	—	115	0,16	0,8
Спекло органическим амальгамов	Сорт стандартный Сорт А Сорт Б	ТУ 1783—53	1,8	—	650	—	2,5	—	—	—
			1,8	—	650	—	2,5	—	—	—
			1,8	—	650	—	2,5	—	—	—
Древесностойкие клеи (ДСП)	Б	ГОСТ 8097—58	1,3	1600***	2500***	2800***	—	—	5%	—
	В		1500***	2200***	2500***	—	—	5%	—	
	Г		1200***	1400***	1600***	—	—	5%	—	
Арматура (ДСП армированная)	45/49	ВТУ 323—53	1,4—1,6	1100	1100	1500	—	—	3%	—
	1-8 сорт		1,4—1,6	1200	1600—1200	1800	—	—	4%	—
	2-8 сорт		1,4—1,6	1000	800—1000	1000	—	—	—	—
	А-47		1,4—1,6	1200	1000—1200	1500—1800	—	—	3%	—
Лента-армированная листовая	Сорт А	ТУ Леспром	1,25—1,40	—	1600—1750	—	—	140—200	12—18%	—
	Сорт Б	75	1,25—1,40	—	1300—1400	—	—	140—200	5—11%	—
Метора	Н	ТУ 2067—51	0,02	4,2—4,8	—	—	—	—	—	—
	—	ТУ 3254—52	0,02	—	—	—	—	—	—	—

* Среднее значение по Мартенсу производится по предел прочности при температуре, при которой наблюдается обратный ход кривой отягощения. ** Прочность по жгуту определяется для жгута жила с номинальным диаметром 1 мм. Разрыв по жгуту производится в центре жила. *** Среднее значение по жгуту при разрыве по жгуту.

Предел прочности по жгуту, кг/мм ²	Относительное удлинение по жгуту, %	Темперостойкость по Мартенсу*, °С, по жгуту	Водопоглощаемость за 24 час. по жгуту, г/мм ³	Усадка, %			
					сжатия	растяжения	статического разрыва
1200	300	500	—	110	0,4	0,8	
1200	330—600	500	—	115	0,16	0,8	
—	650	—	2,5	—	—	—	
—	650	—	2,5	—	—	—	
—	650	—	2,5	—	—	—	
1600***	2500***	2800***	—	—	5%	—	
1500	2200	2500	—	—	5%	—	
1200***	1400***	1600***	—	—	5%	—	
1100	1100	1500	—	—	3%	—	
1200	—	1000	—	—	5%	—	
1200	1600—1200	1800	—	—	3%	—	
1000	800—1000	1000	—	—	4%	—	
1200	1000—1200	1500—1800	—	—	3%	—	
1000	800—1000	1300—1500	—	—	4%	—	
—	1600—1750	—	—	—	140—200	12—18%	—
—	1300—1400	—	—	—	140—200	5—11%	—
4,2—4,8	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	

* Среднее значение по Мартенсу производится по предел прочности при температуре, при которой наблюдается обратный ход кривой отягощения.

** Прочность по жгуту определяется для жгута жила с номинальным диаметром 1 мм. Разрыв по жгуту производится в центре жила.

*** Среднее значение по жгуту при разрыве по жгуту.

Учитывая, что в настоящей книге рассматриваются главным образом вопросы проектирования и конструирования судов и пластмассы, ниже будут изложены основные сведения о материалах, используемых для получения конструктивных пластмасс, обладающих высокими прочностными показателями. Некоторые данные о материалах, применяемых в судостроении, приведены в табл. 30.

Пластические массы некоторых промышленных марок, применяемые в судостроении, машиностроении и судовой электротехнике, и их технические условия приведены в приложении.

ГЛАВА VII КОНСТРУКЦИОННЫЕ ПЛАСТМАССЫ

§ 3. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В судостроении пластмассы используются в основном как конструкционный материал для корпусостроения.

В настоящее время в отечественной и зарубежной практике для корпусостроения большей частью применяют пластмассы, получаемые из ненасыщенных полиэфирных смол холодного отверждения, армированных стекловолокнистыми материалами (стекломаты, ровинги, стеклоткань и др.).

Пластические массы, получаемые на основе искусственных смол и стекловолокнистых наполнителей, в технике называются стеклопластками.

Основными положительными свойствами стекловолокнистых пластмасс (стеклопластиков), благодаря которым пластмассой находят применение в судостроении, следует считать:

- малый удельный вес;
- большую механическую прочность и способность поглощать вибрацию;
- высокую стойкость к действию атмосферных осадков, морской и речной воды, бензина, керосина, минеральных масел, кислот, щелочей и т. д.;
- антикоррозионную стойкость (пластмасса не гниет, не ржавеет и не обрастает моллюсками и водорослями);
- хорошие термо-, звуко-, электроизоляционные свойства;
- возможность формования в изделия любой конфигурации почти без дополнительной механической обработки поверхностей;
- хорошую обрабатываемость механическим инструментом и получение гладких полированных поверхностей изделия, что особенно важно для подводных поверхностей корпуса судна;
- возможность организации строительства судов на ограниченных площадях;
- сравнительно малую трудоемкость и небольшую стоимость судов при высоких эксплуатационных показателях.

К отрицательным свойствам полиэфирных стеклопластиков относятся: склонность к деформации при температуре свыше 100° и малая устойчивость на истирание.

Ниже нами будут рассмотрены основные требования, предъявляемые к материалам, используемым для получения конструктивных пластмасс.

§ 34. ПОЛИФИРНЫЕ СМОЛЫ

Полифирные смолы являются продуктами взаимодействия многоатомных спиртов: гликолей, глицерина, пентаэритрита и др. с двуосновными кислотами: малеиновой, фталевой, терфталевой, акриловой, себациновой и др.

Для целей судостроения применяются главным образом ненасыщенные полифирные смолы холодного отверждения, представляющие собой продукты реакции многоатомных спиртов с ненасыщенными дикарбоновыми кислотами или их ангидридами.

Примерная рецептура ненасыщенных полифирных смол может быть представлена в следующем виде:

Число молей

Глицерин	1
Малеиновый ангидрид	0,7
Фталевый	0,3

Физико-механические свойства литьих твердых и эластичных ненасыщенных ненасыщенных полифирных смол приведены в табл. 31.

Ненасыщенные полифирные смолы являются весьма реакционно способными соединениями и склонны к самопроизвольным диметическим превращениям, приводящим к желатинизации. Это свойство особенно проявляется при повышении температуры. Поэтому в процессе изготовления ненасыщенных полифирных смол в них вводят небольшое количество ингибитора — замедлителя полимеризации, что позволяет хранить смолу длительное время.

Для отверждения необходимо активировать ненасыщенную полифирную смолу введением в нее катализатора перекисного или гидроперекисного типа и ускорителя.

Ненасыщенные полифирные смолы можно отверждать при комнатной температуре без подбора извне. Путем правильного подбора катализатора и ускорителя и их количества можно регулировать продолжительность отверждения полифирной смолы — диметических предельных.

Данные о времени желатинизации полифирных смол при действии системы катализатор — ускоритель приведены в табл. 32.

Свойства литьих твердых и эластичных ненасыщенных ненасыщенных полифирных смол

Таблица 31

Свойства	Отвержденные ненасыщенные НПС	
	твердые	эластичные
Удельный вес	1,10—1,46	1,12—1,20
Показатель преломления	1,52—1,57	1,53—1,55
Механические свойства		
Прочность на разрыв, кг/см ²	420—700	65—125
Удлинение, %	5	50—210
Модуль эластичности при растяжении, кг/см ²	21 000—45 000	
Прочность, кг/см ² на сжатие на изгиб на удар	900—1 900 600—1 300 (1,1—2,2)	(38)
Термические свойства		
Теплопроводность 10—4 мм	4	
Коэффициент теплового расширения 10—5 на 1°С		
Темперостойкость, °С	8—16 60—204	
Электрические свойства		
Пробивная прочность при толщине листа 1/8", в 0,066"		
короткое время	340—500	250—400
длительное	280—420	170
Диэлектрическая проницаемость		
60 циклов	3—4,26	4,4—7,2
1 минута	2,8—3,2	4,5—5,1
1 час	2,8—4,1	4,1—5,2
Коэффициент потерь:		
60 циклов	0,003—0,028	0,026—0,35
1 минута	0,005—0,025	0,016—0,019
1 час	0,006—0,036	0,023—0,032
Дугостойкость, сек.	125	130
Химстойкость		
Действие слабых кислот	—	—
Действие сильных кислот	От нуля до значительной величины	От нуля до значительной величины
Действие слабых оснований	От нуля до слабого	От нуля до слабого
Действие сильных оснований	Действуют на дисперсию	Действуют на дисперсию
Действие органических растворов	0,15—0,60	0,50—2,5
Воздействие на 30 час, % (образец толщиной 3 мм)		

Таблица 22

Вязкие системы ингибитор—ускоритель* на продолжительность гелеобразования неактивной полиэфирной смолы

Дифенилэпоксиоледики — спиральные смолы при 20°С с 0,01 % азиретрикобупицилалана и 2% перекиси бензола		
Ускоритель		Время гелеобразования, мин.
2% (0,4) — тетраметилэпиоксибензилата		12
0,4% (0,2) — триоксиэтил		11
0,2% — этилсодулат		4
0,2% — дитиокарбат		5
0,2% — диоксимуратан		23
Без ускорителя		30 час.
Инициатор	Ускоритель	Время гелеобразования
1% — перекись бензола	Нет	6 дней
1% — перекись метилэтилстеона		15 час.
2% — то же		7 час.
1% . . .	1/10 раствора нитрата кобальта с 0% металлического кобальта	30 мин.
1% . . .	0,10% то же	4 час.

Разработанные Московским научно-исследовательским институтом пластмасс совместно с Ленинградским заводом слоистых пластинок полиэфирные смолы марок ПН-1 и ПН-1К ВТУ № 23024-59 — ДСНХ — представляют собой спиральный раствор продуктов конденсации диэтилэпоксиола с малеиновым и фталевым ангидридами. По внешнему виду это прозрачные жидкости желтого цвета (допускается легкая муть).

Полиэфирные смолы указанных марок характеризуются следующими свойствами:

Удельный вес, г/см ³	1,12—1,14
Вязкость по Фурку и Энгелеру при 20° (связь № 2), сек.	23—60
Кислотное число в смолу	35—45
Время растворения в присутствии 3% тетрапероксиэпиоксибензилата и 0% оксидов при температуре 20° (раствор висфалона концентрация 80% —ой концентрация), мин.	60—120
Твердость по Бринеллю через три дня после отверждения, кг/мм ²	не менее 20

В настоящее время освоено производство других типов полиэфирных смол, включающих продукты взаимодействия диэпоксиоли с гликолей с метакриловой кислотой.

Выпускаются смолы трех марок по ТУ МХП № БУ-17—56; ТГМ-3, МГФ-9 и ТМГФ-11.

Смола марки ТГМ-3 (диметакрилатэпиоксиэпоксиолафта) имеет удельный вес 1,05—1,13 г/см³ и содержит 96% полиэфира и 4% растворителя.

Смола марки МГФ-9 (диметакрилатэпиоксиэпоксиолафта) с удельным весом 1,13—1,22 г/см³ содержит 96% полиэфира и 4% растворителя — толуола.

Смола марки ТМГФ-11 является модифицированной смолой марки МГФ-9.

Для данной группы смол инициатором процесса отверждения (полимеризации) служит перекись бензола, ускорителем — диметиланилин. Отверждение этих смол при температуре 100°С и при 1% инициатора происходит в течение 1—3 мин.

При работе со стеклопластиковыми следует учитывать, что свойства их могут резко изменяться не только в зависимости от количества и типа стекловолокна, но и от рецептуры и условий получения полиэфирных смол.

§ 33. ЭПОКСИДНЫЕ СМОЛЫ

К числу синтетических смол, которые в дальнейшем могут найти применение в корпусостроении, относятся эпоксиодная смола. Интерес к стеклопластиковым, изготовленным на основе эпоксиодной смолы с наполнителями из стекловолокна, объясняется тем, что эпоксиодные стеклопластики обладают высокими механическими свойствами, очень малой усадкой, высокой адгезией к металлам, керамике и изоляционным материалам, стойкостью к повышенным температурам (до 120—130°С) и хорошей влагостойкостью.

В Советском Союзе и за границей разработаны и выпускаются промышленностью эпоксиодные смолы различных марок, отличающиеся по химическому составу, молекулярному весу и агрегатному состоянию (от маловязких жидкостей до твердых, кристаллических смол).

Механические свойства отвержденных эпоксиодных смол приведены в табл. 23.

Выпускаемые в настоящее время промышленностью эпоксиодные смолы представляют собой продукт конденсации дифенола с эпихлоргидрином в щелочной среде. Эпоксиодные смолы основных марок изготавливаются из дифенилолпропана и эпихлоридрина.

В отечественной промышленности наибольшее распространение получили следующие марки эпоксиодных смол: ЭД-5 для холодного отверждения и ЭД-6 для горячего отверждения.

Механические свойства отвержденных эпоксидных смол

Свойства	Отверждено	
	эпоксиды	эпихлориды
Удельный вес	1,19	1,3—1,23
Предел прочности, кг/см ² :		
при растяжении	560	до 800
при статическом изгибе	1500	до 1200
при сжатии	1300	1300
Удельная ударная вязкость, кг/см ²	—	30
Устойчивость по Мартенсу, °С	—	120
Водопоглощение за 24 часа при 20° (90×10×4 мм), %	—	0,3
Температура размягчения, °С	—	240
Усадка при отверждении, %	—	до 2,3

Таблица 31

Основные физико-механические свойства стеклопластиков, изготовленных на основе полиэфирных и эпоксидных смол

Механические показатели	В сухих условиях	Во влажных условиях
Стеклопластмассы на основе полиэфирных смол (стеклянные волокна обработаны эпоксид-органическими соединениями)		
Предел прочности, кг/см ² :		
при растяжении	3750	3250
при сжатии	2202	1302
при статическом изгибе	4214	2504
Модуль упругости, кг/см ²	186 000	187 500
Стеклотекстолиты на основе эпоксидных смол		
Предел прочности на изгиб, кг/см ² :		
поверх слоев		4557
поперек слоев		4277
Водопоглощение, %		0,1
Удельное сопротивление:		
объемное, ом·см		8,3·10 ⁹
поверхностное, ом		2,5·10 ⁹
Закрытая прочность (при толщине листа 3,2 мм), кг/мм		23,3—26,2
Диэлектрическая проницаемость tg ²		4,68
Длительность, сек		130
Температура, °С		162

Эпоксидная смола марки ЭД-5 выпускается по ВТУ МХП № М-688—56, эпоксидная смола марки ЭД-6—согласно ВТУ МХП № М-646—56.

Отверждение эпоксидных смол производится с помощью отвердителей: например, мелленового эпихлорида, полиэтилен-полиамин и др.

Для сопоставления физико-механических свойств стеклопластиков, изготовленных на основе полиэфирной и эпоксидной смол, в табл. 34 приведены данные о них.

Как видно из табл. 34, эпоксидные стеклопластики обладают высокими прочностными показателями. Этим и объясняется большой интерес к эпоксидным смолам в зарубежной практике. Например, в США в 1954 г. было произведено 11 000 т эпоксиных смол, а на 1960 г. заметно прогрессирует около 40 000 т. Согласно некоторым литературным данным в настоящее время за границей крупные суда из пластика строятся из эпоксиных стеклопластиков.

§ 36. СТЕКЛОПОЛИИТЕЛИ

В практике корпустроения в качестве наполнителя для стеклопластиков применяют в основном два типа стеклянных волокон: непрерывное и штапельное.

Слоистые пластики, полученные из стеклоткани на основе непрерывного волокна, характеризуются высокой прочностью на разрыв и удельной ударной вязкостью. Вместе с тем стеклоткань обладает относительно малой когезией внутри слоя, что значительно снижает прочность стеклопластика при работе на сжатие.

Штапельное стекловолокно обеспечивает хорошую когезию внутри слоя, но характеризуется более низкой прочностью на разрыв.

Непрерывное стекловолокно отличается от штапельного и по технологичности производства. Схема производства стекловолокнистых материалов (стекловолокнистых), применяемых для получения стеклопластиков, приведена на рис. 92.

Штапельное волокно производится путем раздувания вытекающих из фильеров струек жидкого стекла паром высокого давления или сжатым воздухом, в результате чего получается короткое волокно, подобное хлопковому. Это волокно попадает в специальную камеру, на легу образуется замасляемый и просушивается. Из камеры волокно поступает на перфорированную вращающийся барабан или конвейерную ленту, на поверхности которых под действием внутреннего разрыважения происходит непрерывная укладка волокон в виде ленты, идущей на изготовление ровнищ. Выходящая из ровнища лента служит исходным материалом для производства различных видов штапельной ткани.

Непрерывное стекловолокно получается путем вытяжки нитей из расплавленного стекла через фильеры. Из фильеров одновременно вытягивается до 200 параллельных волокон, которые до намотки на съемную бобину проходят через замасливающий аппа-

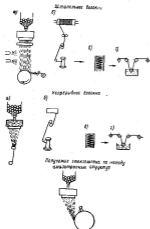


Рис. 92. Схема производства стекловолоконной нити для стеклопластика: 1 — вытяжка параллельных волокон; 2 — кручение стекловолокна; 3 — процесс ткачества; 4 — прокатка нити.

рат, где склеиваются в одну нить. Бобины с нитями из них вольным направлением к крутящим вращением для размотки и кручения. Из крученой нити плетутся основы и уток для ткачества. Стеклоткань отмыивают от избытка смазки, сушат, затем отправляют потребителю.

Стекловолоконный наполнитель из непрерывного стекловолокна может быть получен в виде однонаправленного или перекрестного шпона.

Установка для производства стеклошпона состоит из электропечи, смонтированной на передвижной каретке, и вращающегося барабана.

При одновременном вращении наматывающего барабана и передвижения каретки с печью происходит вытягивание стеклянных волокон из фильеры печи. Эти волокна на барабане располагаются параллельными витками, покрывающими всю его поверхность. Поверх первого слоя может быть наложен второй, третий и др. Одновременно с намоткой волокон на барабан происходит их смазывание связующим веществом, непрерывно подаваемым из пудеризатора, закрепленного на каретке.

После намотки на барабан требуемого числа слоев волокон образуется пропитанная связующим веществом лента однонаправленного стеклошпона заданной толщины.

Для получения перекрестного стеклошпона намотка волокон производится на закрепленный на барабане съемный лист квадратной формы; после намотки требуемого числа слоев в одном направлении лист сгибает, поворачивают под углом 90° и закрепляют, затем наматывают в перпендикулярном направлении к предыдущим слоям, благодаря чему образуется листовый материал сетчатой перекрестной структуры.

Из всех стеклонаполнителей стеклоткань (рис. 93) является наиболее качественным наполнителем для получения высокопрочных стеклопластиков. Стеклоткань производится обычными способами, которые приняты в текстильной промышленности.

В практике судостроения имеется тенденция к использованию более тяжелых типов стеклоткани в виде стеклорогожки (жгутовая ткань). Применение стеклорогожки (рис. 94) имеет значительные технологические преимущества перед стеклотканью, так как резко уменьшается количество слоев в стеклопластике. Однако применение стеклорогожки в качестве наполнителя влечет за собой снижение прочностных характеристик, что в свою очередь связано с увеличением расчетных площадей конструкций.

Для сравнительной оценки прочностных показателей очень тонких волокон разных веществ с обычными образцами из тех же материалов приводим данные о прочности этих веществ на разрыв в объемных и витевидных образцах.

Как видно из табл. 35, прочность очень тонких волокон на разрыв во много раз превышает прочность объемных образцов из тех же веществ.

Характерно, что с уменьшением диаметра стекловолокна прочность резко возрастает, например, при уменьшении диаметра стекловолокна с 20 до 2 мкм прочность стекловолокна увеличивается в 10 раз.



Рис. 93. Стеатолы, применяемые для изготовления стеклопластиков.

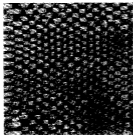


Рис. 94. Стеатолиты (шугуты тонки), применяемые для изготовления стеклопластиков.

Таблица 35
Прочность вещества на разрыв в объемных и листовых образцах

Вещество	Прочность образца, кг/см ²		Диаметр листового образца, мм
	объемного	листового	
Кварцевое стекло	6-8	1000-500	3-6
Слюдяное	4-6	200-600	3-6
Карбонил	2,0-2,8	50-80	3-6
Ванатаксидора	2,8-4,9	20-35	15-20
Антитермалон	5,3-8,7	15-20	15-20

Химический состав типовых стекол, которые применяются в Советском Союзе для выработки стекловолокна, приведен в табл. 36.

Таблица 36
Химический состав стекла, применяемого для выработки стекловолокна

Вещество	Вес, %	
	бесцветное стекло	зеленоватое стекло
Кремнезём	54	71
Глинозём	14	3
Борный оксид	10	-
Оксид кальция	16	8
Оксид натрия	4	3
Оксид калия	2	15

При выборе того или иного состава стекла следует учитывать, что прочность стекловолокна зеленого состава ниже прочности волокна бесцветного состава. Щелочное стекло обладает большей гигроскопичностью и меньшей химической устойчивостью. Указанные обстоятельства заставляют применять для корпусных конструкций бесцветное стекло и реже щелочное стекло, полностью гидрофобизированное.

В практике судостроения находят широкое применение в качестве наполнителя стеклонити из крученого стекловолокна. На рис. 95 показан стекломат, используемый для изготовления стеклопластика.

Рудонные стеклонити изготавливаются на специальных машинах из рубленой стекляной пражки длиной от 25 до 75 мм, содержащей небольшое количество дисперсного вещества. Стекловолокна с наполнителем из стекломатов имеет от 30 до 50% разрывной прочности, получаемой при использовании стеклонити. Однако стеклопластики, выполненные из стекломатов, хорошо

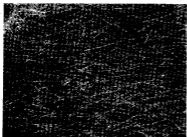


Рис. 95. Стекломат из крученого стекловолокна.



Рис. 96. Стекломат, применяемый для изготовления композитными конструкциями из стеклопластиков.

работают на сжатие благодаря лучшей когезии внутри слоя. К тому же стекломаты дешевле стеклоотливки.

На рис. 96 показан стекломат, используемый для изготовления ответственных конструкций из стеклопластиков.

Стеклопластики, изготовленные на основе переработанного стекловолокна (вады), имеют самые низкие прочностные показатели, поэтому применяются при изготовлении остатков для строительства судов (матрицы, пуансоны, разного рода формы, т. е. в низконапряженных конструкциях).

Отечественная промышленность в настоящее время выпускает большое количество стекловолоконистых материалов, вполне пригодных к использованию в качестве наполнителей для стеклопластиков. Однако необходимо расширить производство жгутов, стеклорогожки и стекломатов специально для целей судостроения, так как эти материалы имеют большие технологические преимущества перед стеклоотливкой.

§ 32. СТЕКОПЛАСТИКИ

Стеклопластики представляют собой композицию синтетической смолы, в большинстве случаев термореактивной, и уславляющего наполнителя, чаще всего стекловолокна, которое может быть частично заменено асбестом, природным или синтетическим кварцем. Следует иметь в виду, что стеклопластики с наполнителями из стекловолокна отличаются более высокими прочностными показателями, поэтому они и используются как конструкционный материал для корпусостроения.

В армированных пластмассах в качестве связующего могут применяться следующие типы смол:

- термореактивные — ненасыщенные полиэфирные, эпоксиантные, фенолформальдегидные, меламиноформальдегидные, хромий-органические;
- термопластичные — полистирол, поливинилхлорид, полиэтрафторэтилен.

По мере появления новых смол, удовлетворяющих необходимым требованиям, они также могут найти применение при изготовлении стеклопластиков.

Для целей корпусостроения большей частью применяют стеклопластики, составленные из полиэфирной смолы и стекловолокна. Нами будут рассмотрены важнейшие показатели их.

Процесс изготовления стеклопластиков состоит в том, что стекланивая основа, смоченная полиэфирной смолой, в которую введены инициаторы процесса отверждения, выкладывается по контуру формы корпуса судна и прижимается к форме механическим путем или вакуумом. Процесс отверждения пластичности происходит при комнатной температуре. Для ускорения процесса отверждения применяется подогрев.

В зависимости от физико-механических свойств стеклопластики могут быть подразделены на некоторые условные группы. Управление кораблестроения военно-морского флота США подразделяет стеклопластики на пять групп, причем марки применяемых смол, стекловолокна и их весовое соотношение определяются не техническими условиями, а фирмами.

В табл. 37 приведены механические свойства всех пяти групп конструкционных пластинок.

Таблица 37

Механические свойства стандартных конструкционных пластинок, применяемых в США для целей кораблестроения

Механические свойства: стеклопластиков	Группы стеклопластиков				
	A	B	C	D	E
Предел прочности при растяжении, кг/см ² :					
в сухом виде	5840	3170	2820	2250	1410
в мокром виде	4270	2820	2540	2040	1120
Модуль упругости при растяжении, кг/см ² :					
в сухом виде	3,24·10 ⁸	1,8·10 ⁸	1,62·10 ⁸	1,36·10 ⁸	0,92·10 ⁸
в мокром виде	3,1·10 ⁸	1,75·10 ⁸	1,55·10 ⁸	1,2·10 ⁸	0,70·10 ⁸
Предел прочности (образцы в сухом виде), кг/см ² :					
при растяжении	6280	2490	2110	1700	1035
при сжатии	3150	2110	1700	1400	1070

Как видно из приведенных в табл. 34 прочностных характеристик стеклопластика, самой высокой прочностной группой является группа А, самой низкой — группа Е, все остальные группы — промежуточные.

Для сравнения приводим в табл. 38 основные характеристики некоторых стеклопластиков, выпускаемых в США.

При выборе того или иного стеклопластика следует исходить из того, что прочностью стеклопластика, главным образом, определяется стеклонаполнителем. Поскольку прочностные показатели стеклянного волокна намного выше, чем у смолы, естественно казалось бы, стремиться к тому, чтобы смола в стеклопластике была в минимальных количествах. Однако недостаточное количество смолы не обеспечивает хорошую адгезию отдельных волокон, и в результате резко снижаются прочностные показатели сте-

клопластика. Следовательно, в стеклопластик необходимо вводить такое количество смолы, которое обеспечивает хорошую склейку отдельных волокон и заполнение пустот, образующихся

Таблица 38

Основные характеристики некоторых стеклопластиков, выпускаемых в США

Номер марки	Относительное число нитей основы к числу нитей по утку за 1 см	Толщина, мм	Вес, г/м ²	Предел прочности при разрыве, кг/см		Тип ткани
				по основе	по утку	
108	24/18	0,06	48	12,5	7,2	Полотно
112	16/16	0,08	71	18	12,5	"
128	17/13	0,18	207	45	36	"
143	19/12	0,23	300	110	10	Сетка 3/1
164	8/7	0,37	427	89,5	80,5	Полотно
181	23/21	0,22	200	61	20	Сетка 7/1
184	17/14	0,09	875	170	143	" 7/3

Таблица 39

Некоторые данные о специальных стекловолокнах

Виды стекловолокна	Условные размеры стекловолокна	Толщина стекловолокна, мм	Вес стекловолокна, г/м ²
Жгутная ткань (сплошное)	112	0,75	60
То же	116	1,00	90
" "	128	1,75	171
" "	162	3,75	347
" "	164	3,75	356
" "	143	2,25	264
Направленная стеклоткань			
Диагональным стеклоткань	181	2,12	264
То же	185	3,25	455
" "	185	4,5	475

между волокнами. Установлено, что оптимальное содержание смолы в разных стеклопластках должно составлять от 40 до 70%.

В настоящее время нашей промышленностью выпускаются некоторые ткани, пригодные для целей судостроения. При изготовлении обшивки и набора корпуса наиболее эффективно применение стеклонаполнителей толщиной от 0,75 до 4,5 мм. В табл. 39 приведены данные о специальных стеклонаполнителях, используемых для изготовления стеклопластиков.

Основные характеристики некоторых стеклонаполнителей отечественных марок приводятся в табл. 40.

Указанные в табл. 40 стеклоткани изготовляются из бесщелочного, так называемого алюмоборбариевокальциевого состава стекла с содержанием окислов щелочных металлов, например Na₂O не более 2%.

Ограничение содержания щелочных металлов обуславливается тем, что при работе ткани во влажных условиях происходит выщелачивание с потерей прочности до 20%.

Стеклокани марки Э-25, Э-27, Э, ЭСТВ-40 предназначены для изготовления электронноизоляционных материалов, марок Т, № 1 и 2 — для теплоизоляционных покрытий. Стеклокань ТСФ (б) употребляется при фальшивке нефтепродуктов. Все стеклоткани марки АСТТ предназначены для изготовления стеклоконструкций типа КАСТ на различных связующих смолах (фенолформальдегидных, фенолформальдегиднобутиральных, фенолформальдегидных и др.).



Рис. 39. Форма и размеры образца для испытания на растяжение.

АСТТ(б)-8 — 3180 кг/см² (сетевые полоски принято исходя из толщины материала, указанного в ТУ), поэтому ее целесообразно применять для корпусостроения, наименьшей прочностью — стеклоткань марки АСТТ-9 — 1956 кг/см².

Элементарные стеклоткани в целях предохранения их от действия атмосферной влаги и разрушения при текучей переработке замасливаются, т. е. покрываются так называемыми замасливателями (в большинстве случаев парафинового происхождения). Замасливатель в стеклоткани по весу составляет не более 2,5% от веса нити. Заводы-изготовители по желанию заказчика могут менять вид и содержание замасливателя, поэтому следует предусматривать гидрофобную обработку стеклонаполнителей.

При проектировании грузового теплохода грузоподъемностью 15 т была изготовлена, затем подвергнута механическим испытаниям образцы стеклопластиков.

Испытания для определения предела прочности при растяжении производились на плоских образцах, изготовленных по эскизу, приведенному на рис. 37.

Таблица 40

Основные характеристики стеклоканей отечественных марок

Марка стеклоткани	ГОСТ или ТУ	Ширина ткани, мм	Толщина ткани, мм	Плотность — число нитей на 1 см		Вес 1 м ² ткани, г	Прочность на разрыв в процентах к сечению нитей		Прочность на разрыв в процентах к сечению нитей
				основа	уток		основа	уток	
Э-25	ВТУ № 11—58 То же	900	0,105	32	36	25	10	7	1000
Э-27	То же	900	0,107	30	32	30	12	9	1777
ЭСТВ-40	ВТУ № 315—53	700	0,94	20	26	65	15	18	1500
Э	ГОСТ 8491—57	600—1000	0,06	26	30	68	30	30	2000
А	То же	500—1050	0,08	17	20	80	28	20	1400
АС	—	610	0,10	20	22	102	35	35	1400
Т	—	600—1170	0,22	16	10	285	170	85	3051
№ 1	ТУ № 208—54	600—1000	0,15	20	15	200	109	70	2689
№ 2	То же	600—1000	0,20	30	15	320	85	105	1980
ТСФ (б)	ТУ № 1—58	700—1000	0,23	20	15	300	200	150	2424
АСТТ (б)-6	ВТУ	600—1170	0,23	12	8	285	175	115	3161
АСТТ (б) С	ВТУ	700—1000	0,25	38	18	320	220	100	3514
АСТТ (б) С _к	ВТУ	700—1000	0,42	22	13	400	250	150	3381
АСТТ-9	ВТУ № 973—55	900—1000	0,45	120	70	425	220	115	1956

Предел прочности вычислялся по формуле

$$\sigma_b = \frac{P}{ab} \text{ кг/см}^2, \quad (34)$$

где P — нагрузка при разрушении образца, кг;
 a — ширина образца, см;
 b — толщина образца, см.

Анализируя некоторые данные испытаний образцов на растяжение, приведенные в табл. 41, приходим к следующим выводам:

1. Стеклопластик, состоящий из полиэфирной смолы и наполнителя из необработанной стеклоткани, имеет практически одинаковый предел прочности при растяжении в продольном и поперечном направлениях. Полученная величина предела прочности на растяжение в продольном и поперечном направлениях колеблется от 2000 до 2750 кг/см².

Испытаниями установлено, что по мере увеличения толщины стеклопластика происходит некоторое увеличение предела прочности его на растяжение (от 1850 до 2050 кг/см²).

Произведенными испытаниями также установлено значительное снижение предела прочности при растяжении на образцах, где сетка стеклоткани расположена под некоторым углом. В образцах, изготовленных под углом 45° к сетке, предел прочности на растяжение составляет около 1000 кг/см², т. е. наблюдается падение предела прочности на 40—50% по сравнению с пределом прочности образцов, расположенных в продольном и поперечном направлениях.

2. Стеклопластик, полученный из полиэфирной смолы и наполнителя, состоящего из нескольких слоев стекломата и нескольких слоев стеклоткани, имеет в продольном и поперечном направлениях практически одинаковый предел прочности при растяжении.

Предел прочности такого стеклопластика значительно ниже, чем у стеклопластика, наполненного стеклотканью; величина его колеблется в пределах от 1350 до 1550 кг/см².

Характерно, что при расположении стекломата по наружным краям стеклопластика происходит снижение прочности последнего примерно на 50% по сравнению со стеклопластиком, у которого стеклоткань расположена по наружным его поверхностям. Следовательно, во всех случаях по наружным поверхностям стеклопластика следует располагать стеклоткань.

При испытании образцов, изготовленных под углом 45° к сетке, происходит, как и в предыдущем случае, снижение предела прочности до 50%.

Значительное увеличение толщины стеклопластика, наполненного стеклотканью и стекломатом, также приводит к снижению предела прочности до 50%.

Таблица 41

Применение плавленых образцов стеклопластиков с разными сочетаниями наполнителей при испытаниях на растяжение

Классификация образцов	Назначение и количество слоев наполнителя	Расположение волокон в образце	Размеры поперечного сечения образца, см		Предел прочности при растяжении, кг	Предел прочности при растяжении, кг/см ²	Расстояние между образцами, см
			ширина	высота			
1А-1 1А-2 1Б-1 1Б-2 1Б-3	2 слоя стекломата 3 слоя стеклоткани	Продольное	1,40	0,200	464	1507	5,5
			1,315	0,200	444	1493	5,5
		Поперечное	1,315	0,200	510	1563	5,5
			1,525	0,200	468	1537	5,5
			1,47	0,200	465	1445	5,5
2А-1 2А-2 2Б-1 2Б-2 2Б-3	3 слоя стекломата 3 слоя стеклоткани	Продольное	1,524	0,200	340	1133	5,5
			1,458	0,200	356	1171	5,5
		Поперечное	1,525	0,200	508	1435	5,5
			1,315	0,200	440	1331	5,5
			1,49	0,200	510	1522	5,5
3А-1 3А-2 3Б-1 3Б-2 3Б-3	4 слоя стекломата 4 слоя стеклоткани	Продольное	1,49	0,200	500	1471	5,5
			1,49	0,200	512	1471	5,5
		Поперечное	1,49	0,200	340	1060	5,5
			1,49	0,200	354	1067	5,5
			1,458	0,200	354	1067	5,5
4А-1 4А-2 4Б-1 4Б-2 4Б-3	5 слоев стекломата	Продольное	1,483	0,200	1000	2732	5,5
			1,465	0,200	935	2604	5,5
		Поперечное	1,465	0,200	945	2574	5,5
			1,460	0,200	720	1950	5,5
			1,315	0,200	394	967	5,5

Образцы стекла	Плотность и количество слоев лампового стекла	Расположение волокон на образце	Размеры лампового стекла		Площадь поверхности стекла образца, см ²	Нагрузка предела прочности, кг	Предел прочности при растяжении, кг/см ²	Расчетная длина образца, см
			ширина	высота				
4А-1	3 слоя стекловатая 2 слоя стеклопластик	Продольное Поперечное Под углом 45°	1,486	0,288	0,443	476	1072	5,6
4А-2			1,508	0,300	0,462	445	985	5,5
4Б-1			1,528	0,312	0,461	485	1190	5,6
4Б-1			1,521	0,320	0,466	455	1121	5,5
5А-1	8 слоев стекловатая	Продольное Поперечное Под углом 45°	1,528	0,265	0,468	679	2006	5,5
5А-2			1,500	0,270	0,455	645	2035	5,5
5Б-1			1,576	0,270	0,415	660	2020	5,5
5Б-2			1,490	0,245	0,366	735	1929	5,5
5Б-3	1,500	0,240	0,360	720	2029	5,5		
5В-1	1,525	0,248	0,381	385	1019	5,5		
5В-2	1,561	0,265	0,353	385	990	5,5		
6А-1	4 слоя стекловатая (60% волокон)	Продольное Поперечное Под углом 45°	1,488	0,282	0,434	467	981	5,46
6А-2			1,466	0,272	0,417	480	1007	5,46
6Б-1			1,490	0,270	0,405	536	830	5,45
6Б-1			1,510	0,280	0,400	510	660	5,47
7А-1	4 слоя стекловатая (60% волокон)	Продольное Поперечное Под углом 45°	1,528	0,270	0,475	374	682	5,45
7А-2			1,520	0,300	0,456	300	659	5,48
7Б-1			1,510	0,298	0,450	500	1155	5,49
7Б-1			1,512	0,295	0,442	472	1065	5,49
7В-1	1,528	0,270	0,412	402	976	5,5		

Образцы стекла	Плотность и количество слоев лампового стекла	Расположение волокон на образце	Размеры лампового стекла		Площадь поверхности стекла образца, см ²	Нагрузка предела прочности, кг	Предел прочности при растяжении, кг/см ²	Расчетная длина образца, см
			ширина	высота				
8А-1	3 слоя стекловатая 2 слоя стеклопластик	Продольное Поперечное Под углом 45°	1,465	0,238	0,475	479	989	5,6
8А-2			1,522	1,328	0,502	460	565	5,5
8Б-1			1,515	0,340	0,515	540	1048	5,5
8Б-1			1,528	0,255	0,528	606	1156	5,5
9А-1	15 слоев стекловатая	Продольное Поперечное Под углом 45°	1,508	0,267	0,448	380	648	5,5
9А-2			1,463	1,112	1,126	920	817	5,46
9Б-1			1,455	1,112	1,101	965	894	5,49
9Б-1			1,470	0,943	0,962	830	863	5,5
9Б-2	1,492	0,926	0,909	723	797	5,5		
9Б-1	1,462	1,465	1,428	865	817	5,5		
10А-1	23 слоя стекловатая 11 слоев стеклопластик	Продольное Поперечное Под углом 45°	1,428	1,120	1,340	1380	1190	5,48
10А-2			1,460	1,128	1,348	1420	1263	5,49
10Б-1			1,415	1,120	1,379	1150	940	5,49
10Б-2			1,410	1,130	1,350	1100	948	5,49
10Б-1	1,428	1,100	1,190	900	756	5,5		
11А-1	25 слоев стекловатая	Продольное Поперечное Под углом 45°	1,460	1,055	1,190	2260	2070	5,46
11А-2			1,428	1,026	1,035	2220	2145	5,46
11Б-1			1,420	1,038	1,049	2160	1865	5,48
11Б-1			1,425	1,006	1,041	1940	1653	5,49
11Б-4	1,440	1,043	1,083	879	862	5,5		

3. Стеклопластик, состоящий из полиэфирной смолы и стеклошата, имеет во всех направлениях одинаковый предел прочности на растяжение — около 1000—1100 кг/см².

4. При оценке прочностных показателей стеклопластиков, приведенных в табл. 41, следует учитывать, что стеклошата-нителъ не обрабатывался на ситие замасливателя. Относительное удлинение у всех стеклопластиков не превышало 4—5%.

Испытания для определения предела прочности стеклопластика при сжатии производились на образцах кубической формы. Предел прочности при сжатии вычислялся по формуле

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P_{\text{max}}}{F} \text{ кг/см}^2, \quad (35)$$

где P_{max} — максимальная нагрузка при разрушении образца, кг;
 F — площадь поперечного сечения образца, см².

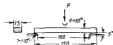


Рис. 98. Схема испытания на статический изгиб и размеры образца.

Данные механических испытаний образцов при сжатии приведены в табл. 42.

Как видно из табл. 42, стеклопластик с наполнителем из стеклоткани работает на сжатие значительно лучше, чем стеклопластик, наполненный стеклотканью или стеклотканью в сочетании со стеклотканями.

Испытания на статический изгиб производились на прямоугольных образцах (рис. 98). Предел прочности при изгибе определялся по формуле

$$\sigma_b = \frac{M}{W} = \frac{3PL}{2b^2l} \text{ кг/см}^2, \quad (36)$$

где $M = \frac{PL}{4}$ — изгибающий момент, кг·см;

$W = \frac{b^3}{6}$ — момент сопротивления, см³;

P — величина изгибающей силы, кг.

Данные испытаний на статический изгиб приведены в табл. 43.

Из табл. 43 видно, что стеклопластик с наполнителем из стеклоткани работает на статический изгиб лучше, чем стеклопластик, наполненный стеклошатами или стеклотканью в сочетании со стеклотканями.

Испытания на ударную вязкость производились на образцах прямоугольного сечения с надрезом до полного

Таблица 42

Предел прочности образцов стеклопластиков с разными наполнителями при сжатии

Классификация образца	Наполнитель и количество слоев наполнителя	Разположение волокон во волокнах образцов	Размеры изогнутого сечения образца, см	Площадь изогнутого сечения образца F , см ²	Назначение выгота образца h , см	Разрушающая нагрузка (грубо P), кг	Предел прочности при сжатии $\sigma_{\text{сж}}$, кг/см ²
9А-1		Продольное	6,99×1,15	1,1	1,40	1685	1532
9А-2	35 слоев стеклошата	Продольное	0,965×1,1	1,06	1,31	1838	1683
9А-3		Продольное	1×1,09	1,09	1,5	1326	1273
10А-1		Продольное	6,99×1,19	1,18	1,55	1180	1000
10А-2	11 слоев ткани	Продольное	0,99×1,07	1,06	1,54	1000	943,3
10А-3	12 слоев стеклошата	Продольное	1×1,09	1,09	1,45	1145	1050
11А-1		Продольное	1×1,09	1,09	1,51	675	619
11А-2	35 слоев стеклошата	Продольное	1×1,1	1,1	1,31	1640	945
11А-3		Продольное	1×1,1	1,1	1,57	968	873

Прочностные показатели образцов стеклопластиков с разными наполнителями при испытании на статический изгиб

Классы образцов	Наполнение и количество наполнителя	Расстояние между весовыми опорами образцов, мм	Среднее отклонение образцов, мм	Ширина образцов, б, см	Высота образцов, в, см	Длина образцов, L, см	Расстояние между опорами L, см	Разрушающая нагрузка P, кг	Предел прочности при изгибе σ_b , кг/см ²
9А-1	15 слоев стекломата	Продольные	4,95	1,53	1,038	32,01	10	159	1372
9А-2			4,2	1,54	1,056	32,05	10	134	1162
9А-3			4,15	1,535	1,045	32,09	10	174	1318
10А-1	31 слоев стекловолокна	Продольные	5,5	1,5	1,080	31,90	10	244	2958
10А-2			5,3	1,506	1,186	31,9	10	276	1971
10А-3			4,5	1,483	1,2	31,9	10	202	1422
11А-1	35 слоев стекловолокна	Продольные	6,3	1,402	1,1	32	10	262	2183
11А-2			5,3	1,29	1,08	32,1	10	218	1847
11А-3			5,05	1,498	1,08	32,03	10	232	2009

разрушения на макетном копье. Схема испытаний и размеры образца приведены на рис. 99.

Ударная вязкость вычисляется по формуле

$$Q_b = \frac{A_b}{8b} \text{ кг} \cdot \text{см} / (\text{см}^2), \quad (37)$$

где A_b — работа, затрачиваемая на излом образца, кг·см;

b — ширина образца, см;

δ_b — толщина образца, см.

Данные испытаний образцов на ударную вязкость приведены в табл. 44.

Как видно из таблиц, образцы стеклопластиков с наполнителем из стекловолокна на ударные нагрузки работают значительно лучше, чем образцы с наполнителем из стекломата или из стеклоткани в сочетании со стекломатами.

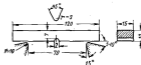


Рис. 99. Схема испытаний на удар и размеры образца.

При работе со стеклонаполнителями нужно иметь в виду, что замазки-агенты, применяемые для облегчения технологических операций, оказывают вредное влияние на прочностные показатели стеклопластика. Поэтому их необходимо удалять и одновременно обрабатывать водкой зашпательными гидрофобными средствами, улучшающими адгезию смолы к поверхности стекловолокна. Проведенные исследования показали, что обработка стекловолокна кремний-органическими продуктами приводит к весьма эффективным результатам.

Для оценки механических свойств стеклопластиков в зависимости от характера химической обработки наполнителя в табл. 45 приведены некоторые данные по стеклопластикам, находящимся в сухом и влажном состоянии. Из таблицы видно, что прочность стеклопластика за основе химически обработанного наполнителя резко возрастает, поэтому для корпусостроения должны применяться только стеклонаполнители, обработанные гидрофобными составами.

Прочностные показатели образцов стекловластиков с разным количеством слоев при испытаниях на ударную вязкость

Клеймо образца	Назначение и количество слоев стекла	Расстояние между слоями ка образцу	Размеры контрольного образца, мм	Площадь поперечного сечения образца, см ²	Предел прочности при растяжении, кг/см ²	Работа образца на разрыв, кДж	Ударная вязкость, кДж/м ²
0A-1	15 слоев стекла	Продольное	1,52 × 0,507	0,959	1,25	1,25	1,25
0A-2			1,59 × 0,66	1,04	1,36	1,3	
0A-3			1,5 × 0,615	0,92	1,1	1,2	
10A-1	11 слоев стекла	Продольное	1,55 × 0,64	0,99	2,15	2,15	3,2
10A-2			1,52 × 0,675	1,02	1,62	1,6	1,6
10A-3			1,507 × 0,617	0,96	1,62	1,68	1,68
10A-4			1,525 × 0,645	0,98	2,6	2,62	2,6
10A-5			1,55 × 0,617	1,0	1,6	1,6	1,6
10A-6			1,672 × 0,60	0,97	1,62	1,67	1,67
11A-1	35 слоев стекла	Продольное	1,57 × 0,67	1,05	2,02	2,02	2,52
11A-2			1,6 × 0,67	1,07	2,52	2,35	2,35
11A-3			1,535 × 0,64	0,98	2,02	2,57	2,57
11A-4			1,525 × 0,577	1,03	2,65	2,57	2,57
11A-5			1,55 × 0,582	1,06	2,7	2,55	2,55
11A-6			1,563 × 0,704	1,1	2,4	2,4	2,4

Нами приводились данные статических испытаний стеклопластиков. При выборе типа стеклопластика для той или иной судовой конструкции необходимо также располагать данными о поведении стеклопластиков в условиях длительных механических нагрузок и высоких температур.

Таблица 45

Исханические свойства стеклопластиков в зависимости от вида обработки армирующей ткани

Вид обработки стекловолокна	Предел прочности при статическом изгибе, кг/см ²		Предел прочности при сжатии, кг/см ²	
	в сухом состоянии	во влажном состоянии	в сухом состоянии	во влажном состоянии
Необработанное	2290	1540	1120	700
Обработанное водоем	2410	3090	2450	2030
Обработанное водостроительным и фторолаковым лаком	2600	2890	2020	2870

Как показали исследования, предел прочности стеклопластиков в случае продолжительной работы под нагрузкой значительно снижается, причем снижение прочности находится в

Таблица 46

Результаты испытаний стеклопластиков на изгиб при кратковременной и продолжительной нагрузке

Тип стеклопластика	Газофобное вещество	Предел прочности при изгибе: кратковременное испытание при температуре 25° С, кг/см ²	Предел прочности при изгибе: после 1000-часового испытания при температуре 25° С, кг/см ²
Стеклопластик 181 и модифицированный смола А	Силин	35	23
	"	43	26
	"	43	14
Стеклопластик 181 и модифицированный смола А	Волан	45	28
	"	52	33
Стеклопластик 181 и модифицированный смола А	"	56	33
	"	54	33
Стеклопластик 181 и модифицированный смола А	Только обезжиривающий раствор	22	11
	"	22	11

прямой зависимости от адгезионных свойств смолы со стекломатоматом. Чем лучше адгезионные свойства смолы, тем выше предел прочности при продолжительной нагрузке.

С целью примерной оценки характера снижения предела прочности в табл. 46 приведены данные по результатам испытаний стеклопластиков на изгиб при кратковременной и продолжительной нагрузке.

Таблица 47

Результаты испытаний стеклопластиков, полученных на основе полиэфирной смолы, на усталость при изгибе

Армирующие материалы образцов	Предел прочности при изгибе, кг/мм ² (А)	Предел прочности при изгибе после 5×10 ⁶ циклов, кг/мм ² (Б)	Отношение Б/А, %
18 слоев стекломата	22	5,3	24
18 слоев стекломата и один слой стеклоткани 181	29	4,6	23
10 слоев стекломата (с применением вакуумирования)	6,3	1,6	25
То же	9	2	23
8 слоев стекломата (с применением вакуумирования)	12,7	2,5	20
6 слоев стекломата (с применением вакуумирования)	6,0	1,9	38
16 слоев стеклоткани 3900—114 (32,3% стекловолокна)	25,7	5,6	22
19 слоев стеклоткани и 2 слоя стекломата (44% стекловолокна)	22,1	5,7	26
8 слоев стеклоткани и 5 слоев стекломата (30,6% стекловолокна)	18,2	5	27
3 слоя стеклоткани и 8 слоев стекломата (33,3% стекловолокна)	13,1	3	23
19 слоев стекломата (29,9% стекловолокна)	16,4	3	20
7 слоев стекломата (10,7% стекловолокна)	7,5	2,5	34
3 слоя стекломата (9% стекловолокна)	5,6	1,7	29
Полиэфирная смола без армирования	4,2	6,7	16.

Для выяснения поведения стеклопластиков в условиях знакопеременных нагрузок произвелись испытания образцов на усталость, причем предел усталости при изгибе был установлен после 5×10⁶ циклов. Результаты испытаний полимерных стеклопластиков на усталость приведены в табл. 47.

Как видно из таблицы, остаточная прочность при изгибе после 5×10⁶ циклов составляет у полиэфирных стеклопластиков от 20 до 34% первоначальной прочности, в то время как у металлов — около 50%. Имеются также указания на то, что для новых образцов стеклопластиков остаточная прочность после 5×10⁶ циклов несколько ниже, чем для сухих образцов.

Данные о работе на усталость стеклопластиков, полученных с применением различных смол и различных гидрофобных покрытий, приведены в табл. 48.

Как видно из таблицы, гидрофобные покрытия типа волана и силана работают на усталость практически одинаково.

Исследования о влиянии повышения температуры на усталость стеклопластиков показали, что в диапазоне температур от 23 до 150°С остаточная прочность стеклопластика снижается незначительно. Результаты испытаний на усталость стеклопластиков, изготовленных на основе различных смол при температурах от 23 до 200°С, приведены в табл. 49.

Как видно из табл. 49, значительное снижение конечной прочности образцов после 10⁷ циклов начинается при температурах свыше 150°С. Таким образом, выдержка суточных конструкций в диапазоне температур до +70°С влиянием температуры на усталость стеклопластиков можно пренебречь.

Наряду со стеклопластиками холодного отверждения в судостроении находят применение и стеклопластики горячего отверждения на основе различных связующих: фенольных, кремнийорганических, эпоксиных и др.

Из материалов горячего отверждения в настоящее время промышленностью выпускаются стеклотекстолиты на основе фенолополивинилбутиральной смолы БФ-2, БФ-7, БФ-8 и стеклоткани АСТТ (6) или стеклоткани в сочетании с хлопчатобумажной тканью.

Стеклотекстолиты изготавливаются методом горячего прессования и выпускаются листами длиной до 2,4 м, шириной до 1 м и толщиной от 0,5 до 15 мм. Физико-механические характеристики стеклотекстолитов различных марок приведены в табл. 50.

К высокопрочным стеклопластиками относятся стекловолокнистые анизотропные материалы (СВАМ), которые получают из ориентированного стекловолокна и синтетических смол.

Метод получения стекловолокнистых анизотропных материалов состоит в укладке стеклянных волокон параллельно одной плоскости и одновременном нанесении на них связующего материала.

Благодаря ориентации волокон получают стекловолокнистые материалы, обладающие, подобно древесному шпону и фанере, уругой анизотропией; эти анизотропные материалы называются стеклошпоном или стеклофанерой.

Результаты испытаний стеклопластиков, полученных с применением различных смол и гидрофобных покрытий

Типы смол	Армируемые материалы стеклопластика	Гидрофобный состав	Предел прочности при изгибе	Предел прочности при изгибе после 50/100 циклов замораживания	Относительное удлинение, %
			кг/мм ² (А)	кг/мм ² (Б)	
Полиэфирная А	Стеклопластик 181—126	Смолы	35	9,8	28
• Н	То же	•	42	9,8	23
• С	•	•	42	9,8	23
• А	Стеклопластик ТС	Валки А	35,5	6,2	24
• В	То же	•	23	6,3	27
• С	•	•	27,6	8,1	19
Эпоксидная Е	Стеклопластик 181	•	45	11,6	25
• Н	То же	•	52	13	25
Фенольная К	•	•	39	13	22
• Л	•	•	54	11,2	21

Таблица 47

Результаты испытаний стеклопластиков на устойчивость при различных температурах

Типы смол (армирующий материал — стеклопластик 181)	Механическая прочность образцов после 10 ⁵ циклов замораживания*			Коэффициент прочности в % к начальной		
	Температура, °С					
	33	150	200	23	150	200
Полиэфирная	7,2	6,3	3	22,4	19,6	9,1
Эпоксидная	7,7	6,3	3,3	25,3	27,5	17,4
Фенольная	8,8	8,9	2,3	27,6	28,1	7,1
Салicyловая	5,6	5,1	3,6	22,4	20,7	15,1
Полиэфирная (типичная под углом 45°)	4,5	3,1	1,2	13,9	9,6	3,9
Полиэфирная (50% армирование капроном)	3,5	3,2	2,2	10	11	8,1
Полиэфирная (50% армирование капроном)	1,7	1,8	1	5,2	6,1	3,7

* При соответствующей температуре испытания образцов — образцы изгибаются.

Таблица 48

Физико-механические свойства стеклопластиков различных марок

Физико-механические характеристики	Марки стеклопластиков									
	КАСТ (ВТУ МХП 2082—54)		КАСТ-15 (ВТУ М 285—54)		КАСТ-10 (ВТУ МХП 2082—54)		КАСТ-0,5 (ВТУ МХП 2082—54)		КАСТ (ВТУ М 60—51)	
	Толщина, мм		Толщина, мм		Толщина, мм		Толщина, мм		Толщина, мм	
Предел прочности при растяжении, кг/см ² по толщине не менее 1 мм	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0
	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700
Предел прочности при сжатии, кг/см ² по толщине не менее 1 мм	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550
	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550
Предел прочности при сгибании, кг/см ² по толщине не менее 1 мм	1000	600	1000	600	1000	600	1000	600	1000	600
	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Удлинение при разрыве, % по толщине не менее 1 мм	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Водопоглощение по массе, % в течение 24 ч в воде, при удлинении не более 100%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* В мм.

Для получения стеклофанеры с требуемыми механическими свойствами производят соответствующую укладку стекловолокна с последующим прессованием его.

Высокая механическая прочность — основное требование, предъявляемое ко всем стеклопластиковым как к конструктивному материалу.

Основным фактором, обеспечивающим прочность стеклопластиков, является прочность стекловолоконной структуры, применяемой для армирования стеклопластиков.

Технологический процесс получения СВАМ складывается из трех операций: а) вытяжка и укладка стекловолокна и пропитка его на специальных машинах; б) сушка пропитанного материала; а) прессование высушенного и сложенного в многослойные пакеты листового материала, пропитанного смолами при определенной температуре и различном давлении.

Прочиточные составы или искусственные смолы должны обладать небольшой вязкостью и способностью смачивать стекловолокно, кроме того, смолы должны характеризоваться хорошей адгезией к стеклу. Количество же смолы в СВАМ должно

Сравнительные данные о прочности элементарного волокна и прочности волокна в материале

Диаметр волокна, мк	Прочность элементарного волокна на разрыв, кг/мм ²	Прочность волокна из сплундированных коротких волокон, кг/мм ²	Прочность стекловолокна в волокне и материале, кг/мм ²	Степень использования прочности волокна ¹
6—8	170—230	—	165—107	0,60
10—12	100—135	170—210	130—130	1,13
14—16	90—90	135—150	153—157	1,63
18—20	60—70	125—130	141—143	2,19

¹ Отношение прочности к числу 4,4 в 3-й графе.

обеспечить максимальную прочность склейки отдельных слоев, максимальную водостойкость и механическую прочность.

Испытаниями установлено, что прочность волокна диаметром 14—20 мк в СВАМ больше таковой же волокна на воздухе. Сравнительные данные о прочности элементарного волокна и прочности волокна в материале приведены в табл. 5).

Значительное упрочнение волокна в материале может быть объяснено тем, что совместная деформация стеклянных волокон в связующем сопровождается большим удлинением в сравнении с отдельным волокном; кроме того, связующее предотвра-

щает возможность образования на стеклянных волокнах микротрещин, снижающих прочность.

В зависимости от рода связующего физико-механические свойства СВАМ колеблются в довольно широком диапазоне.

Данные о физико-механических свойствах СВАМ, полученных на основе различных связующих, приведены в табл. 52.

Физико-механические свойства СВАМ, полученных на основе связующих (диаметр стекловолокна 18 мк)

Связки	Прочность на разрыв, кг/мм ²	Среднее значение относительного удлинения, %	Усадка при нагревании на 100°С, %	Среднее значение модуля упругости, кг/мм ²	Температура размягчения, °С	Удельная масса, г/см ³
Водорастворимая метилметакрилатовая смола	26	35—30	65—94	16—20	19,9—26,4	1,60—1,86
Водорастворимая метилметакрилатовая смола в комбинации с диглицерофосфорными кислотами	26,4	30—30	134—158	26—26	20,3—27,2	1,85—1,94
Спирторастворимая карбонильная смола БДМ (эфир дивинилмолекул), сополированная с фенол-формальдегидной смолой	22,5	43—45	95—113	29—29	31,9—34,7	1,74—1,73
Эпоксидная ЭД-6 с отвердителем	22,1	45—47	260—308	41—46	27,5—31,9	1,91—1,98
Эпоксидная смола ЭД-6, сополированная с фенол-формальдегидной смолой	20	25—26	101—123	21—22	41,5—52,8	1,83—1,79
Эпоксидная смола ЭД-6, сополированная с карбонильной смолой БДМ (эфир дивинилмолекул)	20,0	33—48	147—173	30—41	22,1—24,9	1,73—1,74

В таблице не указаны данные о СВАМ, изготовленном на эпоксидной смоле (они приводятся несколько ниже).

На прочность СВАМ влияет содержание в нем стекловолокна. На первый взгляд кажется, что с увеличением количества стекловолокна в СВАМ прочность материала должна увеличиваться. Однако возрастание прочности наблюдается только при содержании стекловолокна до 65%, дальнейшее увеличение содержания стекловолокна ведет за собой снижение прочности.

При выборе СВМ с теми или иными механическими характеристиками следует иметь в виду, что, как уже указывалось выше, свойства анизотропных материалов зависят, главным образом, от направления волокон. Например, прочность стеклофайберы при растяжении в различных направлениях различна, соответственно СВМ растягивают в продольном и поперечном направлениях одинаково и составляет около 4900 кг/см^2 , и под углом 45° оно равно 2200 кг/см^2 .

При испытании трех образцов СВМ с различными соотношениями продольных и поперечных слоев прочность (в кг/см^2) составила:

Образца с 50% продольных слоев	4600—5000
• 50%	5000—5300
• 91%	4700—5000

Таким образом, по мере увеличения продольных слоев прочность материала в продольном направлении значительно увеличивается.

При растяжении образцов СВМ и изотропных материалов зависимость между напряжением и деформацией, почти до момента разрушения, графически может быть выражена прямой линией (закон Гука), т. е. между напряжением и относительной деформацией сохраняется пропорциональная зависимость:

$$\sigma = \epsilon E, \quad (38)$$

где ϵ — коэффициент пропорциональности;

E — модуль упругости.

Зависимость между напряжением и деформацией при растяжении образцов СВМ вдоль волокон показана на рис. 100.

Рассматривая кривую на рис. 100, можно прийти к следующему выводу: чем выше модуль упругости, тем меньше деформация при данном напряжении и, следовательно, тем жестче окажется конструкция, изготовленная из этого материала.

Механические испытания показали, что при растяжении изотропных образцов одновременно с удлинением происходит сокра-

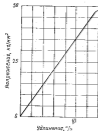


Рис. 100. Кривая зависимости модуля упругости и деформации (удлинения) при растяжении образцов СВМ вдоль волокон.

щение поперечных размеров, которое характеризуется коэффициентом Пуассона. Таким образом, упругие свойства изотроп-

ного материала определяются модулем упругости и коэффициентом Пуассона.

Ниже приведены модули упругости, полученные при растяжении СВМ в трех направлениях и 50%-ном содержании продольных слоев:

Распределение образца	Модуль упругости, кг/см^2	Коэффициент Пуассона
продольное	3400	0,13
поперечное	3430	0,13
под углом 45°	2360	0,47

Как видно из приведенных данных, при растяжении образца под углом 45° модуль упругости имеет наименьшие значения, а коэффициент Пуассона наибольшие.

В судостроении СВМ может применяться для изготовления сильно напряженных конструктивных элементов и узлов.

К недостаткам, ограничивающим применение СВМ в судостроении, следует отнести трудность формования в изделии и высокую стоимость исходных материалов.

СУДОВЫЕ ПЛАСТМАССОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ

§ 38. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В настоящее время все корпусные конструкции из армированной пластмассы (стеклопластика) могут быть подразделены на следующие условные группы: монолитные, композитные и слоистые с легкими наполнителями и без наполнителей.

Монолитные корпусные конструкции предусматривают единую монолитную наружную обшивку с поперечным и продольным наборами, которые приклеиваются к обшивке и формируются совместно с формованием основного корпуса.

Монолитные корпусные конструкции бывают также безнаборными или с некоторым количеством продольных или поперечных гофр.

Для сравнительно небольших судов прочность и жесткость безнаборных судов может быть достигнута за счет введения в конструкцию корпуса только поперечных или продольных ребер, выгородок, а для несательных яхтов за счет введения воздушных ящиков и балок.

Композитные корпусные конструкции в отличие от монолитных состоят из монолитной обшивки и палубы и присоединяемого к ним набора из дерева, легких сплавов или стали.

Такие элементы набора приклеиваются к наружной обшивке и палубе или присоединяются различными механическими способами (болтовые соединения, заклепочные или на шпильках).

Слоистые корпусные конструкции отличаются от предыдущих конструкций тем, что в слоистых конструкциях обшивка корпуса и палубы выполняются многослойными (двухслойными, трехслойными) с легкими наполнителями или без наполнителей.

В мировой практике пластмассового судостроения армированные пластмассы применяются при строительстве судов в различных вариантах. Встречаются суда, у которых корпус целиком изготовлен из пластмассы, а переборки — из дерева или клееной фанеры. Корпуса могут быть также изготовлены частично из легких сплавов и стали, а частично из стеклопластика.

Английская фирма «Хэмлетик» построила яхту из стеклопластика со следующими главными элементами:

Длина наибольшая, м	15,4
Ширина по палубе, м	4,4
Вес корпуса, м	2,7
Осадка, м	1,15
Мощность силовой установки, л. с.	2х300
Скорость, узлы	20

Для корпуса этой яхты применен стеклопластик, состоящий из полиэфирной смолы с наполнителем из стекловолокна, причем конструкция корпуса однослойная с Г-образными шпангоутами, расставленными на расстоянии 305 мм при толщине обшивки 9,5 мм. Пять переборок, делящие корпус на шесть водонепроницаемых отсеков, выполнены из водостойкой 19-мм фанеры красного дерева.

Другим характерным примером применения стеклопластика в композитной конструкции может служить катер 2627-Е, построенный фирмой «Воспер» в 1965 г.

Главные элементы этого глиссерирующего катера:

Длина наибольшая, м	20,8
Ширина по палубе, м	5,5
Высота борта, м	3
Водоизмещение, м	34
Мощность силовой установки, л. с.	2х1450
Скорость хода, узлы	40—42

Конструкция корпуса катера выполнена следующим образом: набор и обшивка днища — из легкого алюминизированного сплава; палуба двухслойная, деревянная из тика; обшивка борта — из стеклопластика на базе полиэфирной смолы, армированной стекловолокном, толщиной 7,7 мм. Бортовая пластмассовая обшивка прикрепена к набору с помощью болтового соединения.

В практике судостроения часто применяются стеклопластики для защиты деревянных корпусов от дравоточи, намокания наружной обшивки и водостойкости. Наружные слои деревянного корпуса покрывают тонким слоем стеклопластика или располагают стеклопластик между слоями наружной деревянной обшивки. Характерным примером такого использования стеклопластика может служить построенный фирмой «Воспер» торпедный катер «Брейв Бордерер» со следующими главными элементами:

Длина наибольшая, м	30
Ширина по палубе, м	7,7
Мощность силовой установки, л. с.	2х3500

Наружная обшивка этого катера деревянная, диагональная. Для защиты деревянных конструкций от дравоточи и намокания

ния подводная часть корпуса покрыта защитной тонкой оболочкой из стеклопластика. Настройка этого катера полностью выполнена из стеклопластика.

В практике судостроения применяются конструкции корпусов, которые специально спроектированы с упрощенной технологией строительства судов, не требующей изготовления дорогостоящей оснастки. Такие конструкции корпусов оправдали себя при единичной постройке судна. При постройке не менее 5-6 судов становится рациональными затраты на изготовление специальной оснастки. В качестве примера постройку судна без оснастки может служить корпус яхты «Ариета» (США) длиной 12,7 м. Вес яхты 16 т.

При строительстве этой яхты во избежание изготовления болвана в матрицу для контактного формования корпус наружная обшивка корпуса яхты была сделана из четырех слоев шпона, поверх которых был нанесен слой стеклопластика. Корпус из шпона явился как бы пуансоном. В этом случае слой стеклопластика предохраняет деревянный корпус от намокания и водотечности. Благодаря тому, что такая конструкция не требует изготовления оснастки, снижаются затраты на постройку яхтенного судна.

Для защиты некоторых частей пластмассового корпуса от повышенного износа к ним нередко пригоняют металлические элементы.

Так, в США построены десантно-высадочные суда со следующими главными размерениями:

Длина наибольшая, м	11
Ширина по палубе, м	3,65
Мощность главной установки, л. с.	320
Скорость хода, узлы	12

Для защиты днища корпуса при выходе судна на грунт к нему прикреплены специальные стальные полозья. Кроме того, для безопасности личного состава во время высадочных операций по обону бортам устанавливается противоударная броня.

§ 38. ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ПЛАСТМАССОВЫХ СУДОВ

Для оценки общей прочности пластмассовых судов следует определить нормальные напряжения в жестких продольных связях и наибольшие касательные напряжения, возникающие в обшивке бортов и продольных переборках, причем получаемые касательные напряжения не должны превышать допустимых значений касательных напряжений пластин бортов и продольных переборок.

Проверка прочности продольных связей корпуса, принимающих участие в общем изгибе, должна производиться по напря-

жением, получаемым в результате алгебраического сложения напряжений в жестких продольных связях от общего изгиба судна с напряжениями от местной нагрузки.

Нормальные напряжения в жестких связях корпуса могут быть определены по формуле

$$\sigma_x = \frac{M_x}{I_x} Z_x, \quad (39)$$

где M_x — расчетный изгибающий момент;
 I_x — момент инерции эквивалентного бруса;
 Z_x — расстояние наиболее удаленной кромки рассматриваемой связи от нейтральной оси судна.

В свою очередь расчетный изгибающий момент может быть определен по формуле

$$M_x = M_{\text{св}} + \Delta M, \quad (40)$$

где $M_{\text{св}}$ — изгибающий момент на тихой воде. Определение изгибающих моментов на тихой воде для порожнего и груженого судна следует производить путем непосредственного интегрирования кривой нагрузки;
 ΔM — дополнительные изгибающие моменты от поставкам судна на косяк волну.

Дополнительные изгибающие моменты могут быть определены как наибольшее значение, даваемое двумя формулами, рекомендуемыми Регистром

$$\Delta M' = [K_1 K_2 + 0,02(1 - \alpha)] L^3 B^4, \quad (41)$$

$$\Delta M'' = [0,0055 - 0,0127(1 - \alpha)] L^3 B^6, \quad (42)$$

где L — длина судна по конструктивной ватерлинии, м;
 B — ширина судна по конструктивной ватерлинии, м;
 λ — высота расчетной волны, м;
 α — коэффициент полноты конструктивной ватерлинии;

$$K_1 = 0,0255 - 0,0585(1 - \alpha), \quad (43)$$

$$K_2 = \frac{\sin \frac{\pi B \cos \varphi}{\lambda}}{\lambda \cos \varphi}, \quad (44)$$

где λ — длина расчетной волны, м;
 φ — угол, образованный диаметральной плоскостью судна с направлением, параллельным гребням волн

$$\varphi = \arcsin \frac{\lambda}{L}.$$

Численные значения коэффициента K_2 приведены в табл. 53.

При определении дополнительногогибающего момента от постановки судна на косую волну следует исходить из того,

Таблица 39

Значение коэффициента K_2

$\frac{L}{\lambda}$	$\frac{L}{\lambda}$						
	4	5	6	7	8	9	10
2	0,72	0,81	0,87	0,90	0,92	0,94	0,95
2,5	0,54	0,69	0,77	0,83	0,87	0,90	0,91
3	0,36	0,55	0,67	0,75	0,81	0,85	0,87
3,5	0,19	0,41	0,56	0,66	0,74	0,79	0,83
4	0,03	0,27	0,44	0,57	0,66	0,72	0,77
4,5	-0,09	0,14	0,33	0,47	0,57	0,65	0,71
5	-0,17	0,02	0,21	0,37	0,49	0,59	0,65
5,5	-0,21	-0,09	0,10	0,27	0,40	0,50	0,58
6	-0,21	-0,15	0,01	0,18	0,31	0,43	0,52
6,5	-0,19	-0,19	-0,07	0,09	0,23	0,35	0,45
7	-0,14	-0,22	-0,14	0,01	0,15	0,27	0,38
7,5		-0,22	-0,19	-0,06	0,17	0,30	0,41
8		-0,19	-0,23	-0,12	0,01	0,13	0,24
8,5			-0,22	-0,16	0,05	0,07	0,18
9			-0,21	-0,19	-0,10	0,01	0,11

что размеры волн (λ в метрах) приближаются в зависимости от предполагаемого района плавания судна по классификации Речным Регистром, к значениям:

Для бассейнов разряда	М*	.....	3x40
"	О*	.....	3x20
"	Р*	.....	1,2x12,5
"	Л*	.....	Вольные не учитываются

Наибольшие касательные напряжения, возникающие в обшивке бортов и продольных переборках, могут быть определены по формуле

$$\tau = \frac{Q_2 S_y}{I_x} \quad (45)$$

где Q_2 — расчетная поперерезывающая сила;
 S_y — статический момент связей эквивалентного бруса относительно нейтральной оси, лежащей по одну из сторон оси;

I_x — момент инерции эквивалентного бруса;
 δ — суммарная толщина обшивки бортов и продольных переборок.

В свою очередь, расчетная поперерезывающая сила может быть определена по формуле

$$Q_2 = Q_{20} + \Delta Q \quad (46)$$

где Q_{20} — поперерезывающая сила на тихой воде. Определение поперерезывающей силы на тихой воде для порожнего и груженого судна следует производить путем интегрирования кривой нагрузки;

ΔQ — дополнительная поперерезывающая сила от постановки судна на волну.

Наибольшая величина дополнительной поперерезывающей силы от волны может быть определена по формуле, рекомендованной Речным Регистром,

$$\Delta Q = \frac{\Delta M}{L} \quad (47)$$

где ΔM — дополнительныйгибающий момент от постановки судна на косую волну.

L — длина судна.

При оценке прочности пластмассового судна нужно исходить из того, что за расчетные значениягибающих моментов и поперерезывающих сил на тихой воде должны быть приняты их наибольшие значения для следующих случаев нагрузки: у судна в порожнем состоянии, в полном состоянии при нормальном заполнении грузовых отсеков, при возможном неблагоприятном размещении груза (от механизированной погрузки-выгрузки груза, от частичной загрузки судна грузом и т. д.).

Игибающие моменты и поперерезывающие силы пластмассовых судов определяются как при прогибе, так и при перегибе судна.

Оценка местной прочности пластмассового судна производится из расчета, что местная нагрузка определяется для следующих состояний судна: в грузу и на волне для судов разряда «М», «О» и «Р» и на тихой воде для судов разряда «Л»; порожнем за волне для судов разряда «М», «О» и «Р» и на тихой воде для судов разряда «Л»; в процессе погрузки и выгрузки при прочих неблагоприятных условиях работы судна.

Допустимые нормальные напряжения для расчета нагрузок судов на тихой воде и на волнении приведены в табл. 54.

Указанные в табл. 54 допустимые нормальные напряжения могут быть рекомендованы как справочные данные для оценки прочности пластмассового судна. Они были приняты ЦТКБ МРФ при проектировании экспериментальных судов из пластмассы.

Допустимые нормальные напряжения для расчета пластмассовых судов для случая нагрузки на такой воде и на воздухе

Назначение связей корпуса	Характеристика напряжений	Допустимые напряжения в % от предела прочности ¹⁾
Жесткие связи корпуса, включаемые в расчетный брус	Напряжения от общего изгиба	50
	Суммарные напряжения от общего изгиба и местной нагрузки в основных продольных связях:	
	в пролете	60
	в опорных сечениях	65
	Суммарные напряжения в продольных ребрах жесткости от общего изгиба, участка и изгиба основных продольных связей и несредственного изгиба элементами воды:	
в пролете	65	
в опорных сечениях	85	
Обшивка корпуса при поперечной системе набора	Суммарные напряжения в обшивке:	
	в пролете и опорных сечениях	65
Поперечный набор корпуса	Напряжения в холостых шпангоутах и бимсах:	
	в пролете	60
	в опорных сечениях	65
	Напряжения в рамных шпангоутах, флорах и рамных бимсах:	
	в пролете и опорных сечениях	60
Продольные и поперечные переборки	Напряжения в жестких стойках в пролете	65
	Напряжения в жестких переборках	85

¹⁾ На предел прочности следует применять действительное значение предела прочности стеклопластика, умноженное на коэффициент 0,7. Для стальных элементов из коррозионной среды и алюминия 0,5-0,75 на основании их химической среды. Различная коррозионная устойчивость разных сортов алюминия для стальных элементов из алюминия в воде, алюминия в морской воде, алюминия в пресной воде, нержавеющей стали и других флюидов. Внутренний предел прочности алюминия принимается для стали класса А17. В конструктивной практике коэффициент длины пролета корпуса судна принимается для стеклопластика по отношению ко стальной стали 0,4 от предела прочности стальной обшивки в 0,35 для алюминия из химической среды.

В дальнейшем по мере накопления опыта проектирования и эксплуатации речных судов из пластмассы некоторые приведенные в табл. 54 значения допустимых напряжений для отдельных элементов и для всего судна должны будут корректироваться.

§ 40. МОНОЛИТНЫЕ КОРПУСНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Монолитные корпусные конструкции состоят из монолитной однослойной обшивки из стеклопластика и поперечного и продольного набора, присоединенного к наружной обшивке и палубе на клею, или формируются совместно с корпусом судна.

При пластмассовом судостроении в зависимости от сочетания продольных и поперечных балок образуется та или иная система набора.

Принцип определения системы набора для пластмассовых судов может быть принят такой же, как и для металлических судов по классическому определению проф. И. Г. Вутова.

Этот принцип классификации систем набора имеет в основе распределение действующей на перекрытие нагрузки между продольными и поперечными связями, являющимися опорными контурами данного перекрытия.

Таким образом, если усилие, действующее на перекрытие, передается при помощи балок его набора, главным образом, на продольные связи дна и бортов, палубы, продольные переборки, обладающие большой жесткостью в своих плоскостях, то эта система набора называется продольной. Если усилие от продольных связей передается на поперечные переборки или на усиленные поперечные связи, то система набора называется поперечной.

Для пластмассовых судов, кроме поперечной и продольной систем, может применяться смешанная система набора. Смешанной называется система набора, имеющая поперечные балки жесткости, достаточные для поддержания всех балок главного направления. В смешанной системе набора усилие, воспринимаемое перекрытием, передается как на поперечные переборки и усиленные связи, так и на продольные переборки и усиленные продольные связи.

Во всех случаях, независимо от системы набора корпуса в оконечностях, название системы набора судна определяется системой набора в средней части.

При выборе той или иной конструкции корпуса судна следует в первую очередь исходить из специфических свойств материала стеклопластика и праймеритально и этому материалу разрабатывать конструктивные узлы и сопряжения.

Наиболее характерными элементами поперечного и продольного набора для пластмассовых судов являются балки П-образной формы.

Пустотелые шпангоуты, применяемые для некоторых судов из пластмассы, показаны на рис. 101.

Шпангоутное расстояние (шпация) рекомендуется выбирать с учетом толщины наружной обшивки. Оно может колебаться в пределах 350—500 мм.

Элементы профилей, определяющие прочность корпуса, устанавливаются расчетным путем в зависимости от назначения судна, района плавания и физико-механических свойств стеклопластика.

В случае получения высоких напряжений в более слабом малом пояске профиля последний может быть усилен за счет приклейки к нему ленты из высокопрочных стеклопластиков.



Рис. 101. Пустотелые шпангоуты, изготовляемые из стеклопластика на основе полиэфирной смолы с наполнителем из стекловолокна.

При проектировании и строительстве судов из пластмассы для монолитных конструкций применялась поперечная система набора. Так, конструктивный макет для моторкера длиной 7,5 м разработан в двух вариантах.

Первый вариант конструктивного макета предусматривает применение пустотелых элементов набора.

Наружная обшивка и весь набор изготавливаются из стеклопластика на базе полиэфирной смолы с наполнителем из стекловолокна. Для защиты стекловолокна от соприкосновения с водой предусматривается несколько слоев стеклоткани, т. е. в этом случае получается стеклопластик с наполнителем, наружные слои которого состоят из стеклоткани, а внутренняя из стекловолокна. Вариант конструктивного макета с пустотелым набором приведен на рис. 102.

Как видно из рис. 102, днищевая и бортовая обшивка состоит из стеклопластика толщиной 4 мм. На судне предусмотрен

брусковый киль, основным назначением которого является придание килеву устойчивости на курсе и защита корпуса от износа при плавании в условиях мелкой воды, где не исключается скользящее дноще по дну реки или канала.

Брусковый киль композитной конструкции состоит из деревянного бруса, обшитого по всему периметру стеклопла-

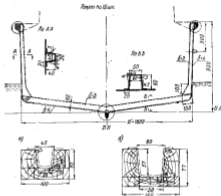


Рис. 102. Конструктивный макет шпангоут моторкера длиной 7,5 м с пустотелыми шпангоутами: а — конструкция борта для изготовления бортовой обшивки; б — конструкция борта для изготовления днищевой обшивки.

стисом. В нижней части брускового киля предусмотрена стальная паласа, которая крепится к брусковому килеву шурулами. Днищевые и бортовые шпангоуты — пустотелые \square -образной формы. Они прижимаются к ленте у борту той же полиэфирной смолой. Шпангоуты приватой конструкции должны быть предварительно сформованы и склеены болтами (см. рис. 102) и после окончательной формовки корпуса килевая установка на месте. Привальный брус — деревянный и со всех сторон обшито стеклопластиком. Он устанавливается по

ляния палубы. Соприкосновение палубы с бортом производится при соединении наружных кромок палубы к верхней плоскости привального бруса. Крепление палубы к борту осуществляется по верхней плоскости привального бруса на клею (полиэфирная смола) и дублируется металлическими шурупами, ввинченными через палубу в привальный брус. Вимсы в свою очередь прикрепляются к вершиям концов бортовых шпангоутов.

К недостаткам данного варианта конструктивного миделя следует отнести то, что для формирования шпангоутов требуется создание специальной оснастки, кроме того, требуется набор

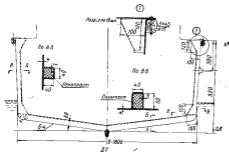


Рис. 103. Конструктивный мидель-шпангоут моторной лодки длиной 7,5 м (шпангоуты с заводскими из стеклопласта).

не обеспечивает высокого качества присоединения его к обшивке. Поэтому и был разработан второй вариант конструктивного миделя, который менее трудоемок в технологическом отношении и имеет более высокие прочностные показатели.

Конструктивный мидель-шпангоут, показанный на рис. 103, отличается от предыдущего миделя тем, что для облегчения процесса формирования шпангоутов применены шаблоны из пенопласта. Пенопластовый шаблон служит исключительно для формирования профиля поперечной или продольной связи и не назначается в работу профиля, хотя армированные стекловолокном поро- и пенопласты могут воспринимать на себя значительные нагрузки.

Шаблоны по форме связей могут быть изготовлены также из прованского картона, легких сплавов, пластмасс некоторых марок, кровельного железа, фанеры и др., причем участие в работе профиля указанных материалов пока что преобладает.

Наличие шаблонов позволяет производить формирование корпуса совместно со всеми продольными и поперечными связями, а это значительно упрощает технологию постройки и удешевляет стоимость судна. Кроме того, корпус с набором представляет монолит, благодаря чему прочность такого судна значительно выше, чем прочность судна с прикрепленным набором.

Отличие этого конструктивного миделя от предыдущего заключается еще в том, что здесь значительно упрощено крепление привального бруса к корпусу и сопряжение палубы с бортом.

Согласно настоящему варианту по линии палубы отформовывается фланец борта. К этому фланцу крепится на клею в верхней части палуба, а в нижней части и к наружной обшивке — привальный брус.

Для более надежного крепления палубы к борту и привальному брусу через палубу, фланец борта и привальный брус пропускаются сквозные болты. Этот вид соединения улучшает не только склейку элементов, но и дублирует прочностное клеевое соединение узла, который часто в эксплуатационных условиях подвергается разрушениям.

Благодаря указанным преимуществам данный вариант конструктивного миделя и был принят в качестве основного варианта для строительства моторкатера на заводе им. М. И. Калинина.

На рис. 104 приведена конструктивная схема моторкатера.

Как видно из схемы, корпус катера тремя поперечными переборками разделен на четыре отсека.

Все переборки сопрягаются с наружной обшивкой путем непосредственного прилипания к обшивке с внутренней стороны или путем присоединения к борту ранее выставленного набора по всему периметру судна. Часто применяют соединение переборки на клею и на шурупах или на клею и болтах.

Для обеспечения прочности и жесткости переборки вместо стоек предусмотрены гофры. В пластмассовом судостроении получение волнистых и гофрированных конструкций не требует почти никаких дополнительных затрат. Гофры получают во время формирования переборки на балласте.

Технологические преимущества гофрированных и волнистых конструкций делают их применение в пластмассовом судостроении рациональным.

В районе 10—14-го шв. судна устанавливается фундамент под главный двигатель.

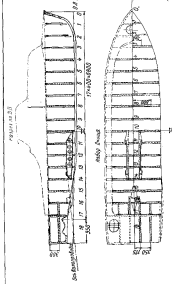


Рис. 104. Конструктивная схема шлюпки-переломки длиной 7,5 м, шириной 1,8 м, высотой бортов 0,50 м и осевой 0,38 м:
 а — корпус; б — конструкция мостового анклава; в — фланец шлюпки; д — план конструкции шлюпки с выделением ее терминала.

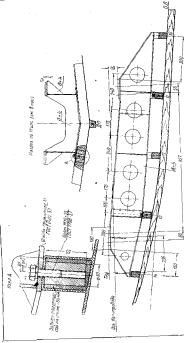
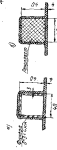


Рис. 105. Формы и размеры подголовника шлюпки и его крепления к корпусу катера.

Фундаменты под двигатели могут быть изготовлены из разных материалов: металлов, легких сплавов, дерева и пластмассы. На данном судне установлены металлические фундаменты, состоящий из двух сварных швеллерных балок, соединенных между собой килем с помощью сварки.

Металлический фундамент крепится к аластмассовому корпусу следующим образом (рис. 105).

На каждом поперек швеллерных балок просверлены дыры, через которые вкачиваются шпильки в ступки, элюминированные в поперечные и продольные балки.

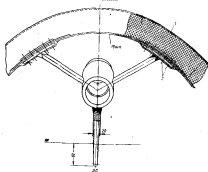


Рис. 106. Кронштейн гребного вала и его крепление к корпусу катера.
1 — лобовая часть монокуста (устанавливается после установки кронштейна); 2 — шпильки килем.

Как видно из рис. 105, в лобовых поперечных балках предусмотрены местные пробки из стеклопластика. Симметрично осям этих пробок вмонтированы металлические ступки, которые имеют резьбу по диаметру вилки фундамента. Для исключения возможности проворачивания втулок из них предусмотрены анкерные связи.

Седла для крепления беззащитных расположены в корме и изготовлены из стеклопласта. Они не клею присоединены к днищу и набору переборки в транце.

Крепление кронштейна гребного вала к корпусу, как видно из рис. 106, осуществляется с помощью заклепочного соединения.

Фланцы лоп кронштейна имеют заранее просверленные дыры. Кронштейн гребного вала крепится к корпусу судна бронзовыми заклепками, которые пропущены через фланцы лоп и внутренний дублирующий металлический лист. После того как заклепочное соединение выполнено, фланцы покрываются с наружной стороны тонким слоем стеклопластика, с внутренней стороны для предохранения корпуса от водотечи дублирующие листы также покрываются тонким слоем стеклопластика.

С целью оценки качества сопряжений приведем описание случая, который произошел во время натурных испытаний экспериментального катера.

Испытания проводились на получение максимальной скорости. Когда катер достигнул скорости 27 км/час, произошел сильный удар в днище и скорость резко уменьшилась. Оказалось катер залетел на толлак.

После того как катер подняли из воды на берег, была обследована подводная его часть. В результате обследования установлено, что помет бронзового вилки, винтика вилки или шарика в корпусе не обнаружено, не произошло также нарушения прочности и водотечи в кронштейнах гребного вала и дейдвудной трубе.

Палуба и надстройка катера выполнены монолитно на одном бортике из стеклопластика на основе полиэфирной смолы с наполнителем из стекломатов толщиной 3 мм. Для придания прочности палубе предусмотрены бимсы, а для придания жесткости козырьку предусмотрены монолитно сформованный по верхней кромке козырька бульбовый профиль.

Во время натурных испытаний было установлено, что крыша надстройки и рулевой рубка обладают недостаточной жесткостью. Для увеличения жесткости по крыше надстройки и рулевой рубки были предусмотрены продольные гофры. Конструкция палубы, надстройки и рулевой рубки показана на рис. 107.

Благодаря тому, что на моторкатер действуют незначительные внешние силы, все конструкции корпуса набраны по дощечной системе без апропульных связей. Несколько иначе обстоит дело с конструкцией корпуса грузового теплохода грузоподъемностью 15 т. Корпус грузового теплохода рассчитан из условий плавания его на акваториях с волновым режимом $1,2 \times 12,5$ м, что отвечает разряду «Р» по классификации Регистра. Ввиду значительных нагрузок все наружные обшивки выполнены из стеклопласта 16 слоев, только одна внутренний слой между рядами стеклопласта выполнен из одного слоя стекломата. Обшив толщиной наружной обшивки составляет 5 мм.

Конструктивный индекс-шпангоут грузового теплохода показан на рис. 108.

Как видно из рис. 108, корпус набран по поперечной системе набора. Шпангоуты по борту и днищу П-образной формы с шаблонами из пенопласта. Шпангоутное расстояние (шпация)

равно 600 мм. По днушу в диаметральной плоскости предусмотрены брусковый киль композитной конструкции. Брусковый киль состоит из деревянного бруса, облицованного со всех сторон стеклопластиком. В нижней части брускового киля предусмотрен стальной полосу. По днушу с каждого борта вмонтированы один боковой кильсон того же профиля, что и внешние шпангоуты. Шаблонами для формирования боковых кильсонов служат пенопласт. Для обеспечения протока воды в днищевых шпангоутах предусмотрены голубинцы в диаметральной плоскости и у бортов. Палуба грузового теплохода также выполнена из

Рис. 286

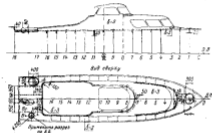


Рис. 287. Схема калубы, надстройки и рулевой рубки моторной лодки.

стеклопластика, а в качестве наполнителя применен стеклоткань и небольшое количество стеклоткань 16 слоев. Толщина палубы в средней части судна 6 мм, в оконечностях 3—4 мм. Набор палубы поперечный.

Соединение палубы с бортом осуществляется путем приклейки выступающих плоскостей и фланца борта во всею периметру и дополнительного крепления балками, продольными склеив палубу, фланец борта и привальный брус. Вместе же присоединяются к расширенной верхней части бортового шпангоута на клею.

С целью поддержки калубы предусмотрены пиллерсы. Пиллерсы данного судна — квадратные в сечении, применен в качестве шаблона для формирования пиллерсов служит пенопласт. Следует иметь в виду, что пиллерсы могут применяться разных профилей. При больших усилиях следует рекомендовать

применение стандартных труб из высокопрочных стеклопластиков (СВМ).

Пиллерсы для грузового теплохода выполнены из стеклопластика, изготовленного на основе полиэфирной смолы с наполнителем из стеклоткани. Толщина стенок пиллерса 3 мм. Крепление пиллерса к днищевому шпангоуту и карлингсу осуществляется на клею.

Днище рулевой рубки гофрированной конструкцией крепится к карлингсу на клею и дублируется болтовым соединением.

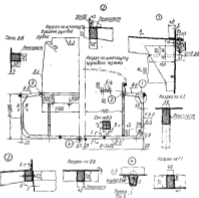


Рис. 288. Конструктивный модель-шаблон грузового теплохода грузоподъемностью 25 т.

Рулевая рубка формируется совместно с палубой и является монолитной с палубой конструкцией. Надстройка состоит из стеклопластика, изготовленного на основе полиэфирной смолы с наполнителем из стеклоткани.

Компакт грузового трюма формируется заводно с палубой, и его конструкция обеспечивает установку и работу складывающегося штротного люкового закрытия.

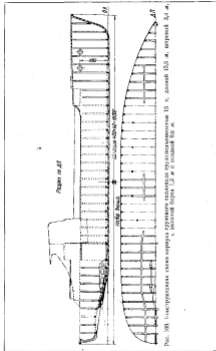


Рис. 109. Конструктивная схема корпуса грузового теплохода грузоподъемностью 15 т, длиной 15,5 м, шириной 3,4 м, с высотой борта 1,3 м и осевой 0,0 м.

Как видно из приведенной на рис. 109 конструктивной схемы грузового теплохода, корпус теплохода четырьмя переборками разделен на пять отсеков. Все переборки сопрягаются с корпусом (они приклеиваются к ранее выставленным длашам и бортовым шпангоутам к бандам). Для более надежного сопряжения переборки с поперечным набором клеевое соединение дублируется болтовым соединением. Деталь крепления поперечной переборки к поперечному набору показана на рис. 110.

За бачки главного направления приняты днашые шпангоуты, кильсоны по всей длине корпуса являются интеркостельными.

На судне предусмотрен полубак, который формируется монолитно с корпусом. Настла палуба соединяется с корпусом по типу соединения палубы с бортом.

Общий вид конструкции набора и полубака показан на рис. 111.

Как видно из рис. 111, палубы расставлены по всей длине грузового трюма на расстоянии трех шапак. Комингс имеет специальное устройство для установки складывающегося люкового закрытия штаргового типа. Вырезы в полубаке обеспечивают вход в форник и жилой кубрик.

В кормовой части судна предусмотрена рулевая рубка и вал моторного отделения, которые формируются совместно с палубой.

В районе моторного отделения имеется металлический фундамент, его конструкция и крепление к корпусу аналогичны конструкции и креплению на мотокатере. Кронштейн гребного вала крепится к корпусу на медных закладках.

С целью обеспечения прочности и жесткости переборок вместо стоек на всех переборках предусмотрены гофры. Как уже указывалось, на грузовом теплоходе широко используются гофрированные конструкции не только для переборок, но и для надстроек рубок и других элементов.

В пластмассовом судостроении может найти применение вертикальное и горизонтальное расположение гофров. На палубах и крышах надстроек гофры могут располагаться в продольном и поперечном направлениях по отношению к диаметральной плоскости судна.

Продольное расположение гофров более приемлемо из условия обеспечения приятного внешнего архитектурного вида кон-

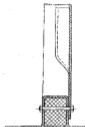


Рис. 110. Деталь крепления поперечной переборки к поперечному набору.

струкции, но в остальных случаях следует отдать предпочтение вертикальному и поперечному расположению гофров.

Основным недостатком продольных гофров следует считать то, что для обеспечения прочности и жесткости конструкции требуется установка стоек. Установка стоек усложняет технологию и повышает трудоемкость строительства судна.

Таким образом, применение вертикальных и поперечных гофров предпочтительнее продольных, так как исключает необходимость дополнительной установки стоек.

При выборе расположения гофров следует учитывать из того, что гофры могут располагаться как внутри помещений, так и снаружи. Для внутренних выгородок расположение гофров не имеет никакого значения. На крышах надстроек, палуб и в других

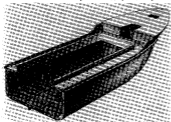


Рис. 112. Общий вид конструкции корпуса и палубы грузового теплохода.

конструкциях гофры следует располагать таким образом, чтобы в них не скапливалась вода, учитывая при этом, что наружное расположение гофров увеличивает полезную площадь и высоту помещений. По форме гофры могут быть полукруглые, треугольные и трапециевидные.

Размеры гофров принимаются из условия получения необходимого момента сопротивления для восприятия расчетного изгибающего момента сечением перерезывающей силы.

Поперечная переборка грузового теплохода с вертикальными гофрами показана на рис. 112.

При расположении гофров по длине днища, палубы, бортов, продольных переборок и расчехи судна на общий вес обшивки следует рассчитывать эквивалентный брус судна. Необходимо проверить на устойчивость от сжимающих нагрузок плоские грани гофра, считая их пластинами, свободно опертыми по

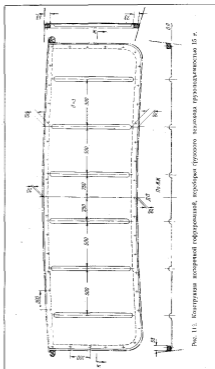


Рис. 113. Конструкция поперечной гофрорешетки, переборки грузового теплохода грузоподъемностью 15 т.

крайкам и нагруженными сжимающими усилиями вдоль длинных сторон опорного контура.

При расположении гофров за поперечных переборках последние должны рассчитываться на гидростатическое давление от жидкого груза, на усилителе девиции от донцевого и бортового набора, на усилителе, действующим в плоскости переборки при постановке судна в док.

В случае расположения гофров воперек судна они исключаются из участия в общем изгибе и несут только местные нагрузки.

При расчете гофрированной конструкции на поперечную равномерно распределенную нагрузку каждую грань гофра следует считать жестко соединенной с соседними гранями, вертикальной по ширине и работающей в двух взаимно-перпендикулярных направлениях: в продольном на изгиб в своей плоскости как простая балка и в поперечном — на изгиб в плоскости как элемент пространственной рамы.

В случае изгиба граней в продольном направлении по поперечным сечениям из возникают нормальные напряжения и сдвигающие усилия. При поперечном изгибе граней появляются изгибающие моменты, действующие по продольным сечениям гофра.

Наибольшие значения нормальных напряжений могут быть определены по формуле

$$\sigma_x = \beta \frac{qL^2}{4t} \frac{b + \cos \alpha}{(1 + 3k) \sin \alpha}, \quad (48)$$

где $\beta = 0,75$ для гофра со свободно опертими концами, $\beta = 0,5$ для гофра с жесткой заданной концов, $\beta = 0,6$ для гофра с податливой заданкой концов;

q — равномерно распределенная нагрузка на середине рассчитываемого гофра, кг/см²;

L — длина пролета гофра;

b — ширина начальной части гофра;

t — толщина гофра;

k — отношение сторон гофра;

α — угол наклона гофра к плоскости настила.

Обозначение элементов гофра приведено на рис. 113. Наибольшие касательные напряжения в опорном сечении и на уровне $\frac{b}{2}$ по высоте могут быть определены по формуле

$$\tau_{max} = \frac{3qL}{4t} \frac{(1 + 3k)(b + \cos \alpha)}{(1 + 3k) \sin \alpha}, \quad (49)$$

Нормальные напряжения в поперечном направлении могут быть определены по формуле

$$\sigma_y = \frac{q}{2} \left(\frac{b}{t} \right)^2 (1 - k + k^2) + \frac{q}{2} \frac{b + \cos \alpha}{\sin \alpha}. \quad (50)$$

Правильную формулу можно применять при любом способе закрепления торца гофра.

Из некоторых выполненных работ следует, что гофрированную переборку под действием гидростатического напора можно рассматривать как систему отдельно работающих изгибавшихся

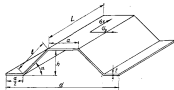


Рис. 113. Конфигурация и обозначение гофра.

ных балок — гофров. Подтверждена также правильность выражений геометрических зависимостей между элементами гофров. Площадь поперечного сечения

$$F = 2t(a + b). \quad (51)$$

Момент инерции

$$J = \frac{t^3}{6} (3a + b). \quad (52)$$

Момент сопротивления

$$W = \frac{t^3}{3} (3a + b). \quad (53)$$

Статический момент

$$S = \frac{t^3}{4} (2a + b). \quad (54)$$

Проверка прочности волнистых гофрированных пластинчатых переборок может быть произведена по следующим формулам предложенным Я. И. Коротким и А. И. Максимовым.

Формулы предполагают, что гофрированный элемент работает на изгиб как балка, нагруженная и закреплённая по концам. В этом случае касательные напряжения в попе-

рочных сечениях волнистых гофр могут быть определены по общезвестной формуле

$$\tau = \frac{NS}{J} \quad (55)$$

где N — пережимающая сила;
 S — статический момент части площади, отсекаемой произвольным меридиональным сечением, для положений поперечного сечения (рис. 114);
 J — момент инерции полного сечения волнистого гофра относительно нейтральной оси;
 t — толщина пластины гофра.

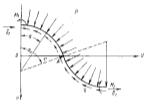


Рис. 114. Весел изогнутого гофра.

В свою очередь статический момент

$$S = tr^2(\sin \alpha - \alpha \cos \alpha), \quad (56)$$

где r — радиус окружности, образующий часть гофра;
 α — угловая величина кругового дуг, образующих гофр.
 Момент инерции полного сечения волнистого гофра относительно нейтральной оси

$$J = 2tr^3\beta(\alpha), \quad (57)$$

где

$$\beta(\alpha) = \alpha + 2\alpha \cos^2 \alpha - 1,5 \sin 2\alpha.$$

Если подставить значения статического момента и момента инерции в формулу, по которой определяем касательные напряжения, то она примет следующий вид:

$$\tau = \frac{N(\sin \alpha - \alpha \cos \alpha)}{2rcs(\alpha)} \quad (58)$$

По этой формуле можно определить касательные напряжения в произвольной точке поперечного сечения волнистого гофра.

Напряжения от изгиба в соответствующих сечениях могут быть определены по формуле:

$$\sigma = \pm \frac{6M}{T^2}, \quad (59)$$

где M — величина расчетного изгибающего момента в любом сечении балки-полоски, определяемая переменным углом α .

$$M = M_1 + M_p + M_s - M_{os}, \quad (60)$$

где M_1 — изгибающий момент, приходящийся на единицу ширины в меридиональном сечении, совпадающем с вершиной гофра;
 M_p — изгибающий момент от равномерной внешней нагрузки;
 M_s — изгибающий момент от разности касательных усилий в двух поперечных сечениях;
 M_{os} — изгибающий момент от осевых усилий, действующих в меридиональном сечении, совпадающем с вершиной гофра.

Составляющие расчетного изгибающего момента вычисляются по следующим формулам:

$$M_1 = K_1 pr^2, \quad (61)$$

где p — равномерно распределенная нагрузка от давления воды;

K_1 — коэффициент, значение которого меняется в зависимости от величины угла (табл. 55).

$$K_1 = \frac{1}{2} \left[\sin(\alpha - \alpha_0)(1 - k) - \frac{2 \sin \alpha_0}{3(\alpha_0)} \left(\frac{3}{2} \alpha_0 \cos \alpha_0 - \frac{3}{2} \sin \alpha_0 - \frac{1}{2} \sin 2\alpha_0 - \frac{\alpha_0^2}{6} \cos \alpha_0 + \alpha_0^3 \right) \right]. \quad (1)$$

Таблица 55

Значение коэффициентов K_1 и K_2 в зависимости от α_0

Коэффициенты	α_0 град.						
	30	40	50	60	70	80	90
K_1	0,0177	0,0315	0,0505	0,0732	0,102	0,136	0,174
K_2	-0,1088	-0,0357	-0,0357	-0,0688	-0,111	-0,147	-0,187

Изгибающий момент от равномерной внешней нагрузки определяется по формуле

$$M_0 = 2pr^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}. \quad (62)$$

Изгибающий момент от разности касательных усилий в двух поперечных сечениях

$$M_1 = pr^2 \frac{2 \sin \alpha_0}{\beta (1 + \alpha_0)} \left[\cos \alpha_0 \left(2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} - \frac{\alpha^2}{3} \right) - \cos \alpha - \frac{\alpha}{2} \sin \alpha + 1 \right]. \quad (63)$$

Изгибающий момент от осевых усилий определяется по формуле

$$M_2 = 2pr^2 K \sin^2 \frac{\alpha}{2}, \quad (64)$$

где

$$K = \left[\frac{2 \sin \alpha_0}{\beta (1 + \alpha_0)} \left(\cos \alpha_0 - \frac{2}{3} \cos^2 \alpha_0 - \frac{\alpha}{2} \sin 2\alpha_0 + \frac{1}{3} \right) + 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right].$$

Для расчетов с достаточной степенью точности значение коэффициента K принимается равным $\sim 1,6$.

Напряжения в срединной поверхности и в меридиональных сечениях, совпадающих с вершиной и впадиной гофров, можно определять по формуле

$$\sigma_1 = K \frac{E'}{r} \approx 1,6 \frac{E'}{r}. \quad (65)$$

Для расчета волнистых гофрированных конструкций представляет также интерес определение изгибающего момента в точке перегиба гофра.

Изгибающий момент в точке перегиба гофра

$$M_3 = K_0 pr^2, \quad (66)$$

где K_0 — коэффициент, значение которого приведено в табл. 55.

Как видно из табл. 55, изгибающие моменты M_1 и M_2 получаются разных знаков, а по абсолютной величине наибольшим является изгибающий момент M_0 .

При выборе размера гофра следует иметь в виду, что в случае относительно большой высоты гофра напряжения от изгиба в меридиональных сечениях достигают значительных величин.

Высота поперечного сечения гофрированного элемента может быть определена по формуле

$$\Delta = 2r(1 - \cos \alpha_0). \quad (67)$$

В отличие от монолитных корпусных конструкций композитные конструкции могут состоять из монолитной обшивки и палубы из стеклопластика и присоединяемого к ним набора из других материалов: дерева, металла и легких сплавов.

В иностранной практике пластмассового судостроения часто прибегают к созданию композитных конструкций, состоящих из деревянного каркаса, в который входят все продольные и поперечные связи наружной обшивки и палубы из стеклопластика, изготовленного на основе полиэфирной смолы с наполнителем из стекловолокна.

Предварительно собранный деревянный каркас, состоящий из форштевяк, брускового кия, шангаутов и продольных ребер жесткости, показан на рис. 115.



Рис. 115. Предварительно собранный деревянный каркас для композитной конструкции пластмассового корпуса.

Целесообразность строительства композитных корпусных конструкций, которые состоят из предварительно собранного деревянного каркаса с корпусом из стеклопластика, объясняется меньшими трудовыми затратами по изготовлению и установке деревянного набора на судне по сравнению с набором, изготовленным из стеклопластика. Снижение трудовых затрат позволило снизить строительную стоимость судов.

Технологически суда, состоящие из монолитной однослойной обшивки и деревянного каркаса, собираются в следующей последовательности:

- а) предварительно собирается деревянный каркас всего продольного и поперечного набора судна;
- б) обшивка корпуса в матрице из стеклопластика формируется контактным методом;
- в) после окончания формирования корпуса в последний вставляются каркас и прикладывают весь набор к обшивке. При уста-

новые набора в сыром корпусе приклейка набора может не производиться.

Иногда для более длительного сохранения набора весь его perimeter обклеивается стеклопластиком, состоящим из нескольких слоев ткани.

В практике имеются также случаи, когда строится деревянное судно и поверх деревянной обшивки с наружной стороны наносится слой стеклопластика.

Конструктивный видель-шпангоут судна с деревянной и пластмассовой обшивкой показан на рис. 116.

По нашему мнению, конструкция, состоящая из деревянной и пластмассовой обшивки, польза рекомендовать для яхт.



Рис. 116. Конструктивный видель-шпангоут, состоящий из деревянной и пластмассовой обшивки.

1 — деревянный видель; 2 — внутренняя обшивка; 3 — деревянная обшивка; 4 — наружная обшивка обшивки из пластмассы.

строения судов, а можно рассматривать как временное конструктивное решение проблемы устранения течи и сохранения деревянных корпусов, находящихся в эксплуатации длительный период времени.

Целесообразно в данном случае иметь одну обшивку из стеклопластика. Наличие деревянной обшивки ничем не оправдано.

Встречаются также корпусные конструкции, состоящие из стеклопластиковой обшивки и набора из металла, легких сплавов или дерева, в конструкциях, в которых обшивка корпуса выполнена частично из металла или легких сплавов и частично из пластмассы.

Для некоторой иллюстрации конструкции корпуса, состоящей из дерева, легких сплавов и стеклопластика, можно привести иллюстрированный катер, построенный фирмой «Востер» (рис. 117). Обшивка этого катера в длинной части состоит из листов легких алюминиевых сплавов толщиной 5,1 мм, борта из стеклопластика толщиной 7,7 мм и палубы из двух-

слойного ткаля. Весь набор катера выполнен из легких алюминиевых сплавов.

Данное конструктивное решение принято фирмой, вероятно, потому, что катер, оснащенный довольно мощной силовой установкой (3 дизеля по 3500 л.с.), развивает значительные ско-

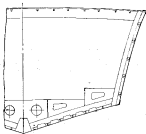


Рис. 117. Конструктивный видель-шпангоут катера фирмы «Востер», у которого днище из легких сплавов, борта из стеклопластика и деревянные палубы (двухслойный ткаля).

рости, но так как стеклопластики работают на истирание значительно хуже, чем легкие сплавы, то последние и применяются для подводной части. Кроме того, легкие сплавы, пластмасса и дерево являются антиматериями материалами, а это очень важно для судов данного класса.

§ 42. СЛОЙНЫЕ КОРПУСНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Слойные корпусные конструкции отличаются от монолитных и композитных тем, что в слойных конструкциях обшивка корпуса и палубы выполнены многослойными: двухслойными, трехслойными с легкими наполнителями или без наполнителей.

Для слойных конструкций, не имеющих легких наполнителей, обе оболочки связываются одна с другой специальными ребрами жесткости или с помощью гофрированной оболочки. Создание жесткости и ребер жесткости осуществляется на клею. Промежутки, образованные между двумя оболочками, могут служить воздушными подушками.

На рис. 118 показана двухслойная конструкция спасательной шлюпки. Внутренняя оболочка соединяется с корпусом спасательной шлюпки с помощью поперечных ребер жесткости, оформленных на внутренней оболочке в форме палубы. После соединения ребер жесткости с корпусом обе оболочки работают совместно и в целом конструкция получается очень жесткой.

Трехслойные конструкции пластмассовых судов отличаются от двухслойных тем, что в этом случае воздушные промежутки заполняют легким наполнителем, который, соединяясь с обеими оболочками клеевым соединением, заставляет работать обе оболочки с легким наполнителем как одну систему. Наличие про-

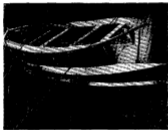


Рис. 118. Спасательная шлюпка, корпус которой состоит из двух оболочек.

должных и поперечных ребер, наряду с легким наполнителем, для более крупных судов является обязательным.

Основными требованиями к легкому наполнителю, используемому на заполнение воздушных отсеков, являются их водонепроницаемость, отсутствие водотечности и коррозии клеящего свойства. Для удовлетворения требования водонепроницаемости (негигроскопичности) и отсутствия водотечности применяемые лево- и поропласты должны иметь замкнутые водостойкие ячейки.

Часть объема, образуемая между корпусом и внутренней оболочкой, заполняется легкой вористой пластмассой (поливинилхлоридом или полистиролом).

В случае повреждения внешней оболочки корпуса судна легкий наполнитель предохраняет смежные отсеки от попадания воды, благодаря чему сохраняется плавучесть судна.

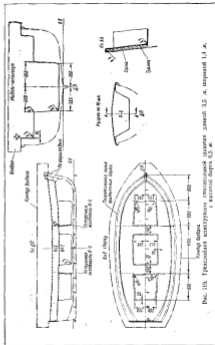


Рис. 119. Трехслойная конструкция спасательной шлюпки длиной 3,5 м, шириной 1,4 м, с высотой бортов 0,5 м.

Наиболее целесообразным является применение в качестве наполнителя воздушных отсеков пористой неагрессивной пластмассы с малым удельным весом и с замкнутыми ячейками.

Вместо пористой пластмассы могут быть также применены другие наполнители в виде сотовых конструкций. Соты обычно изготавливаются из бумаги, ткани и пропитываются фенольной смолой. В практике встречаются сотовые конструкции, изготовленные из легких сплавов, которые представляют с двух сторон с одной стороны я оболочку. Следует отметить, что я легкие ячеистые наполнители, и сотовые наполнители связывают между собой оболочки и создают как бы монолитную конструкцию.

Конструкция корпуса с трехслойной обшивкой при том же весе является более жесткой по сравнению с однослойной монолитной конструкцией. Это объясняется тем, что трехслойная конструкция с относительно тонкими наружными стенками обладает большим моментом инерции.

Спроектированная ЦТКБ МРФ трехслойная конструкция спасательной шлюпки (рис. 119) состоит из безбортового корпуса толщиной 3—4 мм, внутренней оболочки толщиной 2 мм и легкого наполнителя с удельным весом 0,015 кг/м³.

Корпус спасательной шлюпки выполнен из стеклопластика, изготовленного на основе полиэфирной смолы и наполнителем из стекловаты. Внутренняя оболочка сконструирована таким образом, что она не только создает жесткость и прочность спасательной шлюпки, но и предусматривает бачки, носовые и кормовые сиденья и жесткий транец, к которому крепится подвесной мотор мощностью 10 л. с.

Для придания большей жесткости между внутренней оболочкой и транцем корпуса имеется сосновый доска.

Во время натурных прочностных испытаний шлюпка с балдаком в виде мешков с песком весом 720 кг была подвешена краном в двух точках, т. е. за рамы, конструкция которых показана на рис. 120. В подвешенном состоянии шлюпка находилась свыше двух часов, при этом деформации корпуса в продольном и поперечном направлениях не были обнаружены. Приемная комиссия сошла, что на этом можно закончить прочностные испытания, и дал указание крановщику опустить спасательную шлюпку на землю. В момент опускания ввиду неисправности тормозов на лобовые крана шлюпка с высотой более 3 м с полной нагрузкой упала на землю, однако при осмотре шлюпки не было зафиксировано никаких повреждений.

Следует иметь в виду, что ячеистые воздушные пространства, образуемые между двумя оболочками, создают ей высокие показатели непотопляемости даже при нескольких повреждениях наружной обшивки корпуса.

Размещение легкого наполнителя в носовой части спасательной шлюпки показано на рис. 121.

При разработке пластмассовой конструкции речного танкера грузоподъемностью 100 т были рассмотрены различные варианты конструкций корпуса, в том числе монолитные и комбинированные конструкции, однако наиболее оптимальной оказалась трехслойная конструкция корпуса (рис. 122).

Трехслойная конструкция корпуса танкера не только является жесткой и прочной, но и обеспечивает возможность производить зачистку судна от остатков нефтепродуктов современными средствами механизации, что является очень важным обстоятельством. На металлических судах с целью получения гладкого дна для механизированной зачистки танков прибегают к весьма металлоемким и трудоемким конструкциям: конструкции корпуса с двойным дном, астажные цистерны и т. д. Таким образом, благодаря принятой трехслойной конструкции

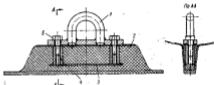


Рис. 120. Конструкция крепления рамы к корпусу спасательной шлюпки.
1 — корпус 2 — внутренняя оболочка 3 — наполнитель 4 — монтажные крюки

корпуса все внутренние поверхности оказались гладкими без каких-либо дополнительных затрат материалов и средств.

Конструкция танкера (см. рис. 122) состоит из двух несущих оболочек днища и бортов из стеклопластика, изготовленного на основе полиэфирной смолы с наполнителем из стекловаты, и монолитной однослойной гофрированной конструкцией палубы.

В диаметральной плоскости предусмотрена продольная переборка из стеклопластика. Для обеспечения жесткости продольной переборки на ней имеются гофры, расположенные по длине судна.

Внутренняя и внешняя оболочки днища и бортов связаны между собой продольным и поперечным набором. Набор имеет фланцы, которыми приклеивается к оболочкам. Воздушные промежутки, образованные между набором и обоими несущими оболочками, заполняются легким пенным наполнителем. Для

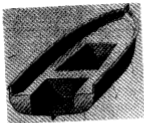


Рис. 121. Основная часть спасательной шлюпки.
1 — внутренняя обшивка; 2 — корпус; 3 — лонжеронная часть.

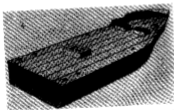


Рис. 122. Вид с носа на корпус шлюпки с мощностью двигателя 100 л.

танкеров, перевозящих темные нефтепродукты, могут применяться сетовые наполнители (рис. 123).

На танкерах из пластмассы более безопасно перевозить нефтепродукты I и II разрядов, так как исключается возможность искрообразования от трущихся металлических частей или от трения металлической детали о пластмассовую, что очень важно для безопасного нахождения команды на судне.

В Англии были проведены исследования в области проектирования, строительства и эксплуатации пластмассовых трехслойных корпусов катеров. Спроектирован и построен катер с трехслойной обшивкой, причем на внутренней оболочке для придания жесткости катеру предусмотрены продольные и поперечные гофры. Общий вид корпуса английского катера с трехслойной обшивкой показан на рис. 124.

Наружная и внутренняя оболочки изготовлены из стеклопластика, изготовленного на основе полиэфирной смолы с наполнителем из стекловолокна. Воздушные промежутки между обеими оболочками заполнены пенопластом с удельным весом 75 г/см^3 .

Произведенные фирмой исследования на разрушение образцов, состоящих из трехслойной пластмассы, показали, что разрушение происходит только в наружных слоях, расслаивание не наблюдается.

Образец катера с трехслойной обшивкой из пластмассы был подвергнут специальным испытаниям на прочность в пуче. Стрельба производилась из оружия калибром 5,58 мм на расстоянии 9 м. В результате испытаний установлено, что все пули застряли в мягкой сердцевине пенопласта, но пробив образец (рис. 125).

Этот катер при простом и лодочных испытаниях прошел около 1000 миль в различных условиях морского плавания и не получил никаких повреждений. Как показали проведенные исследования, конструкция корпуса с трехслойной обшивкой оказалась более жесткой, чем с однослойной монолитной обшивкой. Последнее обстоятельство объясняется тем, что трехслойная обшивка с легким наполнителем и сравнительно тонкими оболочками стеклопластика обладает значительно большим моментом инерции, чем монолитная конструкция. Благодаря указанным преимуществам в Англии, по свидетельству фирм, намечены к строительству на трехслойной пластмассе суда длиной 17,7 и 30,5 м.



Рис. 123. Сетовой наполнитель.

В США с 1951 г. строят десантно-высадочные суда LCVP из стеклопластика со следующими главными размерениями:

Длина верблюда, м	11
Ширина по палубе, м	3,66
Масса сменной установки, т	220
Скорость хода, узлы	12

В качестве наполнителя применяется полистироловый пенопласт типа ПС с закрытыми порами. Указанный наполнитель при хороших прочностных показателях имеет небольшой вес.

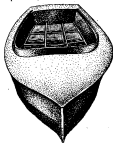


Рис. 124. Общий вид корпуса, изготовленного из трехслойной пластмассы с легким наполнителем.



Рис. 125. Срез палубы верблюда, изготовленного из трехслойной пластмассы на пробованности звуков.

Ввиду наличия в полиэфирной смоле стирала пенопласт вступает во взаимодействие с ним и разлагается. Чтобы устранить это явление, каждый блок пенопласта перед установкой на судно покрывается специальным клеем и оборачивается в крафт-бумагу, на которую наносится специальный состав для герметизации блоков пенопласта.

Произведенные натурные испытания небольшой серии этих судов показали, что главным недостатком конструкции корпуса является использование пенопласта типа ПС в качестве наполнителя, так как при пробном входе воды пенопласт растворяется в стирале полиэфирной смолы.

В качестве легкого наполнителя между оболочками из стеклопластика может быть применен эмульсионный полистирол, который выпускается отечественной промышленностью

по ТУ МХП 1827—51. Полистирол по указанным техническим условиям служит для получения легких пористых пластиков, состоящих из замкнутых ячеек, наполненных воздухом или каким-либо другим газом.

Основным преимуществом полистирола, как наполнителя, является его малый вес и сравнительно высокие показатели. Замкнутость газовых пор полистирола способствует его влагостойкости.

Физико-механические свойства полистирола некоторых производителей марок приведены в табл. 56.

В настоящее время отечественной промышленностью освоено производство пенопласта двух марок ПС-1 и ПС-4. Пенопласт ПС-1 по ТУ МХП 3202—54 может быть успешно применен в качестве наполнителя в армированных конструкциях, а также в качестве звуко- и теплоизоляционного материала. Основным недостатком указанных пенопластов является их горючесть.

В последние годы довольно часто в судовых корпусных конструкциях вместо пено- и поропластов в качестве легких наполнителей применяют соты — их иногда называют сотовой прослойкой, или сотовой ячею (см. рис. 123).

Соты большей частью изготавливаются из трехслойного листового материала, из двух слоев крафт-бумаги и промежуточного слоя поливиниловой пленки. После превращения трехслойного материала в соты этот наполнитель погружается в ванну, где производится фенольная смола. Фенольная смола в составе сотового наполнителя составляет примерно до 45%.

Встречаются также сотовые наполнители, стволы ячеек которых состоят из легких алюминиево-магниевого сплава.

Начиная с 1953 г. в США строятся десантно-высадочные суда с наполнителем из сотовых блоков. На рис. 126 показан конструктивный вид десантно-высадочного судна.

В отличие от предыдущей конструкции корпуса десантно-высадочного судна здесь в качестве наполнителя применена сотовая прослойка в виде отдельных блоков специальной формы.

Необходимый профиль блоков достигается формованием сотовых пластин в специальных формах; там же сотовые пластины склеивались между собой и обрезаются. К недостаткам примененного сотового наполнителя следует отнести его гигроскопичность. Произведенные испытания на просачивание воды в образце толщиной 125 мм показали, что при напоре воды 1 м за четверо суток выкапывалось до 100 мм воды (по глубине).

Внутренняя обшивка десантного судна состоит из стеклопластика толщиной 3 мм, наружная оболочка — из стеклопластика толщиной 6 мм. Сопряжение борта корпуса с палубой показано на рис. 127.

Палуба сопрягается с бортом при помощи металлического уголка, который крепится к борту винтами, которые ввертываются в металлические втулки, вклеенные в стеклопластик.

Физико-механические характеристики вакуумированного пенополиуретана

Физико-механические характеристики	Номинальный объемный вес, г/см ³									
	Марка А					Марка Б				
	0,07	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
Объемный вес, г/см ³	0,05—0,08	0,08—0,13	0,12—0,18	0,18—0,23	0,20—0,26	0,26—0,32	0,32—0,38	0,38—0,44	0,44—0,50	0,50—0,56
Прочность при сжатии, кг/см ² не менее	3	6	15	30	2,5	4	6	12	25	25
Усадка при температуре 60°С за 24 часа не более, %	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Влагопоглощение за 24 часа не более, кг/см ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Толщина внутренней оболочки палубы 3 мм, толщина наружной оболочки 6 мм.

В США фирмой «Зенит» были спроектированы два десантных судна из стеклопластиков с водометным двигателем.

Жесткость и прочность этих десантных судов обеспечивались за счет применения трехслойной конструкции корпуса. Толщина средней прослойки из бумажных соток составляла 75 мм, а толщина внутренней и наружной оболочек из стеклопластика — 12 мм.

Интересной является конструкция корпуса тралящика «EX-MSB-23» длиной 17,37 м из пластмассы. Этот тралящик находится на вооружении военно-морского флота США.

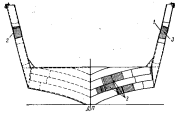


Рис. 126. Модель-шаблон десантно-высадочного судна США.
1 — внутренняя оболочка из стеклопластика; 2 — средний корпус из стеклопластика; 3 — слой соток.

Для ватера были приняты следующие основные размерения:

Длина наибольшая, м	17,5
Ширина по палубе, м	4,7
Водоизмещение, т:	
полное	47
порожнем	30
Осадка, м	1,3
Скорость хода, узлы	10
Экипаж, чел.	8
Мощность главной установки, л. с.	2500

Конструктивный шаблон тралящика показан на рис. 126.

Как видно из рис. 126, конструкция корпуса состоит из трехслойной обшивки с сотовым наполнителем. Наружная оболочка корпуса изготовлена из стеклопластика толщиной 4,8 мм, внутренняя оболочка — из стеклопластика толщиной 3,2 мм. Сот-

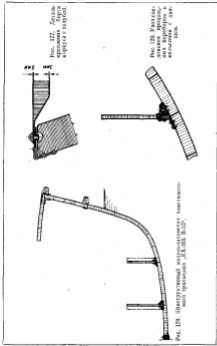


Рис. 127. Деталь крепления борта корпуса к лобовому.

Рис. 129. Узел соединения продольных переборок с кильевой с 128-й рис.

Рис. 128. Конструктивный вариант шпангоута комбинированного типа «МВ» В-225.

вая прослойка выполнена из хлопчатобумажной ткани толщиной 44,5 мк при диаметре ячейки около 8 мм, с объемом весом 75 г/м². В дальнейшем толщина готовой прослойки была уменьшена до 32 мк. Кроме сотовой прослойки, между обшивками предусмотрены ребра жесткости из стеклопластика, которые на клею присоединяются к оболочкам. В качестве наполнителя применяется стекломат весом 458 г/м² и стекло-ткань.

В местах установки продольных переборок и кильевой предусмотрены утолщенные листы из стеклопластика. Узел соединения продольных переборок с днищем показан на рис. 129.

МЕХАНИЗАЦИЯ ГРУЗОВЫХ РАБОТ НА
МАЛОТОННАЖНЫХ ГРУЗОВЫХ СУДАХ

§ 43. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Обычно для малотоннажных судов общая продолжительность навигационного времени складывается из двух элементов: ходового времени и времени простоя в портах, на базах и у клапентуры.

Для малотоннажных судов, совершающих короткие рейсы протяженностью 50—150 км, время простоя занимает значительную часть всего навигационного времени.

Продолжительность стоянки грузовых судов в портах и у клапентуры обуславливается, главным образом, производством грузовых операций, и только небольшая часть времени тратится на прием запасов топлива и выполнение разного рода маневров.

Ввиду того, что продолжительность простоя малотоннажных грузовых теплоходов под грузовыми операциями является наиболее важным фактором, определяющим экономичность эксплуатации их, выбор рационального типа грузового устройства приобретает весьма актуальное значение.

Как показывает проведенный эксплуатационно-экономический анализ работы грузовых теплоходов, сокращение времени простоя судов значительно больше влияет на экономичность перевозок, чем мероприятия по улучшению формы корпуса и его движителя, увеличению мощности главного двигателя. Поэтому механизация грузовых работ должна быть уделено особое внимание.

В настоящее время погрузо-разгрузочные работы проводятся:

- а) грузоподъемными средствами, имеющимися на самом судне;
- б) грузоподъемными средствами портов;
- в) совместно грузоподъемными средствами судна и порта.

Следует предпочитать производство погрузо-разгрузочных работ средствами порта. Если малотоннажные суда предназначены для работы между оборудованными портами, все грузоподъемные средства на них должны быть исключены. Наличие грузовых средств на малотоннажных судах вызывает удорожание стоимости судна и уменьшение грузоподъемности.

Совместное производство грузовых работ посредством портовой и судовой механизации на малотоннажных судах не практикуется, так как производительность береговых грузоподъемных средств значительно выше грузовых средств, имеющихся на малотоннажных судах, поэтому портовая механизация более эффективна, чем судовая, как по стоимости, так и в отношении скорости погрузо-разгрузочных работ.

Оборудование малотоннажных судов грузовыми средствами оправдывается в том случае, если эти суда работают в условиях необорудованного берега, т. е. когда отсутствует портовая механизация.

В зависимости от рода перевозимого груза различают следующие типы грузовых устройств: а) для штучных или генеральных грузов; б) для массовых пылящих грузов и в) для смешанных штучных генеральных грузов и насыпных.

Чаще всего при погрузке и разгрузке штучных и смешанных грузов на малотоннажных теплоходах применяются грузовые устройства, состоящие из полноповоротного стрела, оборудованного лебедками грузоподъемностью до 3 т. Для погрузки и разгрузки сыпучих грузов применяются краны и транспортные ленты; последние являются более эффективными по производительности и капиталоэкономности.

§ 44. ГРУЗОВЫЕ УСТРОЙСТВА

Наиболее распространенными грузовыми средствами на современных малотоннажных грузовых теплоходах являются:

- полноповоротные краны с траверсной тележкой;
- полноповоротные стационарные краны;
- стрелы с лебедками.

Полноповоротные краны с траверсной тележкой. В настоящее время приняты к установке на судах речного флота судовой электрической полноповоротный кран грузоподъемностью 0,5—1 т при вылете 4,7—5,2 м с траверсной тележкой. Общий вид крана показан на рис. 130.

Кран снабжен механизмами: подъема груза, изменения вылета, поворота, поперечного и продольного передвижения траверсной тележки. Все приводы механизмов, предусмотренные на кране, — электрические.

Наличие на кране механизмов позволяет: осуществлять вертикальный подъем груза и его опускание; производить круговое перемещение груза; за счет изменения вылета производить радиальное перемещение груза от наибольшего вылета до наименьшего и, наоборот, от наименьшего до наибольшего, т. е. осуществлять радиальное перемещение груза по направлению от оси вращения крана; производить поперечное перемещение крана по траверсной тележке в направлении к левому и правому бортам;

осуществлять продольное перемещение крана с траверсной тележкой вдоль судна без груза. Продольное передвижение является установочным передвижением и производится для перестановки тележки с краном из одного рабочего положения в другое.

После каждой перестановки траверсная тележка должна крепиться к судну специальными захватами, что должно предохранить ее от опрокидывания.

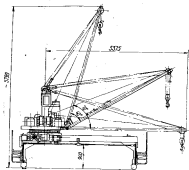


Рис. 130. Общий вид электрического крана грузоподъемностью 0,5—1 т с траверсной тележкой, привитой к установке на нескольких массивных грузоподъемных тележках.

Для осуществления указанных операций на кране предусмотрены следующие механизмы и узлы:

- механизм подъема;
- механизм изменения вылета;
- механизм поворота;
- пульт управления;
- стремя с подвесками.

В свою очередь на траверсной тележке устанавливаются: кран, механизм передвижения крана и траверсной тележки, ограничитель передвижения.

Механизм подъема груза и изменения вылета состоит из барабана, открытой передачи, цилиндрического двухступенчатого ре-

дуктора, короткоходового тормоза и электродвигателя, механизма поворота — из червячного редуктора, короткоходового тормоза и электродвигателя. Вращение повторной части крана производится путем обкатки звездочки, сидящей на выходном валу червячного редуктора, вокруг цокольного кольца, установленного на неповоротной части крана.

Механизм поперечного и продольного передвижения крана состоит из электродвигателя, одноступенчатого цилиндрического редуктора, короткоходового тормоза, раздаточной коробки, двухступенчатых передач. Благодаря наличию и механизму передвижения раздаточной коробки, он может приводить в движение попеременно кран по тележке или тележку вместе с краном.

Основным преимуществом этого крана следует считать то, что траверсная тележка позволяет обслуживать любой участок грузового трюма по длине судна, независимо от его длины, и то, что траверсная тележка дает возможность крану производить поперечные перемещения, благодаря чему увеличивается полезный вылет стрелы за длину борта.

Ниже приводятся основные показатели электрического неповоротного судового крана с траверсной тележкой:

Грузоподъемность, т	0,5—1
Вылет стрелы от оси вращения крана, м:	
а) максимальный при грузоподъемности 1 т	4,7
б) максимальный при грузоподъемности 0,5 т	5,2
в) минимальный при грузоподъемности 0,5—1 т	2,3
Скорость подъема груза, м/мин:	
а) с полной силой при грузоподъемности 1 т	12,8
б) с половинной силой при грузоподъемности 0,5 т	27,6
Скорость передвижения, м/мин:	
крана	20
траверсной тележки	11
Скорость поворота, об/мин:	2
— изменения вылета стрелы, м/мин	12,5
Число электродвигателей	5
Установленная мощность электродвигателей, кВт	2,5
	Около
Вес крана с траверсной тележкой, т	4
Угол поворота крана, град.	360
Высота подъема крана от головки рельса траверсной тележки при максимальном вылете стрелы и грузоподъемности 1 т, м	4,7

Как видно из приведенных данных, кран обладает довольно высокими эксплуатационными показателями. Он пригоден к установке на грузовых теплоходах грузоподъемностью до 600 т для доставки грузов к причалам, не оборудованным грузоподъемными средствами.

Траверсная тележка может быть расширена по ее длине в зависимости от причала между корпусами судна, на котором предполагается установить кран. Это придает крану универсальность.

Недостатком электрического крана является то, что вследствие отсутствия на малотоннажных судах сравнительно мощного

генератора, который позволяет без питания электродвигателями, в машинном отделении приходится устанавливать дополнительный дизель-генератор, а это иногда приводит к расширению машинного отделения и уменьшению грузоемкости судна.

Однако указанный недостаток не умаляет преимуществ крана. Кран может быть рекомендован к установке на малотоннажных грузовых теплоходах.



Рис. 131. Облик вид грузовой стрелы грузоемкостью 0,5 т.

Стационарный кран. При наличии на малотоннажном грузовом теплоходе двух трюмов стационарный кран устанавливается на платформе между ними. Для типизации кранового оборудования к установке на малотоннажных судах принимается полиповоротный электрический кран указанной конструкции. В этом случае кран устанавливается на неподвижном фундаменте и траверзные тележки исключаются. Такое расположение крана оправдывается для коротких судов, но не может быть рекомендовано для малотоннажных судов значительной длины, ибо потребует больших работ по подкашиванию груза к крану.

Иногда на малотоннажных судах применяют стационарные краны с дизельной установкой на самом кране.

Грузовые стрелы. На малотоннажных грузовых судах обычно устанавливают грузовые стрелы с лебедками грузоемкостью от 0,25 до 1 т. Количество стрел на судне зависит от количества грузовых трюмов и назначения судна. Если на судне имеются два трюма, можно обойтись одной грузовой стрелой, расположенной между ними. В этом случае стрела может вращаться вокруг мачты под углом 360° . Иногда подвешивают по две стрелы на одной мачте, и каждая стрела обслуживает только один трюм. При наличии на судне трех трюмов устанавливают две грузовые стрелы.

На малотоннажных грузовых теплоходах чаще всего встречается стрела грузоемкостью 0,5 т. Выше приведено краткое описание ее конструкции.

На рис. 131 показана стрела, принятая к установке на грузовом теплоходе грузоемкостью 60 т с водонетными движителями. Стрела имеет следующие главные элементы:

Грузоемкость, т	0,5
Вылет, м	40000
Высота подъема груза над главной палубой, м	10

Во время производства грузовых операций мачта крепится тремя вантингами. При работе на левый борт вантинги крепятся к правому борту, а при работе на правый борт — к левому борту. Мачта снабжена поворотной обоймой, на которой закреплены стрела и грузовой лебедка. Эта поворотная обойма позволяет осуществлять поворот стрелы с лебедкой под углом 360° .

В походном положении стрела укладывается на палубу. Изменение вылета стрелы, подъем и опускание груза производится двухбарабанной самостормозной ручной лебедкой с тяговым усилием 0,5 т. Вращение стрелы без груза и с грузом вокруг мачты осуществляется вручную.

К преимуществам грузового устройства, состоящего из грузовых стрел, следует отнести простоту конструкции, низкую стоимость и надежность в работе.

Недостатками грузового устройства этого типа являются низкая производительность и использование ручного труда.

Описанная конструкция, состоящая из мачты и вращающейся стрелы, более рациональна, чем конструкция из двух стрел, подвешенных за одной мачте с автономными грузовыми лебедками.

§ 48. ЛЮКОВЫЕ ЗАКРЫТИЯ

С целью обеспечения более быстрого производства грузовых операций и уменьшения времени простоя грузовых теплоходов под указанными операциями на речных судах стремятся к максимальному раскрытию грузовых трюмов.

Грузовые трюмы на малотоннажных грузовых теплоходах размещаются таким образом, чтобы была обеспечена возможность полной механизации грузовых работ при ограниченном применении ручного труда, что также приводит к значительному раскрытию грузовых трюмов.

Естественно, встал вопрос о создании специальных конструкций люковых закрытий для надежной защиты грузов от попадания воды во время перевозки.

В зависимости от района плавания к люковым закрытиям могут предъявляться следующие требования:

- полная водонепроницаемость в случае заливания водой в штормовую погоду;
- прочность конструкции и надежность задранивания, гарантирующая сохранение водонепроницаемости при воздействии штормовых волн, а также при изменении наружной температуры и других внешних условий;

- в) минимальное пространство, занимаемое люковым закрытием в сложенном виде, и удобства производства грузовых работ;
- г) возможность быстро открывать и закрывать одновременно все грузовые люки с минимальной затратой ручного труда;
- д) долговечность материалов, кающих на люковое закрытие и для уплотнений.

По своему назначению люковые закрытия делятся на водопроницаемые и брызгопроницаемые. Водопроницаемые люковые закрытия относятся к типу тяжелых конструкций и могут применяться на судах, плавающих по внутренним водным путям разряда «М». Брызгопроницаемые люковые закрытия находят применение на судах, плавающих по внутренним водным путям, отнесенным к разрядам «Л», «Р» и «О».



Рис. 133. Конструкция водопроницаемого люкового закрытия, состоящего из деревянных леек, покрытых брезентом, и стоек.

Водопроницаемые люковые закрытия. Водопроницаемые люковые закрытия в конструктивном отношении являются весьма ответственными устройствами. На судах, предназначенных для плавания по внутренним водным путям, отнесенным к разряду «М» по классификации Речного Регистра, применяются деревянные люковые крышки, укладываемые вдоль или поперек судна на съемные бимсы, или съемные продольные балки люков. Поверх деревянных крышек на открытых палубах люки окрываются брезентами, закрепляемыми к комингсу люка планками и клипсами.

Деревянные крышки леек должны иметь такой вес, чтобы два человека могли свободно перемещать эти крышки при укладке, т. е. не свыше 50 кг.

Конструкция водопроницаемого люкового закрытия, состоящего из деревянных леек, показана на рис. 132.

Часто поверх брезента каждый ряд люковых крышек перехватывается в поперечном направлении тавровыми шпанами, снабженными запором, чтобы посредством наложения помпы на одном конце шпаны сделать трюм недоступным для воды.

Люковое закрытие такой конструкции вполне защищает грузовой трюм от попадания воды при штормовой погоде.

Часто в практике малоотнажного судостроения применяют простейшие створчатые люковые закрытия. Примером простейшей конструкции створчатого закрытия может служить одностворчатое люковое закрытие, которое состоит из крышки, шарнирно скрепленной одной из своих сторон с комингсами люка.

Схема простейшего одностворчатого люкового закрытия приведена на рис. 133.

Конструкция одностворчатого люкового закрытия проста в изготовлении и эксплуатации. Однако при больших габаритах люка это закрытие не может быть рекомендовано к применению, так как будет мешать производству грузовых работ.



Рис. 133. Схема простейшего одностворчатого люкового закрытия.



Рис. 134. Общий вид двухстворчатого люкового закрытия системы «МВЖ».

В практике судостроения часто для уменьшения габаритов крышек применяют двухстворчатые закрытия. Примером такого закрытия может служить люковое закрытие системы «МВЖ», названное по имени изобретателя капитана Мэжа. Выпускается оно фирмой «Мак Грегор-Комарейн». Общий вид этого люкового закрытия показан на рис. 134.

Как видно из рисунка, ведущие крышки шарнирно прикреплены к специальным стойкам, расположенным на некотором расстоянии от поперечного комингса. Направляющие профили, по которым движутся катки ведомых крышек, также проходят за пределами люка, благодаря чему крышки в поднятом состоянии не затраивают полезный просвет люка.

Примером многостворчатого люкового закрытия с автономными крышками может служить люковое закрытие системы «Синга-пуал» фирмы «Мак Грегор-Комарейн». Расположение люкового закрытия этого типа приведено на рис. 135.

Как видно из рисунка, размеры всех крышек одинаковы. Каждая крышка имеет по две пары катков, на которых перемещаются лопатки, кроме того, на обоих торцах расположены роульсы с желобками. Эти роульсы выступают в стороны по отношению к каткам.

Направляющие, по которым перемещаются катки лопатки, расположены так, что у концов грузового трюма имеют некоторое

расширение. При подходе лючки катки оказываются в воздухе, а люковая крышка, поворачиваясь на роульсах, становится в вертикальное положение. Открывание и закрывание люки могут производиться ручным способом или при помощи шкентеля, намотанного на лебедку.



Рис. 136. Многостворчатое закрытие с автоматизми крышки системы "Санта-Вуд".

1 — катки; 2 — вертикальные; 3 — люк; 4 — крышка; 5 — роульсы; 6 — шкентель; 7 — призматический люк.

Некоторый интерес представляет конструкция свертывающегося люкового закрытия, показанного на рис. 136. Это люковое закрытие применено сравнительно недавно во Франции и названо по имени изобретателя системой Эремана. Данная

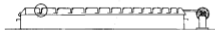


Рис. 138. Свертывающееся люковое закрытие системы Эремана.

система закрытия состоит из большого числа легких профилированных шпангоут, гибко соединенных между собой. Переменываясь по люку к одному его краю, они наворачиваются на вращающийся барабан. Барабан может вращаться вручную или специальным электродвигателем. При размещении лючки на барабане они входят одна в другую.

Для защиты от проникновения воды в трюмы применяются, главным образом, уплотнения, приведенные на рис. 137.

Способ защиты от попадания воды в трюмы с помощью лабиринтов является наиболее простым, однако при этом способе закрытия получают негерметичными и рассчитаны на защиту от дождевой воды.

Наиболее часто в качестве уплотнений используются полосы из литой резины. Этот способ уплотнения при достаточном давлении сверху является надежным в эксплуатационных условиях и обеспечивает полную герметичность люкового закрытия. Недостатком его следует считать сравнительно частый выход из строя резки, приходящей в негодность и требующей замены.

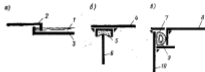


Рис. 137. Схемы разных конструкций уплотнений люковой лючки:

а — обеспечение непроницаемости при помощи лабиринтов; б — способ уплотнения с помощью полос литой резины; в — способ пластмассового уплотнения.

1 — люк; 2 — резиновый шланг; 3 — резиновый шланг; 4 и 5 — резиновые крышки; 6 и 7 — резина; 8 и 9 — ленточка; 10 — защитный воздух.

Уплотнения с помощью резиновых труб, в которые нагнетается сжатый воздух, применяются довольно редко, так как этот способ требует наличия на судне специального компрессора для поддержания постоянного давления воздуха в резиновых трубах, кроме того, часто не представляется возможным предотвращать утечку воздуха. Указанные обстоятельства ограничивают использование уплотнений данного типа.

В практике иногда применяют вместо пустотелых резиновых труб с сжатым воздухом моховатые резиновые трубы, которые от разпорной силы и давления лючки создают естественное уплотнение.

Брызгонепроницаемые люковые закрытия. Для судов разряда «Л», «Р» и «О» по классификации Речного Регистра СССР применяются брызгонепроницаемые люковые закрытия, предохраняющие трюмы от попадания влаги во время дождя или от попадания брызг от ударов волн о корпус судна.

Чаще всего на речных судах используется люковое закрытие, состоящее из отдельных стальных лючек. Эти лючки уклады-

наются одной стороной на диаметральный карнизе и другой — на комингс грузового трюма. Материалом для лочин служат волнистое железо или железо с отбортовкой кромок. Применяются также алюминиймагниевого сплавы. Они в 2—3 раза уменьшают вес лочин, благодаря чему облегчаются операции по закрытию и раскрытию грузового трюма. Лочины также могут быть изготовлены из стеклопластика.

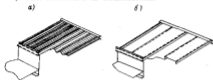


Рис. 136. Брызгозащищенное люковое закрытие: а — люковое закрытие на волнистых лочинах; б — люковое закрытие на лочинах с отбортовкой кромок.

К недостаткам люкового закрытия такой конструкции следует отнести высокую стоимость, большую металлоемкость и то, что раскрытие и закрытие трюма требуют значительных затрат ручного труда.

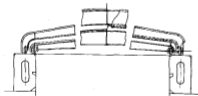


Рис. 138. Композитное люковое закрытие системы М. И. Андриковского.

Люковое закрытие, состоящее из пластмассовых волнистых лочин, стальных и лочин на легких сплавах, показано на рис. 138.

В настоящее время на малотоннажных речных судах находят широкое применение конструкции люкового закрытия, предложенная инж. М. И. Андриковским (рис. 139).

Данное люковое закрытие отличается от приведенных конструкций тем, что перекрывающие лок щиты расположены в два или более яруса и перемещаются по рельсам вдоль комингса грузового трюма. Такое перемещение щитов люкового закрытия обеспечивает раскрытие грузового трюма в любом месте или одновременно в нескольких местах (это очень важно при одновременной работе нескольких кранов).

Щиты движутся по рельсовым путям катками, благодаря чему один человек свободно перемещает щит вдоль судна.

Количество щитов должно быть таким, чтобы при наваривании ими имелась возможность одновременно открывать грузовую трюм в нескольких местах. При двухъярусном расположении щитов обеспечивается полное открытие грузового трюма в одном из его районов на 50% общей площади ложа или же частями в разных районах ложа на ту же площадь.

Если габариты ложа незначительны, то целесообразно расположить щиты в три или более яруса. Такое расположение щитов позволит одновременно открывать лок грузового трюма на 66 и более процентов его общей площади.

Расположение направляющих, по которым перемещаются щиты, можно выполнить в нескольких плоскостях отдельно для каждого яруса (см. рис. 139). Это сократит габариты щитов верхних ярусов по высоте. Однако такое расположение менее удобно для обеспечения необходимой герметичности по диаметру перекрывающихся щитов двух ярусов и усложняет укладку целого штуртроса для передвижения щитов сразу нескольких ярусов. Направляющие рациональнее располагать в одной плоскости, независимо от выбора их формы. В качестве направляющих можно применить узкоколебельные рельсы, прокат квадратного сечения или полосу, приваренную к комингсу на ребро.

Выбор направляющих зависит от габарита и веса щитов.

Конструкция щитов может быть выполнена в виде металлического каркаса с поперечью, состоящего из поперечных брусков таврового профиля и продольных бракетных балок или из стеклопластика, причем люковые закрытия из стеклопластика в 2—2,5 раза легче металлических.

Для сокращения расхода металла может быть применена композитная конструкция щитов: дерево — металл. Обшивка каркаса щитов выполняется из гладкой листовой стали толщиной 1,5—2 мм, рифленого железа толщиной 1,5 мм, зрельного железа или же из бакеллинированной фанеры толщиной 10—12 мм. Для лучшего перемещения щитов их устанавливают на роликовые опоры, попарно с каждого борта.

Ролики с шарикоподшипниками монтируются в специальные каретки, которые крепятся под щитами на жесткую опору. При монтаже кареток необходимо строго выдерживать параллельность между центрами роликов и направляющих, уложенных по

По расходу металла и стоимости это самое экономное люковое закрытие. Благодаря незначительному весу закрытия можно повысить грузоподъемность судна примерно на 3%. Люковое закрытие данного типа легко ремонтируется силами команды, но требует тщательного ухода. При неаккуратном обращении парусная может оказаться поврежденной.

В практике речного судостроения встречаются также некоторые простые люковые закрытия, которые наводятся на грузовой трюм временно, на какой-то определенный отрезок времени. К таким закрытиям относится люковое закрытие шатрового типа, покрываемое брезентовым или парусной с водостойкой пропиткой.

ГЛАВА X

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА РЕЧНЫХ СУДОВ

§ 46. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В связи с тем, что в практике пластмассового судостроения часто применяются композитные конструкции, состоящие из металла, легких сплавов и пластмассы, в настоящей главе, наряду с технологией строительства пластмассовых судов, будут кратко рассмотрены некоторые вопросы, связанные со строительством судов из стали и легких сплавов.

Технологические приемы строительства металлических судов и судов из легких сплавов приводятся исключительно для тонкостенных конструкций, которые встречаются, главным образом, в малотоннажном судостроении.

В разделах технологии строительства судов из пластмассы нами будут рассмотрены некоторые вопросы, связанные со строительством судов ручным способом и с применением механизации трудоемких процессов.

При разработке того или иного технологического процесса строительства судов из стеклопластика следует иметь в виду, что прочностные показатели находятся в прямой зависимости от качественного выполнения работ.

В США уже на протяжении 12 лет занимаются вопросами пластмассового судостроения, и все же процент брака корпусных конструкций довольно велик.

Основными причинами, вызывающими некачественное выполнение конструкций из стеклопластика, снижающими не только прочностные, но и гидромеханические показатели судна, следует считать:

1. Коробления, вызываемые усадкой стеклопластика во время процесса его твердения.

2. Плохую пропитку смолы стеклянных волокон, что приводит иногда даже к расслоению стеклопластика при восприятии тех или иных нагрузок. Расслоение стеклопластика от указанных причин особенно быстро повлечется под влиянием знакопеременных нагрузок.

3. Применение излишнего количества смолы в стеклопластике (прочность смолы в отвержденном виде значительно ниже прочности наполнителя). Чрезмерное содержание стекловоло-

нител в стеклопластике также вредно, ибо приводит к недостаточной адгезии смолы волокон стекла.

4. Наличие газовых пузырей между отдельными слоями наполнителя.

5. Плохое хранение стеклонаполнителей, длительное хранение смолы в таре и в открытом виде, работы по формированию корпуса при повышенной влажности воздуха и недостаточной температуре в помещении, где проводится строительство судна.

Борьбу с короблением следует вести в трех направлениях:

а) снижении усадки материала с 6—8 до 0,5—1% за счет введения в смолу специальных компонентов: кумаронового муконина, кадолина, дивонина татана. Введение указанных компонентов в состав смолы не только снижает усадку, но и повышает теплоустойчивость и твердость пластмассы;

б) последовательное нанесение отдельных слоев стеклонаполнителей. Слой рекомендуется накладывать от диаметральной плоскости к бортам и от середины к оконечностям. Такая последовательность наложения отдельных слоев стеклопластика обеспечивает получение равномерной усадки материала в процессе строительства судна и тем самым ограничивает появление внутренних напряжений — источника, вызывающего коробление конструкций;

в) введение или наложение продольных и поперечных жесткостей в конструкцию корпуса во время его формирования, что увеличивает жесткость конструкции и ограничивает коробление.

Работа со стеклонаполнителями, полиэфирной и эпоксидной смолой относится к вредному производству, поэтому в зависимости от рода применяемого материала и выполняемых конструкций необходимо разрабатывать специальные мероприятия по охране труда и технике безопасности.

Главным мероприятием по охране труда и технике безопасности следует считать устройство наружной вытяжной и приточной вентиляции. Выделяемые испарения от связующих тяжелее воздуха, поэтому отсос испарений должен производиться снизу.

При строительстве корпусов судов из стеклопластика в качестве связующего большей частью применяется полиэфирная смола холодного отверждения, в которую перед формированием вводят добавки: инициатор, ускоритель и в случае необходимости замедлитель.

Ненасыщенные полиэфирные смолы, кроме вредного влияния на человеческий организм, являются еще и горючими, а некоторые добавки не только вредны, но и взрывоопасны. Поэтому перед тем как приступить к работам со стеклопластиковыми судами следует самым тщательным образом разработать мероприятия по технике безопасности.

Работы по приготовлению связующего. При выполнении работ по приготовлению связующего нужно руковод-

ствоваться тем, что эти работы должны производиться в специально оборудованном взрывобезопасном помещении, снабженном приточно-вытяжной вентиляционной системой и вытяжными шкафами, а также водопроводом с подачей холодной и горячей воды.

Вводить в смолу добавки инициаторов (перекиси или гидропероксида) и ускорителей (диметиланилина, нитрофенла хобальта и др.) необходимо раздельно после тщательного перемешивания предыдущей добавки со смолой. Ни в коем случае не следует допускать одновременного введения в смолу инициатора и ускорителя во избежание взрыва. Все работы по смешиванию смолы с отверждающими добавками (инициатора и ускорителя) нужно производить в предохранительных очках, в халатах и резиновых перчатках.

Инициаторы представляют собой нестойкие химические продукты перекисного типа, взрывоопасные, огнеопасные и ядовитые.

Ускорители — диметиламин, диэтиламин — являются также токсичными добавками и могут вызывать заболевания почек и других органов.

Работы по раскрою стеклонаполнителей. Раскрой стеклонаполнителей должен производиться в помещении с вытяжной и приточной вентиляцией. Столы для раскроя должны быть снабжены бортовыми отсосами. При работе следует надевать матерчатую повязку на голову, халаты или комбинезоны из хлопчатой ткани с застегивающимися манжетами и фартук из клеенки или хлопчатой ткани. Рабочая одежда должна храниться отдельно от личной.

Работы по формированию стеклопластиков. Работы по формированию изделий из стеклопластиков должны производиться в специально оборудованном помещении, снабженном вентиляционными установками. Температура помещения должна поддерживаться в пределах 20—25° С, относительная влажность воздуха не должна превышать 65%. Работы по формированию следует производить в халатах и резиновых перчатках. Вместо перчаток можно смазывать руки жиром. При подавании смолы на кожу нужно немедленно вытереть ее ватным тампоном, смоченным ацетоном, и после этого сразу же смыть теплой водой с мылом.

Все приспособления и инструменты необходимо содержать в чистоте. Инструмент после употребления следует вымыть ацетоном и водой с мылом. Перед применением пищи нужно снять халат и тщательно вымыть руки.

Хранение и перевозка смолы. Хранение и перевозка ненасыщенной полиэфирной смолы холодного отверждения с добавками должны производиться в строгом соответствии со специальными инструкциями.

Следует иметь в виду, что травление смолы при низких температурах значительно продлевает ее жизнеспособность без снижения физико-механических свойств. При обильной температуре смола сохраняется в жидком виде до 6 месяцев.

§ 47. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА РЕЧНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СУДОВ

Малотоннажное речное судостроение развивается на основе применения скоростных методов постройки судов. Применение скоростных методов постройки судов потребовало разработки технологии строительства их секционным методом, т. е. вместо технологического процесса постройки судна из отдельных элементов в виде листов и деталей вводится технологический процесс постройки судна из плоскостных, объемных и полубъемных секций, изготовленных заранее в цехах.

В свою очередь плоскостные, объемные и полубъемные секции подаются на стапель с полным или частичным насыщением. К основным преимуществам секционного метода строительства судов следует отнести:

1. Максимальное расширение фронта работ путем расширения корпуса судна на ряд одновременно изготавливаемых секций, проходящих после сборочно-сварочных работ этап насыщения механизмами, монтажными узлами и отделочными деталями.

2. Максимальное сокращение стачельного периода постройки судна в результате замены подетальной сборки корпуса надстроек, механизмов, устройств, длинных вешей, систем секционной сборкой из небольшого числа крупных блоков, плоскостных и полубъемных секций, а также предварительно заготовленных слесарно-монтажных узлов, т. е. практически стачельный цикл строительства судна сводится к стыкованию крупных блоков с полным насыщением.

3. Обеспечение высокого качества сборочно-сварочных работ и точности изготовления изделий при снижении их трудоемкости и стоимости путем выпаления этих работ в наиболее удобном положении, применения специальных приспособлений и широкого использования автоматической и полуавтоматической сварки.

Таким образом, указываемые преимущества строительства судов блоками с полным или частичным насыщением сводятся к сокращению этапа строительства малотоннажных судов, снижению трудоемкости и строительной стоимости при высоком качестве сборочно-сварочных работ. Однако секционный метод постройки судов в свою очередь требует создания специальной технологической оснастки и другой организации производства. Если при строительстве судна отдельными элементами и деталями участка занимается один из других и включается в работу последовательно один за другим, то при секционном методе вследствие разбивки

судна на секции и расширения фронта работ участки и цехи могут работать параллельно, независимо один от другого.

При разбивке судна на блоки или секции необходимо руководствоваться следующими соображениями. Учитывая, что на малотоннажных судах наиболее сложным в технологическом отношении (ввиду сложности обводов) является изготовление

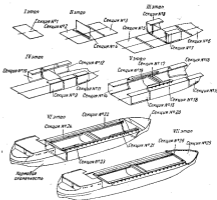


Рис. 141. Принципиальная схема разбивки корпуса речного теплохода грузоподъемностью 150 т на плоскостные и объемные секции.

основностей, более рационально собирать оконечности на специальных стапелях-кондукторах из плоскостных и легальных секций и после насыщения в готовом виде подавать на стапель.

Секции цилиндрической части могут быть приняты плоскостными или полубъемными, например плоскостные секция дна, полубъемная бортовая секция, состоящая из борта, части палубы и скуловой листа.

Принципиальная схема разбивки грузового теплохода грузоподъемностью 150 т на секции показана на рис. 141.

Как видно из рис. 141, судно разбито на объемные секции; послова окончательность и крупная обжимка секций с полным механическим насыщением.

При разбивке малотоннажного судна на секции следует учитывать габариты ворот мезов и наличие на заводе транспортных средств для подачи и установки секций на стапеле.

Секционная постройка судна сводится к выполнению следующих технологических этапов:

1. Подготовка отдельных элементов секций, флюров, кильсонов, пиллерсов, карлингсов, бракет, листов обшивки и палубы.
2. Сборка и сварка узлов. Под сборкой и сваркой узлов подразумеваются сборка и сварка составных элементов продольного и поперечного набора, сборка фундаментов и пр.
3. Сборка и сварка плоскостных и локальных секций.
4. Сборка и сварка полувольемных и объемных секций.
5. Насыщение секций механизмами, трубопроводами и монтажными комплектами.
6. Стыкование объемных и плоскостных секций на стапеле.
7. Доработочные работы по судну.
8. Спуск судна на воду.

В малотоннажном судостроении существуют две разновидности секционного метода: сборка корпуса в задстроек из отдельных крупных объемных секций — блочный метод — и постройка корпуса и задстроек из полувольемных и плоскостных секций. В обоих случаях изготовление секций требует создания специальной технологической оснастки. В качестве такой технологической оснастки для изготовления отдельных секций применяются сборочные стенды, постели, кантователи и кондукторы, позиционеры и другие приспособления, которые могут быть универсальными или специализированными.

Для представлений секционной сборки технологическая оснастка в зависимости от этапов постройки судна может быть разбита на четыре группы: для узловой сборки; сборки плоскостных секций; сборки локальных объемных секций; кантования секций.

При выборе той или иной технологической оснастки следует руководствоваться соображениями наибольшей работоспособности ее. Например, нерационально производить постройку судна малой серии секционным методом с применением большого количества дорогостоящих специализированных приспособлений.

Следовательно, основным критерием при выборе той или иной технологической оснастки является экономическая целесообразность.

К технологической оснастке предъявляются следующие требования:

1. Технологическая оснастка — сборочные стенды, кондукторы, каркасы-постели, кантователи и др. — должна способствовать максимальному снижению трудоемкости и сокращению

построечного цикла судов на основе внедрения передовых технологических процессов.

2. Технологическая оснастка должна обеспечивать высокое качество сборочно-сварочных работ, выполнение их в удобном для рабочего положении и в закрытых от непогоды местах.

3. Технологическая оснастка должна способствовать механизации процесса сборки и обеспечивать резкое уменьшение вспомогательного времени на подготовку к сварке. Механизация процесса сборки достигается применением фиксаторов, упоров, захватов и различных указателей для установки элементов в секции.

4. Конструкция оснастки должна быть такой, чтобы можно было широко использовать наиболее совершенные, высокопроизводительные сварочные автоматы. С этой целью оснастке снабжают магнитными или механическими приводами устройств.

5. Технологическая оснастка должна способствовать широкому внедрению принципов поточного производства.

6. Стоимость технологической оснастки должна быть невысокой и на ее изготовление должно затрачиваться небольшое количество металла. Изготовление дорогостоящей оснастки оправдывается только при крупносерийном строительстве малотоннажных судов.

Кроме того, технологическая оснастка при выполнении сборочных работ должна обеспечивать следующие допускаемые отклонения от чертежей:

- а) зазоры между элементами, свариваемыми в стык, должны соответствовать чертежным данным с допусками $\pm 1 - 0,5$ мм;
- б) допущенные провалы одного из стыкуемых элементов над кромкой другого элемента при сборке в стык и при равной их толщине не должно быть более 1 мм;
- а) зазор между свариваемыми в тавр элементами допускается не более 1 мм, местные зазоры — до 2 мм.

Расстояние между фиксаторами и ограничителями должно быть выдержано в соответствии с чертежами и плановыми размерами с допусками (в миллиметрах):

Для фиксаторов вложения прокладных связей, собираемых на стапеле секций корпуса	± 2
Для фиксаторов вложения прокладных связей, собираемых на стапеле секций поперечных связей	± 2
Для фиксаторов вложения прокладных связей, собираемых на стапеле секций стенок поперечных переборок	± 1
Для установочных приспособлений кондукторов, установленных при сборке фундаментов:	
во высоте	2
между связями	$\pm 1,5$
Для ограничителей длины и ширины секций и узлов корпуса	$\pm 1 - 2$

При выборе конструкции детали следует предусматривать мероприятия по уменьшению коробления конструкции и сохранению правильности обводов.

§ 46. СВАРОЧНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

Сварные корпуса малотоннажных судов большей частью строятся из листов судостроительной стали Ст. 3 толщиной от 2 до 5 мм. Они особенно будут подвержены сварочным деформациям, так как в этом случае имеем дело с тонкостенными судовыми конструкциями.

Деформации узлов, секций, возникающие при сварке, вызывают значительные затруднения при сборке секций и корпуса судна на стапеле, кроме того, покоробленная (деформированная) обшивка корпуса судна снижает в той или иной мере прочностные и гидромеханические показатели судна. Указанные вредные явления сварочных деформаций на качественные и технологические показатели судна заставляют вести борьбу с ними.

Все сварочные деформации возникают под влиянием сварочных напряжений. Сварочные напряжения относятся к разряду внутренних напряжений, т. е. таких, которые существуют в конструкции при отсутствии воздействия внешних сил.

Сварочные напряжения классифицируются следующим образом: по времени существования — *временные*, существующие в момент нагрева, и *остаточные*, остающиеся после окончания сварки и полного остывания конструкции; по направлению действия — *продольные*, направленные вдоль оси сварного шва, и *поперечные*, направленные перпендикулярно к оси сварного шва; по характеру действия — *остаточные*, являющиеся следствием местного нагрева, удаление которых приводит к полному освобождению детали-узла от напряжений, и *реактивные*, вызываемые падением активных напряжений; по структуре — *структурные*, возникающие вследствие структурных превращений металла в зонах, расположенных вблизи от сварного шва и нагреваемых выше критической температуры.

Величина общих и местных сварочных деформаций зависит от правильности разработки технологического процесса сборки и сварки, технологичности конструкций и ряда других причин.

Борьбу со сварочными деформациями можно вести активными или пассивными способами.

К активным способам борьбы со сварочными деформациями следует отнести профилактические мероприятия, обеспечивающие предотвращение или снижение деформаций в пределах допустимых величин, к пассивным способам — правку покоробленных конструкций корпуса.

Опыт показывает, что многие судостроительные заводы не принимают меры по предотвращению деформаций, а затрачивают колоссальное время и средства на исправление деформаций.

Для предупреждения или ограничения сварочных деформаций необходимо применять ряд конструктивных и технологических мероприятий. Конструктивные мероприятия не менее важны, чем технологические; например, невозможно избежать сварочных деформаций, если при толщине обшивки в 3—4 мм шпангоуты будут крепиться к ней сплошными двусторонними швами калибром 4 мм.

Обычно расчетные калибры угловых сварных швов для корпусов малотоннажных судов получаются в пределах 0,5—1 мм, однако в связи с тем, что при автоматической сварке такие калибры на одних судостроительных заводах не освоены, конструкции предусматривают калибр сплошных одностороннего, а иногда двустороннего шва 4 мм. Подобное завышение калибров приводит к резкому увеличению количества наплавленного металла шва, перегреву металла, а следовательно, к большим короблениям. В таких случаях рекомендуется переходить на арматурные швы, применять полуавтоматическую сварку угловых швов точками.

Одобренной Решением Регистром СССР Временной инструкцией ЦНИИРФ по применению полуавтоматической сварки угловых швов точками в конструкциях корпуса предусматривается замена сплошных односторонних швов калибром до 1 мм, прерывистых и шахматных швов точечными швами. Инструкцией предусматривается применение угловых точечных швов при постройке и ремонте судов для соединения элементов корпуса, имеющих толщину от 3 до 6 мм включительно; соединений продольно, поперечного холостого и рамного набора с листами обшивки и палубы; сварки стоек с листами переборки; изготовления составных сварных профилей; сварки надрезок.

Не допускается применение угловых точечных швов в случае сварки элементов набора корпуса в районах действия местной вибрационной, ударной и гидродинамической нагрузок.

При назначении калибров и шага приварки точечного шва следует исходить из того, что допускается применение как односторонних, так и двусторонних угловых точечных швов. Односторонние точечные швы предпочтительнее, ибо позволяют достигнуть более высокой производительности труда.

За расчетные размеры сварных точек принимаются их внешний диаметр d и радиус r сварных точек. На рис. 142 указаны расчетные размеры сварных точечных швов.

При назначении калибров сварных точечных швов не следует назначать диаметр точек более 10 мм, так как дальнейшее увеличение диаметра точек влечет за собой излишний расход электродного металла.

В связи с тем, что правилами классификации и постройки судов внутреннего плавания Речного Регистра расчетные размеры определены для односторонних прерывистых и шахматных швов, при переходе на точечные швы необходимо выбирать расчетные размеры сварных точечных швов в зависимости



Рис. 142. Сварка соединений с расчетными размерами точечных швов.

от приведенного калибра A_0 , конструктивных размеров заменяемых прерывистых швов и толщины свариваемых элементов.

При переходе от прерывистых и шахматных швов к точечным можно воспользоваться данными табл. 57.

Таблица 57

Результаты замены прерывистых швов эквивалентными точечными швами

Минимальная толщина свариваемых элементов, мм	Тип шва	Калибр A_0 , мм		
		0,5	0,75	1
3—3,5	Прерывистый			—
	Точечный			—
4—5,5	Прерывистый			
	Точечный			
6	Прерывистый	—		
	Точечный	—		

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения точечных швов: линия шифра — шовный шифр; линия шифра — шовный шифр; линия шифра — шовный шифр; линия шифра — шовный шифр.

Для швов с шагом шпунта и конструктивом толщиной 1,5—2 мм конструктивные размеры швов 4—5—10 мм.

Для наиболее эффективной борьбы с деформациями корпуса от сварки необходимо изучить физические явления, происходящие во время ведения сварочного процесса. Сварка является быстродействующим термическим процессом, который протекает при высокой температуре, превышающей температуру плавления и даже паробразования металла. Тепловая энергия, выделяемая при сварке, концентрируется на ограниченном пространстве, окруженном холодным металлом, что приводит к возникновению деформаций и напряжений в свариваемом металле.

По мере удаления сварочной дуги ранее сваренные участки остывают и стремятся сократить свои размеры в направлениях вдоль оси шва и перпендикулярно к шву. В зависимости от того, в каком направлении наиболее заметно поворачиваются деформации — вдоль или поперек шва, различают продольную и поперечную усадку.

В судовых конструкциях наблюдаются следующие виды деформаций:

- продольное укорочение;
- поперечное укорочение;
- общий продольный загиб;
- общий поперечный загиб;
- местные деформации (выпучины, волнистость, угловые деформации).

Продольное укорочение свариваемых конструкций является следствием поперечной усадки поперечных швов и продольной усадки продольных швов. Например, уменьшение длины донной секции происходит за счет поперечной усадки стыковых швов и угловых по шпангоутам и продольной усадки кильсонов.

Поперечное укорочение свариваемых конструкций является следствием поперечной усадки продольных швов и продольной усадки поперечных швов. Например, уменьшение ширины донной секции происходит за счет поперечной усадки пазовых швов, поперечной усадки угловых швов, продольного набора (кильсонов) и продольной усадки шпангоутов.

Уменьшение и укорочение секций можно определить с достаточной степенью точности, если воспользоваться данными табл. 58, где приведены численные значения усадки, полученные в результате замеров, произведенных Н. Н. Палушиным при сварке опытных и штатных судовых конструкций.

Из табл. 58 следует, что при автоматической сварке абсолютное значение продольной и поперечной усадки меньше, чем при ручной сварке. Уменьшение усадки объясняется увеличением скорости процесса сварки и уменьшением зоны нагрева металла.

Численные значения усугуб

Таблица 58

Эскиз шва	Толщина материала, мм	Вид шва	Категория шва	Продольная усугуб, мм/м		Поперечная усугуб, мм	
				вдоль сварки алюминия электродом	алюминиевая сварка	Резкая сварка листовым электродом	автоматическая сварка
	—	Прерывистый подхватный	3—5	0,30	—	—	—
			5—8	0,30	—	0,35	—
	—	Прерывистый плавный	3—5	0,30	—	0,35	—
			5—8	0,30	—	0,35	—
	—	Непрерывный односторонний	3—5	0,30	0,30	0,50	0,25
			5—8	0,30	0,30	0,70	0,30
	—	Непрерывный двусторонний	3—5	0,35	0,20	1	0,50
			5—8	0,35	0,30	1	0,70
	—	Непрерывный внахлестку	3—5	0,35	0,30	1,5	0,70
			5—8	0,35	0,30	1,5	0,80
	1—4 5—8 9—12	Стыковой без разделки кромок	—	0,35	0,30	0,70	0,70
			—	—	—	—	0,85
			—	—	—	—	1,00
	5—8 9—12	Стыковой с разделкой кромок	—	0,35	—	1,20	—
			—	0,35	—	1,70	—

Общий продольный и поперечный изгибы конструкции возникают в случае эксцентричного расположения швов или неравномерного их распределения относительно центра тяжести сечения конструкции и определяются наибольшим значением стрелки изгиба сечения.

Простейшим видом общего продольного изгиба является искривление составной тавровой балки в сторону пенька после приварки пенька к вертикальному листу.

Местные деформации, как правило, получают при сварке тонколистового материала (толщиной 1—5 мм) в стык или при приварке его к листам набора. Местные деформации выражаются в выпучивании листов как участков полозника в промежутках между швами.

Без особого ущерба для прочности корпуса и ухудшения гидромеханических качеств малотоннажного судна можно допустить стрелку местного коробления в пределах шпации 4—6 мм.

§ 48. НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ СУДОВ ИЗ ЛЕГКИХ СПЛАВОВ

В практике судостроения применяются как клепаные, так и сварные конструкции, состоящие из алюминия-магниевого сплава. Анализ выполненных сварных и клепаных соединений показывает явные преимущества сварных конструкций перед клепаными.

В табл. 59 приведены сравнительные данные, заимствованные из практики одной итальянской верфи, о стоимости изготовления клепаной и равнопрочной сварной алюминиевой секции (в итальянских лерах).

Таблица 59

Сравнительные данные о стоимости изготовления клепаных и сварных секций

Измерения	Секция		Фактическая стоимость	
	клепаная	сварная	лери	%
Вес, кг	2170	1772	308	18,3
Стоимость материалов	1643 000	1400 000	234 000	14,2
рабочей силой с использованием раскладок и выключенки	815 000	425 000	392 000	48
Полезная стоимость	2458 000	1825 000	633 000	25,8
Стоимость 1 кг изготовленной конструкции	1321	1033	—	—

Режимы сварки углерода и графитовым электродом

Толщина металла, мм	Сила тока, а	Диаметр угольного электрода, мм	Графитовый электрод, мм	
			круглые	колотые
3—5	130—250	12,5	10	10×30
5—10	250—400	15	12,5	12×12
10—15	400—500	18	15	14×14

Присадочные прутки при электродуговой сварке алюминиевых сплавов углеродным электродом также выбираются в зависимости от толщины свариваемого металла.

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр присадки, мм
3—5	4—6
5—8	5—6
8—10	6—7
10—12	7—8

Если толщина свариваемого металла 0,5—0,8 мм, присадочный материал не применяется, а заполнение шва получается за счет отбортовки кромок свариваемых деталей.

Во всех случаях при сварке по способу Бенардоса применяются специальные флюсы, которые должны удовлетворять следующим требованиям: растворять и удалять оксидную пленку, мешающую сплавлению металла и сварочной ванне; обеспечивать хорошее формирование шва; содержать вещества, способствующие лучшему стабильности сварочной дуги.

Автоматическая сварка углеродным электродом с механической подачей присадочного материала применяется в Советском Союзе и за границей. Автоматическую сварку следует применять в тех случаях, когда сваривается значительное количество однотипных деталей.

При ручной сварке по способу Славянова сварка алюминия голым алюминиевым электродом невозможна из-за энергичного окисления металла, поэтому электроды должны иметь специальные покрытия (обмазки).

К этим покрытиям предъявляются следующие основные требования: компоненты покрытия должны быть подобраны так, чтобы обеспечить максимальные растворение и перевод в жидкотекучий шлак оксидной пленки, стабильное горение дуги и хорошее формирование шва; покрытие не должно быть гигроскопичным и концентрично наноситься на прутки.

Как видно из табл. 59, при переходе от алюминиевой клепанной конструкции на равнопрочную алюминиевую сварную конструкцию может быть получена экономия в весе металла 18%, что соответственно составит экономию и стоимости материалов, равную 14%.

По стоимости рабочей силы с вкладными расходами и начислениями экономия может быть получена до 48%, а экономия полной стоимости конструкции — до 25%. Указанные данные свидетельствуют о том, что по всем показателям сварные алюминиевые конструкции более эффективны, чем клепаные.

Однако в местах соединения алюминиевых конструкций со стальными рекомендуется применение заклепочных соединений. В этом случае к заклепочным соединениям должны быть предъявлены требования не только в отношении достаточной прочности и герметичности клепаного шва, но и в отношении антикоррозионной стойкости.

При соединении алюминиевых конструкций со стальными могут применяться заклепки из алюминиевого сплава марки АМг5 или из стали (Ст. 2 и Ст. 3 по ГОСТ 499—41) в зависимости от прочности и коррозионной стойкости соединения.

В связи с тем, что коррозия алюминиевого сплава при контакте со сталью ускоряется, необходимы специальные защитные меры.

Основным способом защиты является оксидирование алюминиевых конструкций и заклепок с последующей грунтовкой пескоструйными грунтами АЛГ-1 и АЛГ-5 с защитной окраской. Все стальные детали, контактирующие с алюминиевыми, а также стальные заклепки должны быть оксидированы или фосфатированы с последующей грунтовкой. В месте ответственных соединений могут применяться вкладыши из ткани толщиной 0,5—1 мм, пропитанной грунтом АЛГ-1 или АЛГ-5.

При использовании заклепок из алюминиевого сплава диаметром до 16 мм применяется холодная клепка, при использовании заклепок больших размеров возможен подогрев. Во время клепки следует осаживать замкающую головку со стороны стали. Это мероприятие должно исключить возможное повреждение алюминиевых деталей.

В настоящее время при изготовлении судостроительных конструкций как на отечественных заводах, так и в зарубежной практике применяются следующие способы сварки: электродуговая, электродуговая сварка в инертной среде, газовая, контактная и холодная сварка давлением. Электродуговая сварка выполняется по способу Бенардоса углеродным электродом и по способу Славянова металлическим электродом.

При ручной сварке алюминиевых сплавов углеродным и графитовым электродами могут быть выбраны режимы сварки, приведенные в табл. 60.

При ручной сварке металлами с электродами дюралюминия Д16АМ могут быть выбраны режимы сварки, приведенные в табл. 61.

Для некоторой оценки прочности сварных соединений дюралюминия Д16АМ в табл. 62 приводим результаты механических испытаний.

По данным канд. техн. наук Г. А. Пузова, при сварке закаленного дюралюминия термообработкой сварных соединений (закалка со стержнем) несколько увеличивает их прочность и пластичность и может применяться для особо ответственных конструкций, однако выполнение термообработки часто сопряжено с большими трудностями вследствие больших размеров свариваемых конструкций.

В настоящее время Институт электросварки им. Е. О. Патона разработал и внедрил в производство автоматическую сварку алюминия и его сплавов полуавтоматической дугой.

Основная особенность этого способа заключается в том, что дуга горит не под слоем флюса, а полузагружена во флюс. Такой способ сварки дает хорошие результаты.

В practice иногда применяется автоматическая сварка неплавящимся электродом под слоем специального флюса. Этот способ может применяться для алюминиевых сплавов толщиной до 4 мм, при этом стыковые соединения должны иметь отбортованные кромки. Данный способ по всем показателям уступает способу, разработанному Институтом электросварки им. Е. О. Патона.

Довольно часто для сварки легких металлов применяется электродуговая ручная и автоматическая сварка в инертной среде. Особенностью этого способа является то, что инертный газ (аргон и гелий), окружающий дугу и расплавленный металл, не принимает участия в реакциях, происходящих в сварочной ванне, а защищает ее от проникновения газов из атмосферы.

Для сварки обычно применяют специальные горелки, обеспечивающие подвод тока к вольфрамовому электроду и газа к месту сварки. По этому способу дуга может получать питание как постоянным, так и переменным током; предпочтительнее, однако, применение постоянного тока на обратной полярности.

Указанный способ дает очень хорошие результаты при изготовлении рассмотренных конструкций из алюминия и его сплавов.

В настоящее время в СССР и ряде зарубежных стран (США, Англия) получает распространение полуавтоматическая сварка тонким плавящимся электродом в среде аргона. Этот способ позволяет сваривать алюминиевые сплавы во всех пространственных положениях, что очень важно при сварке судовых корпусов.

Таблица 61

Режимы сварки металлами с электродами

Толщина материала, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, а	Защита в среде, мм	Примечание
2	3	65-70	0	Сварку материала толщиной 5 мм лучше проводить электродами диаметром 4 мм
3	3	70-75	0	
4	3	80-90	1-1,5	
5	3	90-110	1,5-2	

Таблица 62

Прочностные показатели сварных соединений дюралюминия

Материал материала электрода	Толщина свариваемого материала, мм	Пределы прочности		Угол загиба, град.	Отношение угла загиба среднего соединения к углу загиба основного материала, %
		среднего соединения, кг/мм ²	сварного соединения, кг/мм ²		
Д18	2	27,5	16,0	180	49
АХ	2	21,5	20,3	180	48,9

Газовая сварка алюминия сплавами в настоящее время в судостроении применяется редко, так как иллюзионные здесь способы сварки являются более эффективными.

§ 66. НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПЛАСТМАССОВЫХ СУДОВ

Процесс строительства судна из пластмассы заключается в том, что стекловолокну, пропитанную смолой, должны быть приданы формы требуемой конфигурации, необходимые для создания корпуса судна и его отдельных конструктивных элементов.

В зависимости от серийности строительства судов, их конструкции и габаритов могут применяться:

ручной способ строительства судов с применением и без применения давления;

способ строительства судов с применением полной или частичной механизации.

Технологическая схема строительства судов из пластмассы сводится к тому, что по плазовой разбивке изготавливается в натуральную величину макет (болван) корпуса или отдельных его элементов. Материалом для изготовления болвана может служить дерево (дубовые и дубовые породы), гипс, бетон, парфан, легкие сплавы и сталь.

Чаще всего применяются деревянные болваны, легко поддающиеся обработке. Поверхности деревянного болвана могут быть сравнительно легко отшлифованы без особых трудовых затрат, что важно для уменьшения стоимости работ.

Физико-механические свойства некоторых лесных материалов, в той или иной мере применяемых для изготовления болванов, приведены в табл. 63.

При выборе материала следует исходить из того, что болван служит только для изготовления матрицы, после чего может быть разрушен.

Если к конструкционным породам древесины, применяемым для целей судостроения, предъявляются требования наличия высоких прочностных показателей, возможности большего сопротивления гниению и способности хорошо обрабатываться, то к древесине, идущей для изготовления болванов, главным является требование чистоты обработки; требования в отношении прочности и стойкости к гниению могут не учитываться.

Болван пустотелой конструкции применяется с большим количеством ребер жесткости. Наружные поверхности болвана должны быть тщательно отшлифованы.

При выборе той или иной технологической схемы строительства пластмассовых судов необходимо учитывать следующее:

1. Прочность стеклопластика пропорциональна количеству стекловолокна в его составе. Практически наивысшие прочностные показатели стеклопластика получаются при содержании стекловолокна 65—70% и смолы 30—35%.

2. При работе в качестве связующих с неактивными полиэфирными смолами холодного отверждения процесс отверждения сопровождается увеличением плотности и уменьшением объема. Усадка полиэфирной смолы составляет 5—8%, а полиэфирэфирлатов — 0,5—1,5%.

Усадочные явления вызывают в конструкции большие внутренние напряжения, которые могут привести к разрушению ее даже без воздействия внешних сил, поэтому процесс формования должен проходить таким образом, чтобы в конструкции после отверждения оставались минимальные остаточные внутренние напряжения.

3. Для ускорения отверждения полиэфирных смол в небольших количествах в смолу вводится (1—3%) отверждающие добавки, представляющие собой систему инициатор — актилятор. Комбинированием количества инициатора и актилятора можно ускорить и замедлить процесс отверждения стеклопластика.

4. С целью ускорения процесса отверждения полиэфирных смол может также применяться как местный нагрев матрицы и пуансона, так и общий подогрев.

5. Для повышения производительности труда при строительстве судов из пластмассы предпочтительнее из имеющихся в наличии стекловолоконителей применение стекловолокна (жгутовой ткани). Один слой стекловолокна, пропитанный смолой, дает толщину до 4 мм, в то время как один слой стеклоткани АСТТ(6), пропитанный смолой, дает толщину 0,3 мм, стеклоткань 0,9—1 мм.

Выпускными промышленностью стеклянная ткань содержит на поверхности волокна замазливатель, предназначенный для облегчения переработки волокон в нити и ткани. Этот замазливатель уменьшает смачиваемость поверхности волокна полиэфирной смолой, ухудшает адгезию между стекловолокном и смолой, что резко снижает прочностные показатели, особенно при нахождении стеклопластика в воде, и приводит его к расслоению.

6. Все стекловолоконители, идущие для целей судостроения, должны иметь гидрофобные покрытия или же должны обрабатываться химическим или термическим путем непосредственно на судостроительной верфи.

Необработанный стекловолоконитель для целей корпусостроения не может быть допущен.

Физико-механические свойства

некоторых пород древесины

Порода	Район произрастания	Объемный вес, г/см ³	
		при 15% влажности	в абсолютном сухом состоянии
Береза обыкновенная	Европейская часть СССР, Урал, Зап. Сибирь	0,64	0,61
Бук кавказский	Кавказ	0,65	0,58
Дуб	Европейская часть СССР	0,72	0,67
Ель обыкновенная	То же	0,46	0,44
" сибирская	Сибирь	0,45	0,43
Кедр сибирский	"	0,45	—
Клен	СССР	0,71	0,66
Лиственница	Сибирь	0,49	0,45
Липа	Приморский край, Европейская часть СССР	0,49	0,45
Листопад	Сибирь	0,68	0,60
Ольха	Европейская часть СССР	0,51	—
Пихта	Сибирь, Урал, Кавказ, Зап. Украина	0,41	—
Сосна	СССР	0,52	0,48
Тополь	Европейская часть СССР, Приморский край	0,42	—
Ясень европейский	Европейская часть СССР, Кавказ	0,70	0,66
" маньчжурской	Приморский край, Хабаровская область	0,66	0,64

Предел прочности при 15% влажности, кг/см ²			Среднее значение удельному весу в затопленной плотности, кг/см ³	Предел прочности на сжатие, кг/см ²		Твердость по Янгу при влажности 15%, кг/см ²		
при скалывании вдоль волокон	при статическом изгибе	при растяжении вдоль волокон		в радиальной плоскости	в тангентальной плоскости	в продольном сечении	в поперечном сечении	в тангентальной плоскости
478	906	—	0,48	81	90	301	308	305
464	938	1291	0,37	90	131	540	406	428
550	935	1289	0,37	72	100	653	607	489
464	776	1150	0,19	68	67	256	412	522
392	724	1084	0,19	50	61	236	122	136
363	648	820	0,25	78	69	176	96	126
582	1066	—	0,42	117	132	705	542	570
362	666	1058	0,27	—	—	163	116	114
543	982	1227	0,27	91	84	389	335	293
368	662	—	—	—	—	333	227	294
328	558	686	0,12	77	82	260	—	—
418	758	982	0,18	67	66	273	161	168
324	549	850	0,19	—	—	210	170	150
525	7135	1695	0,42	112	121	757	—	—
451	979	1444	0,20	122	114	612	—	—

7. Все пластмассовые конструкции должны изготавливаться в соответствии с их технологической схемой.

В международной практике судостроения применяются следующие методы строительства судов из пластмассы:

- ручной (контактный метод);
- метод напыления стеклопластика пистолетом;
- вакуумный метод;
- метод резинового мешка;
- метод совпадающих шаблонов.

Ручной, контактный, метод состоит в том, что на матрицу или пуансон последовательно укладываются и пропитываются смолой слои стеклонаполнителя. Пропитка слоев стеклонаполнителя производится кистями, пульверизатором или специальными цветочными роликами. Для лучшей пропитки слоев стеклонаполнителя под небольшим давлением $0,4-1 \text{ кг/см}^2$ применяется укатка материала с помощью ребристых металлических роликов разной конфигурации.

Метод напыления стеклопластика пистолетом заключается в том, что на матрицу или пуансон специальным пистолетом наносится масса, состоящая из полиэфирной смолы, смешанной с ингибитором и ускорителем и рубленым волокном, тем самым образуя изделие из стеклопластика требуемой толщины. Этот метод является высокопроизводительным.

Вакуумный метод отличается от предыдущих методов тем, что пропитка стеклонаполнителей осуществляется за счет вакуума, образованного между пуансоном и матрицей, куда заранее помещен стеклонаноплитель.

Метод резинового мешка состоит в том, что для получения чистых поверхностей с обеих сторон изделия на изделие с одной стороны оказывается давление с помощью резинового мешка, клап мешка из эластичного пластика, а с другой стороны стеклопластик контактирует с матрицей или пуансоном.

Резиновый мешок имеет специальный покров и размещается между жесткими контурами. Давление достигается за счет заполнения мешка сжатым воздухом.

Метод совпадающих шаблонов сводится к тому, что для получения чистых поверхностей с обеих сторон изделия (однослойной обшивки, шпангоутов, флор, килясонов и других элементов корпуса) после укладки стеклонаполнителя, его пропитки и укатки задвигают на пуансон матрицу и плотно прижимают ее к поверхности формируемого изделия. Этот метод, так же как и вакуумный, требует дорогостоящей оснастки.

Таким образом, для технологии строительства судов из пластмассы может быть представлена следующим образом:

1. Изготавливается болван с натуральной величиной.
2. По болвану изготавливается матрица из пластмассы.
3. По матрице формируется изделие.

Процесс контактного формирования матрицы и изделия выполняется в следующей последовательности.

После изготовления болвана на наружные его поверхности наносится разделительный слой, который предохраняет болван от прилипания к нему стеклопластика, затем приступают к нанесению первого слоя полиэфирной смолы с ингибиторами.



Рис. 143. Конструкции некоторых катков.

После частичного отверждения первого слоя наносит второй слой полиэфирной смолы. Затем на болван укладывают стеклонаноплитель и прикатывают его к болвану, пока полиэфирная смола не выступит на поверхности стеклонаноплителя, след за этим опять наносит слой полиэфирной смолы и опять наполнитель. Так процесс ведется до получения требуемой толщины матрицы.

Некоторые конструкции катков, применяемые для накатывания стеклонаноплителей к болвану, показаны на рис. 143.

Полиэфирная смола наносится на болван с помощью пульверизаторов или кистей. На рис. 144 показаны катки и кисти, которые применялись при строительстве пластмассовых судов на заводе им. М. И. Калинина.

Технологический процесс строительства судов из стеклопластика могут быть искусственно разбиты на две группы:

1 группа — формирование изделия с применением одной открытой формы (матрицы);



Рис. 144. Катки и кисти, которые применялись при строительстве пластмассовых судов на заводе им. М. И. Калинина.

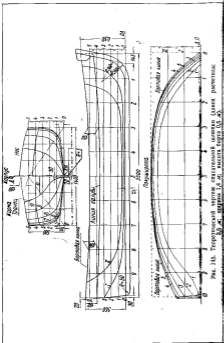


Рис. 145. Теоретический чертеж сшитой оболочки (длина расчетная 3,5 м; ширина 1,4 м; высота борта 0,5 м)

II группа — формование изделий в сопряженных формах с применением давления и вакуума.

В качестве примеров строительно-спасательных судов из пластмассы, являющих технологические процессы строительства спасательной шлюпки, моторката и грузового теплохода грузоподъемностью 15 т.

Технологический процесс строительства спасательной шлюпки сводится к следующему. По теоретическому чертежу (рис. 145) производится плазовая разбивка. По плазовой разбивке были изготовлены шаблоны и болван корпуса деревянной конструкции, имеющей накладки разъемов. Учитывая, что конструкция спасательной шлюпки (рис. 146) состоит практически из двух секций, вся оснастка сводилась к изготовлению двух болванов: болвана корпуса, болвана внутренней оболочки. Для дальнейшего формования изделия корпус шлюпки требовалось изготовить с болваном корпуса матрицы. С болваном внутренней оболочки формовались готовые изделия.

Таким образом, вся технология строительства спасательной шлюпки сводилась к изготовлению секций корпуса, внутренней оболочки, к монтажу обшивочных элементов и заполнению воздушных прослоек между двумя оболочками легким теплоизолятором типа пенопласта.

На рис. 147 показана последовательность изготовления сборки спасательной шлюпки по отдельным технологическим этапам.

Как видно из рис. 147, для снятия матрицы болван корпуса установлен палубой вниз. На наружные поверхности болвана

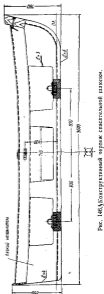


Рис. 146. Конструктивный чертеж спасательной шлюпки.

наносится разделительный антиадгезионный слой, который предохраняет стеклопластик от приклеивания к болвану. Для этих целей применяются доскояны эмульсии и водный раствор поливинилового спирта. При использовании в качестве разделительного слоя поливинилового спирта нанесение его на поверхность следует производить мягкой кистью для получения тонкой пленки. Толстая пленка отслаивается от поверхности формы.

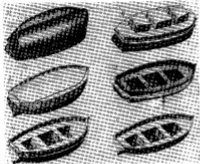


Рис. 147. Последовательность изготовления и сборки стеклопластиковой матрицы.

а — сьем матрицы с болвана (изюбка); б — сьем внутренней оболочки с болвана; в — прием корпуса шлюпки по матрице; г — нанесение ламинационного болвана по готовому изделию пакетом изнутри; д — сборка корпуса с внутренней оболочкой; е — готовая стеклопластиковая шлюпка.

1 — матрица; 2 — кисть; 3 — корыт; 4 — внутренняя оболочка.

Время высыхания пленки составляет примерно 2—3 часа при температуре окружающей среды 17—20° С. После того как образовалась пленка, приступают к процессу выклейки, этот процесс иногда называют ламинированием.

Процессу выклейки предшествует процесс подготовки смолы и стекловолокон.

Процесс подготовки смолы сводится к тому, что полиэфирная смола, поставленная в несомешенном виде, перед употреблением смешивается с инициатором в нее вводят красители.

С введением инициаторов в состав полиэфирной смолы ее жизнеспособность становится ограниченной (20—100 мин.), поэтому количество замешанной смолы должно быть рассчитано на использование ее до процесса жидкотекучести.

Процесс подготовки стекловолоконной смолы сводится к снятию замазливателя. Снятие замазливателя производится термическим путем, т. е. прокапанием стеклотканки и специальных печей в течение нескольких часов. Снятие замазливателя улучшает адгезию, вследствие чего прочность стеклопластика повышается до 40%.

Процесс снятия замазливателя со стеклотканки не всегда выполняется, так как на заводах пока отсутствуют печи для прокапывания стеклотканки.

После того как процесс подготовки смолы и стекловолоконной смолы закончен, приступают непосредственно к выклейке. Выклейка обычно начинается для готовых изделий с нанесения на поверхность формы декоративного слоя, который обеспечивает получение красивой гладкой ламинированной поверхности у формируемого изделия.

На матрице нанесение декоративного слоя обязательно.

Таким образом, процесс выклейки матрицы начинается с нанесения слоя полиэфирной смолы с помощью пульверизаторов, кистей или просто валиков. Затем этому слою дают возможность в течение 20—50 мин. несколько затвердеть, после чего опять наносят один слой полиэфирной смолы, укладывают слой стеклонаполнителя, который прикатывается катками.

Таким последовательным наложением слоев стекловолокна и полиэфирной смолы достигается требуемая толщина матрицы. Во время выклейки матрицы также устанавливаются и приклеиваются к последней продольные и поперечные ребра жесткости, которые обеспечивают неизменность формы матрицы.

Матрица с нанесенными продольными и поперечными ребрами жесткости приведена на рис. 148.

После окончания процесса выклейки и наложения жесткостей оставляют матрицу на болване до момента отверждения полиэфирной смолы. Скорость отверждения полиэфирной смолы находится в прямой зависимости от вида и количества введенных в состав полиэфирной смолы инициаторов и температуры режима, при котором происходит процесс отверждения. При этом следует иметь в виду, чем больше температура внешней среды, тем быстрее происходит процесс отверждения. Окончательная полимеризация стеклопластика наступает через 2—3 недели, поэтому в течение этого периода времени не рекомендуется эксплуатировать суда из стеклопластика. Часто для ускорения процесса полимеризации применяют местный обогрев матрицы.

Таким образом, после отверждения стеклопластика приступают к снятию его с болвана.

производить дальнейшее формование внутренних оболочек, пришлось отформовать болван из стеклопластика по готовому, ранее снятому изделю (см. рис. 149, з).

Сборка шлюпки (см. рис. 149, д) производится путем крепления внутренней оболочки к корпусу. Соприкосновение осуществляется приклеиванием внешних кромок внутренней оболочки к фланку корпуса над провальным бруском. Для некоторого усиления этого соприкосновения иногда клеювое соединение дублируется механически соединением (шурупами или болтами).

После того как оболочки соединены между собой, приступают к заполнению свободных объемов, образованных между оболочками.

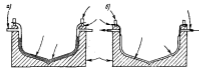


Рис. 150. Передача давления на внутреннюю поверхность корпуса вакуумным способом:
а — матрица с гибкой оболочкой в начальный момент отсоса воздуха; б — матрица с гибкой оболочкой после отсоса воздуха.

Состав для заполнения вводит специальными шприцами в отсеки, подлежащие заполнению пенопластом. После введения жидкого состава пенопласт происходит вспенивание и заполнение отсека. Для указанных целей может применяться уретановый пенопласт. Уретановый пенопласт стоек к морской воде, морозостоек, водонепроницаем и обладает упругостью при сжатии.

При формовании изделия из стеклопластика следует иметь в виду, что один слой полиэфирной смолы и один слой стеклоланта дает толщину 0,9—1 мм. Толщина слоя стеклоланта марки АСТП(б) и одного слоя полиэфирной смолы составляет 0,3—0,35 мм.

Необходимо также учитывать, что многие полиэфирные смолы производственных марок от соприкосновения с кислородом воздуха после отверждения остаются клейкими по окончании процесса формования. Для исключения клейкости открытые поверхности изделия изолируют от кислорода воздуха, а с целью повышения прочностных показателей применяют вакуумный или пневматический способ защиты изделий.

Пневматический способ (рис. 151) заключается в том, что после окончания формования корпуса к матрице и верхней части прижимается гибкая оболочка, которая неступает в адгезию

с полиэфирной смолой. После закрепления гибкой оболочки, включающей процесс просасывания воздуха по всему контуру матрицы, воздух откачивается по специальному каналу, благодаря чему гибкая оболочка плотно обжимает внутреннюю поверхность корпуса шлюпки.

Пневматический способ (рис. 151) заключается в том, что в матрицу вводят эластичный мешок, соединенный сверху с несущей платформой, которая крепится к корпусу матрицы.



Рис. 151. Передача давления на внутреннюю поверхность корпуса пневматическим способом:
а — матрица в момент установки резинового мешка; б — матрица с пневматическим давлением воздуха после отдачи в него сжатого воздуха.

После подачи сжатого воздуха в мешок пластмассовое изделие прижимается к внутренней поверхности матрицы.

При проектировании и строительстве мотокатера длиной 7,5 м в отличие от технологии, принятой для спасательной шлюпки, болван был разбитым, из трех частей (рис. 152).

Как видно из рис. 152, после окончания формования матрицы вынимают среднюю конусную часть болвана, затем с помощью тальеров стягивают носовую часть болвана с кормовой. Когда носовая и кормовая части болвана окажутся сдвинутыми с места, они совершенно свободно могут быть извлечены из матрицы.

Процесс формования отдельных частей корпуса и надстройки мотокатера почти такой же, как и у спасательной шлюпки. Однако наличие в конструкции мотокатера поперечных связей потребовало несколько изменить процесс формования корпуса. При формовании корпуса шпангоуты поперечного набора из пенопласта обклеивались стекловолокнистыми, создавая тем самым поперечный набор.

Некоторые технологические этапы строительства мотокатера приведены на рис. 153.

При строительстве катера были выделены следующие технологические комплекты: корпус, надстройка с палубой и поперечные переборки.

Соприжение палубы с бортом осуществлялось клеевым соединением и дублировалось механическим соединением с помощью болтов, пронизанных через палубу, фланец борта и привальный брус.



Рис. 152. Разъемный болван (матрица) моторкатера:
а — левая половинная конусная часть кофки;
б — стеллаж с полностью закрытой носовой и
кормовой частями кофки.

1 — разъемная часть; 2 — носовая часть; 3 — кормовая
часть; 4 — бортик; 5 — моторка.

При строительстве грузового теплохода грузоподъемностью 15 т, длиной 16,5 м во избежание образования значительных внутренних напряжений от усадки полиэфирной смолы было принято решение сделать разъемной как для корпуса, так и для надстройки с палубой (рис. 154). Разъем в обоих случаях предусматривался по диаметральной плоскости.

Соединение двух разъемных частей матрицы между собой производилось на шпильках с помощью болванок. Формование корпуса и надстройки осуществлялось так же, как и для моторкатера.

В силу того, что на грузовой теплоход действуют значительные внешние силы, конструкция корпуса предусматривала продольный и поперечный набор. Обклейка набора производилась по шаблону, заранее изготовленным из пенопласта (рис. 155).

Рис. 153. Моторные теплоходы
Российского флота с применением
разъемных матриц:

а — моторная надстройка теплохода;
б — носовая часть корпуса теплохода;
в — кормовая часть корпуса теплохода;
г — моторная надстройка теплохода;
д — корпус теплохода, надстройка и палуба;
е — моторная надстройка теплохода;
ж — моторная надстройка теплохода.



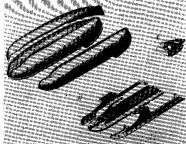


Рис. 154. Матрицы в болты корпуса грузового судна: а — деревянный болван корпуса и две половинки матрицы из стеклопластика; б — болты и матрица полуобода; в — деревянный болван надстройки с ваулой и две половинки матрицы из стеклопластика.

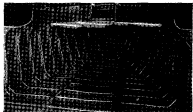


Рис. 155. Шаблон из фанеры для формовки ваулового и ленточного шпангоута грузового теплохода.

Конструкция корпуса теплохода была разбита на следующие строительные комплекты: корпус с набором, надстройка с ваулой, полуобод и поперечные переборки. Сборка осуществлялась следующим образом: в готовый корпус устанавливались и крепились поперечные переборки, затем устанавливались надстройка с ваулой и полуобод. Секции соединялись между собой на клею и дублировались с помощью болтового соединения.

Последовательность изготовления и сборки корпуса грузового теплохода показана на рис. 156, общий вид — на рис. 157.

Некоторый интерес представляют принципиальные решения, которые принимались при разработке технологического процесса постройки пассажирского теплохода на 65 чел. из пластика.

Ввиду значительных размеров теплохода (длина 24,3 м, ширина 3,8 м, высота борта 1,3 м) и во избежание получения больших остаточных внутренних напряжений матрица корпуса предусмотрена разъемной.

Вся теплохода постройки теплохода может быть представлена в следующем виде.

Изготавливают в натуральную величину болван корпуса судна (рис. 158). После измерения по вауловым шаблонам его наружные поверхности тщательно подматрут и покрывают лаком.

Как видно из рис. 158, после выпалки на болване матрицы последняя имеет следующие размеры:

- носовая часть матрицы;
- матрица цилиндрической части судна с разъемом по диаметральной плоскости;
- матрица кормовой части судна с разъемом по диаметральной плоскости.

Таким образом, матрица состоит из пяти отдельных частей, которые соединяются между собой фланцами с помощью болтов.

Для сохранения формы отдельных частей матрицы и придания им жесткости на последние с наружной стороны приклеиваются продольные и поперечные ребра жесткости.

Формование матрицы из стеклопластика осуществляется следующим из пистолета жидкокамененной полиэфирной смолы и стекловолоконной за наружные поверхности болвана до толщины 8—10 мм.

Для обеспечения жесткости и прочности фланцев в местах разрыва на последние, кроме напыления стеклопластика, накладывают несколько слоев стеклоткань или стеклоткань. Стеклоткань накладывается на фланец с переусом на корпус не менее 200 мм. Стеклоткань и стеклоткань значительно укрепляют фланец.

Сборка матрицы для окончательного формования в ней корпуса производится на кильблоках.

После тщательной проверки правильности установки матрицы приступают к формованию изделия — корпуса судна.

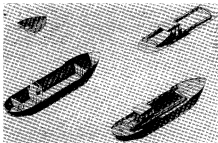


Рис. 159. Некоторые типы сборки корпуса грузового теплохода.



Рис. 157. Общий вид грузового теплохода.

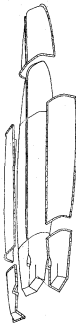


Рис. 158. Болван и различные струги пассажирского теплохода со вальштахта.

Отдельные основные этапы стальной обшивки пассажирского теплохода из пластмассы показаны на рис. 159.

Строительство пассажирского теплохода подразделяется на пять условных этапов и может осуществляться в следующей последовательности.

Работы по I этапу сводятся к тому, что после установки и выверки матрицы в шаблонах приступают к нанесению на внутреннюю поверхность матрицы разделительного слоя. Когда разделительный слой нанесен, наносит первый слой полиэфирной смолы. Вслед за тем, как только начинается процесс отверждения полиэфирной смолы, накладывают 4 слоя гидрофобизирующей стеклоткани типа АСТТ(б), причем каждый слой последовательно пропитывается полиэфирной смолой, и приступают к запылению стеклотканью на внутреннюю поверхность матрицы до толщины 4 мм. При напылении полиэфирной смолы с наполнителем необходимо следить за тем, чтобы стеклотканью было дано не менее 75 жж. В местах резких переходов некоторых конструкций (фланцы, трапы) следует закладывать в состав стеклоткань стеклорогожку или стеклоткань.

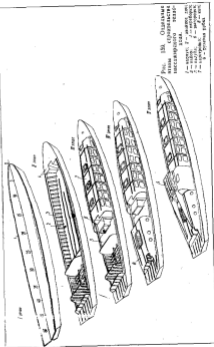
В районе моторного отделения при формировании обшивки также нужно закладывать несколько слоев стеклоткани. Во избежание получения значительных внутренних напряжений и коробления конструкции процесс формирования наружной обшивки следует вести от модели к оконечностям и от диаметральной плоскости к бортам и к палубе. После запыления стеклотканью на поверхность матрицы необходимо разровнять поверхность специальными наклонными катками. По мере передвижения нанесения слоя стеклотканью от модели к оконечностям следует закладывать ребра жесткости на обшивку и крепить верхнюю часть бортовой обшивки к матрице специальными прижимами для струбцины. Последнее мероприятие направлено на ликвидацию или снижение коробления, вызванного усадочными явлениями, происходящими в полиэфирной смоле при ее отверждении.

Работу по II этапу сводит к тому, что до окончания отверждения наружной обшивки приступают к приклейке заранее сформированного поперечного и продольного набора к наружной обшивке. Все работы по установке и приклейке также ведутся в направлении от модели к оконечностям.

Для лучшей приклейки набора к обшивке рекомендуется грузом или другими способами прижимать его до полного отверждения.

После установки днищного и бортового набора выставляют и выравнивают к горизонту фланцы набора пилы двойного дна. Для лучшей приклейки шпангоута двойного дна также рекомендуется прижимать к набору.

При выполнении операции по установке и приклейке двойного



дна следует иметь в виду, что если предусматривается применение заполнения свободных объемов, образуемых между днищем и двойным дном блочным пено- или поропластом, то блоки необходимо установить до установки двойного дна.

Если же утепление будет производиться на месте, то в каждом отсеке между флорам и кильсами нужно закладывать необходимое количество утепляющих веществ.

После установки двойного дна выставляют и приклеивают к корпусу поперечные переборки и палубу в оконечностях. Когда переборки прикреплены к обшивке, выставляют и приклеивают заранее изготовленный фундамент под главный двигатель.

Работы по III этапу заключаются в установке и приклейке ранее сформованной надстройки, расположенной над пассажирским салоном.

Работы по IV этапу сводятся к монтажу главного двигателя и механизмов моторного отсека. После окончания монтажных работ устанавливаются и приклеивают кп моторного отсека.

Работы по V этапу сводятся к установке и приклейке рулевой рубки. На этом этапе производятся все достроечные работы, после чего судно спускается на воду.

О механизации строительства пластмассовых судов

Процесс строительства пластмассовых судов является трудным, поэтому необходимо стремиться к максимальной механизации его.

ЦТКБ Министерства речного флота разработала схему механизации строительства спасательной шлюпки (рис. 160).

На металлический пуансон накладываются один или два слоя стеклороскожи. Поверх пуансона устанавливается матрица. Между пуансоном и матрицей по толщине обшивки корпуса образуется зазор. На матрице смонтирован вакуум-насос, который откачивает воздух между пуансоном и матрицей.

После создания вакуума из бака смесителя подают в форму, подготовленную к формированию изделия, полиэфирную смолу. Когда промежуток между матрицей и пуансоном будет заполнен полиэфирной смолой, откачивают податку и предоставляют смоле возможность отверждаться. После окончания процесса отверждения поднимают матрицу в крайнее положение. В силу усадочных явлений корпус шлюпки остается на пуансоне. Для отрыва корпуса от пуансона с помощью специальной магистрали подводят сжатый воздух и направляют его между корпусом шлюпки и пуансоном, затем снимают изделие и передают на сборочный участок.

В США при строительстве десантно-высадочных судов LCVP из пластмассы длиной 11 м была применена механизация, сводившаяся к формированию корпуса между двумя металлическими формами — матрицей и пуансоном. Металлическая матрица, установленная над пуансоном, показана на рис. 161.

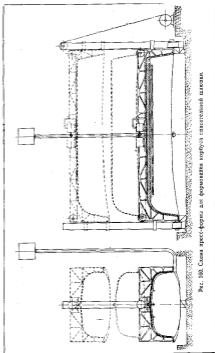


Рис. 160. Схема пресс-формы для формирования корпуса спасательной шлюпки.

Процесс формирования корпуса осуществлялся в следующей последовательности:

а) пуансон покрывался одним слоем стеклоткани и тремя слоями стекломата, на которые снова накладывался слой стеклоткани;

б) на внутреннюю оболочку обшивки, расположенной над пуансоном, укладывались заранее подготовленные по шаблону блоки пенопласта, между которыми размещался слой стеклоткани и стекломата, образующие перемычки между внутренней и наружной оболочками обшивки;

в) по уложенному слою пенопласта накладывались стеклоткань и стекломат, образующие наружную оболочку корпуса обшивки, после чего устанавливалась сверху матрица и в закрытую форму нагнеталась смола для пропитки стекловолокнистого.

Пропитка смолой производилась путем инжектирования. Заполнение формы смолой осуществлялось со средней скоростью около 0,8 кг в минуту. За первый час в форму было подано около 362 кг смеси, после чего инжектирование приостановили. Остановка была произведена для того, чтобы дать возможность смеси равномерно заполнить все ребра и выемки. К концу второго часа было подано в форму около 544 кг смеси. Затем последовала вторая 20-минутная остановка, после чего инжектирование продолжалось до полного заполнения формы. Через 40 час. матрица была снята, и готовый корпус весом 2,7 т поднят с пуансона.

Корпус такого судна, вынутый из формы, показан на рис. 162. В качестве легкого наполнителя между двумя слоями стеклопластика применялся полистирол, достаточно легкий и имеющий закрытую ячею. Пенопласт перед установкой на место покрывался специальным клеем и обертывался в крафт-бумагу, на которую наносился специальный состав для герметизации пенопласта.

Указанные схемы механизации могут успешно применяться для судов длиной до 15—16 м. Для судов больших габаритов необходимо разработать секционный метод постройки судов.

Фирма «Дас Кунштаффе Бертраб» (ФРГ) выпускает специальные машины, которые позволяют пневматически нагнетать на форму стекловолокно с одновременной пропиткой его смолой.

Машина для напыления стекловолокнистых масс (рис. 163) смонтирована на тележке и имеет устройства, нарезающие стекловолокно, вентиляторы для транспортировки нарезанного волокна, емкости для хранения смолы и добавок к ней. Габаритные размеры машины: длина 1800 мм; ширина 800 мм и высота 1200 мм. Вес машины 800 кг. Потребляемая мощность 2,5 квт, с каворифером для подогрева воздуха 10 квт. Производительность машины 75 кг стеклопластика в час.

Работа машины сводится к следующему: на размоточное устройство устанавливается до шести бухт с ровницей (рис. 164),



Рис. 161. Металлическая матрица, установленная на пуансон.



Рис. 162. Корпус малоскоростного судна, вынутый из формы.

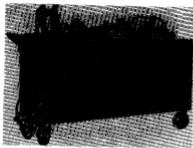


Рис. 153. Машина для изготовления форм стекловолокнистой массы.



Рис. 164. Бракка со стеклами волокон.

которая специальными валиками подается режущему механизму, где волокна разрезаются на отрезки длиной от 10 до 90 мм. Вентилятор в свою очередь подает нарезанные волокна по шлангу к пистолету.

В машине установлены две емкости по 40 л каждая, из которых одна предназначается для закладки полимерной смолы, смешанной с катализатором, а другая — полимерной смолы, смешанной с активатором. Имеется также емкость на 5 л для хранения ацетона, используемого при промывке и чистке машины. На контейнер сжатым воздухом под давлением 2,3—2,5 кг/см² смолы с катализатором и смолы с активатором

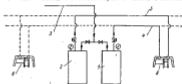


Рис. 165. Принципиальная схема форсированной установки для напыления стекловластиков.

1 — резервуар смолы, в котором заливается полимерная смола с катализатором;
2 — резервуар смолы, в котором заливается полимерная смола с активатором;
3 — трубопровод для подачи в резервуар смолы сжатого воздуха;
4 — форсированная (распыляющая) для подачи в пистолет полимерной смолы с катализатором; 5 — форсированная (распыляющая) для подачи в пистолет полимерной смолы с активатором;
6 — пистолет.

подается по соответствующим шлангам к пистолету, который имеет выход для стекловолокна и отдельные сопла для смолы с катализатором и смолы с активатором. Смешение компонентов происходит в воздухе, благодаря чему исключается чистка шлангов и пистолета. Смешанная масса наносится пистолетом на форму так же, как и штукатурка штукатурной машинкой.

Рассмотренная машина может с успехом применяться при строительстве мелких и крупных судов из стекловластиков.

Представляет также некоторый интерес установка для напыления стекловластиков американской фирмы «Рэнд Девелопмент Корпорейшн». Эта установка состоит из двух нагнетательных бачков объемом по 0,15 м³, небольшой компрессорной установки на 0,45 м³ в минуту при давлении 5—3,6 атм в рабочем органе — пистолете для нанесения на поверхность матрицы или болвана смешанной полимерной смолы с инициатором и ускорителем и рубаного стекловолокна.

Принципиальная схема такой установки приведена на рис. 165. Работа установки сводится к следующему: один нагнетательный

бачок заряжают смесью полиэфирной смолы с ускорителем, другой — смесью полиэфирной смолы с инициатором. Каждый отдельно взятая смесь не отверждается, что очень важно при длительной работе с установкой, так как исключается засорение шлангов отвержденной полиэфирной смолой, смешанной с инициатором и ускорителем. В данной установке обе смеси подаются раздельно по шлангам к форсункам, смонтированным в пистолете под давлением не ниже 4,5 атм.



Рис. 166. Пистолет в рабочем состоянии.

Как видно из рис. 166, пистолет по внешнему виду напоминает велосипедный руль. На этом пистолете под углом закреплены две форсунки, продольные оси их пересекаются на некотором расстоянии в точке, являющейся фокусом. Изменение угла установки форсунки изменяет и расстояние до фокуса. В среднем расстояние до фокуса должно быть равно 25—30 см.

На пистолете размещается устройство для резки стекловолокна. Это устройство режет стекловолокна на кусочки длиной до 70 мм и силой сжатого воздуха выбрасывает их в виде струи распуленной стекловолоконки. Струи жидких компонентов из форсунок и струи стекловолоконки сходятся в фокусе, охватывая площадь в несколько квадратных сантиметров. При работе пистолет следует держать таким образом, чтобы фокус совпадал с поверхностью изделия. Одним пистолетом можно нанести в течение часа слой стеклопластика толщиной 1,5 мм на площадь 72 м², а слой толщиной 3 мм — на площадь до 40 м². При таком соотношении веса стекла к общему весу стеклопластика достигает 40%. Это обеспечивает довольно высокие физико-механические свойства стеклопластика, аналогичные свойствам стеклопластика с наполнителем из стекломатов.

На рис. 167 показан пистолет с разбивкой на отдельные узлы.

Как видно из рисунка, форсунки расположены под углом, а устройство для резки волокна состоит из двух стальных роликов. Один из этих роликов имеет сменные вставные лезвия, а второй — толстый поверхностный слой кремнистой резины.

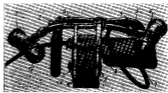


Рис. 167. Пистолет с разбивкой на отдельные рабочие узлы.

1 — регулятор длины струи; 2 — регулятор подачи смолы; 3 — аккумулятор; 4 — шарнирно соединенный; 5 — выключатель раздельного устройства; 6 — устройство подачи воздуха; 7 — клапан; 8 — клапан; 9 — клапан; 10 — клапан; 11 — лезвие, вставной кремнистой резины; 12 — форсунка.

В зависимости от количества вставленных в ролики лезвий изменяется и длина волокон стекловолоконки: например, при большом количестве лезвий получается меньшая длина секции.

Благодаря тому, что установка позволяет подключать в магистраль несколько пистолетов, ее производительность может быть соответственно удвоена или утроена.

Большая производительность при высоких прочностных показателях стеклопластика — основное преимущество установки.

Пластические массы некоторых производственных марок, применяемые в судостроении, машиностроении и судовой электротехнике

Техническое наименование	Марка	Технические условия	Область применения
Группа этиленовых			
Полиэтилен	ПЭ 150 ПЭ 300 ПЭ 450 ПЭ 500	ВТУ МХП 458—55	Предназначается для изготовления проводов и электрических кабелей, деталей высококачественных установок, радиопередатчиков, производства труб, листов, лент и других изделий как химически стойкой массы
Полиэтилен К	—	ТУ МХП 2524—53	Предназначается для изготовления проводов и кабелей и для различных деталей высококачественных установок, радиопередатчиков и других электрических изделий
Полиэтилен К	503	ВТУ 4440—55	То же
Группа виниловых			
Винилацетат листовый	—	ТУ МХП 3823—53	Применяется в качестве электроизоляционного материала для работы в интервале температур от 0 до +40°С
Газропласт	СМ	ТУ МХП 2742—53	Масса для изготовления деталей радиотехнических устройств
Пластик ПХВ	Кабельный	ТУ МХП М540—55	Для изоляции кабельных изделий
То же	Прокладочный	ТУ МХП 2026—49	Применяется в диапазоне температур от -55 до +60°С в качестве химически стойкого прокладочного или герметизирующего материала

Техническое наименование	Марка	Технические условия	Область применения
Пластик ПХВ	Шагматовый системостойкий Надмариновый системостойкий А Б	ГОСТ 5960—51	Предназначается для изоляции проводов, кабелей и также для изготовления электроизоляционных изделий
Винилацет СМА	—	ТУ МХП 3399—52	Предназначается для систем кабелей и проводов и электрических цепей морской неосвещаемой судовой
	Прозрачный	ВТУ 3035—55	Для защиты фотоэлементов и других целей
Винилацет ПХВ	2003	ВТУ 3655—53	Предназначается в качестве звукоизоляционного и электроизоляционного материала, изготовляемого из стали, закаленную лакокрасочной или масляной пленкой от непосредственного контакта
Винилацет ПХВ-1	—	ТУ 4332—54	Предназначается для применения в качестве легкого наполнителя в аэрокосмической конструкции
Винилацет ПХВ	—	ВТУ 2963—51	Предназначается в качестве легкого наполнителя в аэрокосмической конструкции и как звукоизоляционный и электроизоляционный материал
Винилацет СМА	А-20	ВТУ МХП 3030—52	Предназначается для изготовления листового материала
Группа фтороластов			
Фтороласт-4	А Б В	ВТУ ФП 4—59	Применяется для изготовления изделий, обладающих стойкостью к сильным окислительным средам и высоким температурам. Изделия из фтороласта-4 могут применяться при рабочих температурах от -60 до +200°С

Техническое наименование	Марка	Технические условия	Область применения
Фторопласт-3	—	ВТУ М.518—54	Применяется для изготовления антифрикционных покрытий в изделиях
Фторопласт-4	Паска; ориентированная поперечно-ориентированная	ТУ М.549—56	Применяется в качестве межтрубной изоляции в аппаратуре, работающей в интервале рабочих температур от -60 до +220°С
Группа стиролов			
Полистирол	Блонный Д Т	ТУ М.241—54	Предназначается для изделий, изготовляемых методом литья под давлением или прессованием
	Экструзионный: А В В	ТУ М.247—54	Предназначается для изготовления тонкостенных изделий методом литья под давлением или горячего прессования
Полистирол СН	НС-1	ВТУ МХП М.274—54	Применяется для получения листового материала, изготовляемого методом горячего литья, полученных технических изделий, полученных экструзионным или методом литья под давлением
Полистирол Х	ПМХС автолавный	ВТУ ГХПК М.529—59	Применяется для изготовления и литья под давлением деталей высокочастотной электротехники
	ПМХС механический	ТУ М.585—59	
Полистирол ДХ	ПДХС	ТУ М.254—59	Применяется для изготовления и литья под давлением деталей высокочастотной электротехники
Полистирол С	Продукт 30	ВТУ М.162—55	Предназначается для изготовления изделий выключательной аппаратуры методом прессования и литья под давлением

Техническое наименование	Марка	Технические условия	Область применения
Поропласт РС	РС-4	ТУ М.679—56	Применяется в качестве теплоизоляционного материала
	РС-1	ТУ МХП 3282—54	Применяется в качестве листового изоляционного в армированных конструкциях, а также для теплоизоляции
Группа стеноластов			
Формаль	ПВФ	—	Применяется в листах для изготовления электротехнических изделий
Бутираль	—	ТУ МХП 3382—49	Применяется для изготовления бесцветных прозрачных и эластичных листов, а также для изготовления листов ВФ-1 и др. Может применяться для изготовления изделий методом прессования и литья под давлением
Пластмасса ПНС	Бузафон А Б	ТУ МХП 2494—54	Применяется при изготовлении трансформаторов
Группа акрилов			
Акрилат	Органическое стекло полиакрилат	ТУ МХП 36—54	Применяется для изготовления изделий технического и бытового назначения
	Органическое стекло олиакрилат	ВТУ 2274—51	Применяется для изготовления специальных и люминесцентных ламп
Акрилат СМСН	А Б	ТУ М.435—57	Предназначается для изготовления методом литья под давлением изделий для оборудования автомобилей и других целей

Техническое наименование	Марка	Техническое условие	Область применения
Группа ферромагнетиков			
Ферромагнетик	K-15-2 K-17-2 K-18-2 K-19-2 K-20-2 K-110-2	ГОСТ 5089-51	Предназначается для изготовления методом зрелования или литья под давлением при повышенных температурах деталей и изделий технического и бытового назначения
	Монолит-1 Монолит-7 Монолит-ФФ	ГОСТ 5089-51	Предназначается для изготовления деталей и изделий технического и бытового назначения, в которых предъявляются повышенные требования по окислительной и механической прочности
	K-118-2	ТУ М 614-55	Предназначается для изготовления изделий технического и бытового назначения
	K-16-56 K-15-56	НТУ М 659-57	То же
	K-119-2	ТУ М 667-55	" "
	K-15-25 K-17-25 K-18-25 K-24-25 K-119-25 K-103-25	ТУ М 693-55	" "
	K-15-202 K-17-202 K-20-202 K-110-202 K-214-202	ТУ 3894-53	" "
	K-103-2 K-115-2 K-117-2	ТУ 4344-54	" "
	ФКГ	ТУ МХП 1915-49	Предназначены для деталей специального

Техническое наименование	Марка	Техническое условие	Область применения
Ферромагнетик	K-15-32 K-211-2 K-210-33	ГОСТ 5089-51	Для изготовления электромагнитных деталей
	K-211-3 K-211-4	ТУ 1286-47	Для изготовления изделий высокой частотной техники
	K-114-32А K-114-32В	ТУ 2462-52	Предназначается для изготовления деталей, работающих в условиях повышенной влажности, тонкой механической частью и повышенными напряжениями
	K-214-2	ТУ ГХП 63-47	Для изготовления технических деталей, которые не должны выдерживать длительную эксплуатацию
	K-211-34	ТУ МХП 2329-54	Для изготовления главных конденсаторов и изготовленных из них роторов
	K-220-21	ТУ МХП 4621-53	Для изготовления технических изделий, в которых предъявляются повышенные требования к стабильности электрических свойств
	K-18-43	ТУ 2293-50	Предназначается для изделий с повышенной устойчивостью к теплоустойчивостью
	K-214-43	ТУ 3862-53	Для изготовления изделий специального назначения
	K-18-53	ТУ МХП 2473-54	Предназначены для изделий технического и бытового назначения с повышенной устойчивостью и теплоустойчивостью
	K-17-33 K-18-33	ТУ МХП 226-57	Для изготовления деталей в токах докритических базис

Техническое наименование	Марка	Технические условия	Область применения
Фенопласт	К-17-36	ТУ МХП 227-53	Для производства изделий с повышенной водостойкостью и кислотостойкостью
	ФКП-1	ВТУ ГХП М.218-53	Для изготовления технических изделий, требующих повышенной прочности к удару
	ФКПМ-15	ВТУ П-82-57	Для изготовления электроизоляционных и радиотехнических изделий с серебряной арматурой, работающих в условиях повышенных температур и влажности
	ФКПМ-16а	ВТУ П-87-56	Для изготовления электроизоляционных и радиотехнических изделий, работающих в условиях повышенной влажности
	К-23-2	ВТУ МХП 85-46	Для изготовления изделий методом прессования и литья для шпилькам
Болонит	К-104-381	ТУ ГХП 73-48	Для различных деталей
	К-115-2 ЦО и ЦС К-108-2 ЦО и ЦС К-217-2 ЦО и ЦС	ТУ 534-54	Предназначается для изготовления изделий технического и бытового назначения. ЦО и ЦС обладают цветным отделочным и пылевым смесью
		ТУ МХП 450-41	Предназначены для изделий с повышенной механической прочностью на ударную нагрузку
		ТУ М.237-52	Предназначены для изделий с повышенной механической прочностью и текучестью
		ТУ ГХП 415а-51	Антифрикционный материал для подшипников (метра)
Асбестопласт	К-217-57	ТУ М.237-52	Для высоковольтных конденсаторов
	К-6	ТУ М.412-52	

Техническое наименование	Марка	Технические условия	Область применения
Текстолит	ПТК ПТ ПТ-1	ГОСТ 5-52	Применяется как конструктивный материал в судостроении, машиностроении, самолетостроении, строительстве техники и др.
		—	
Стекло-текстолит	Класс повышенной 0,5 0,8 1,2	—	Применяется как конструктивный материал в судостроении, самолетостроении, машиностроении, авиационной, радиотехнике
		ВТУ М.662-56	
		—	
Стекло-токстолит	Класс-1; толщины 2,0 Класс-Р	ВТУ МХП 270-54	То же
		ВТУ М.285-54	
		ТУ МХП 2182-54	
Класс-В	Класс-В	—	То же
		ВТУ М.285-54	
		ТУ МХП 2182-54	
Группа аммиоластов			
Аммиоласт	А Б	ТУ МХП 328-48	Предназначается для изготовления деталей технического и бытового назначения методом горячего прессования
		—	
		—	
Бумплет А	Облагодочный	ТУ МХП 383-53	Применяется для изготовления деталей, требующих жесткости и др.
		ТУ М.558-54	
		ВТУ М.555-56	
Метора	Метора Метора II	ТУ МХП 328-52	Применяется в качестве теплоизоляционного материала
		ТУ МХП 290-51	

Техническое наименование	Марка	Технические условия	Область применения
	Группа амидоластов		
Пластик АП	ПК-4	ТУ МХП 17—58	Пластик ПК-4 применяется как герметизирующий изоляционный материал, устойчивый к углеводородам, как электроизоляционный материал, как газонепроницаемый материал, для производства искусственной кожи и как светостойкий материал.
А изоласт	№ 66	ТУ М 617—57	Применяется в виде искусственной кожи, клею, окрасочной пленки, литейных материалов.
	№ 54	ТУ 318—56	
	№ 54Б	ТУ М 739—57	
	Группа урстаголастов		
Урстаголаст	ПУ-4	ТУ М 36—52	Применяется в радиотехнической и электротехнической промышленности.
	Группа кололастов		
Этрат ЭД	Для натуралки	ТУ М 694—56	Применяется для изготовления технических деталей методом прессования и литья под давлением.
Масса ЗЮ	—	ТУ 3091—54	Предназначается для защиты деталей из черных металлов от коррозии и неметаллических безразличной по форме транспортировки и при длительном хранении на складе.
Этрат АЦ	ЭНТ-43 ЭНТ-55 цветной ЭНТ-55 черный Д-38	ТУ М 57—52	Применяется для изготовления различных деталей автомобилей и для изготовления фигуральной методом прессования или литья под давлением.
Этрат ПЦ	Для натуралки	ТУ МХП 385—49	Применяется для изготовления натуралки, для защиты резки перилочковой скорости и других деталей.

ЛИТЕРАТУРА

- Аврух М. Г., Малоземские грузовые теплоходы, Речной транспорт, 1959.
- Аврух М. Г., Легкие материалы для малоземского строительства (легкие сплавы и пластики), Речной транспорт, 1959.
- Аврух М. Г., Пластмассы в речном судостроении, «Речной транспорт», 1958, № 7.
- Аврух М. Г., Постройка судов из пластмассы, «Судостроение», 1958, № 1.
- Акуликин П. А. и Войтуковский Я. И., Сопротивление валам движущего судна, Научно-технической и судостроительной литературы, 1953.
- Аршанов А. М., Гибкие оболочки — новый вид транспортных судов, Морской транспорт, 1958.
- Буров А. К. и Андреевская Г. А., Высокопрочные стеклопластики СВАН, Изд-во АН СССР, 1958.
- Гарбар М. И., Пластмассовые массы и их влияние на здоровье, Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1958.
- Джунковский Н. И. и Березинский А. Р., Внутренние валы и шти, Рендил, 1948.
- Головкин Ю. И. и Прохоров Б. Ф., Судовые гофрированные конструкции, Судостроение, 1958.
- Короткий Я. И. и Максимова А. И., Формулы для проверки прочности пластичных гофрированных изделий, «Судостроение», 1958, № 4.
- Лауфер В. А., Основы проектирования корпусов торговых судов, Волжский транспорт, 1954.
- Левин А. И., Пластмассовые массы и их применение, «Химическая наука и промышленность», 1958, т. III, № 3.
- Ли П. З., Михайлова З. В., Седов Л. И., Левинский О. М., Непрочность полимерных сплавов и стеклопластиков из их основы, «Пластическая масса», № 2, 1957.
- Матвеев И. И., Настей Н. И., Берминова Е. К., Москвина Е. М., Эпоксидные смолы и их применение, изд. Ленинградского Дома научно-технической пропаганды, 1957.
- Медведев Ю. Е., Малоземские легкие теплоходы, Политех. научно-технической литературы, № 6, Морской транспорт, 1957.
- Пилотский В. И., Армирование стеклопластиковых конструкций легкими материалами, «Химическая наука и промышленность», 1958, т. III, № 3.
- Пешехонов А. А., Пешехонов Б. А., Новые краски и лаки для обработки пластических масс в Италии, «Химическая наука и промышленность», 1958, т. III, № 2.

313181

Пластмассовые массы органического происхождения (горючий материал), Комитет судостроения, мор и смежных работ при Совете Министров Союза ССР, 1958.

Черепанов А. И. Водные суда, Москва, 1953.

Решной Регистр СССР. Нормы для расчета прочности корпусов стальных судов, Москва, 1956.

Применение пластика в судостроении (обзор иностранных литератур), Сборник рефератов по иностранному судостроению, Судостроение, 1958, № 88.

«Kunststoffe», 1957, № 2374.

«Marine Engineering and Shipping Review», 1952, X.

«Modern Plastics», 1956, III.

«Ship on Walls», 1953, № 2.

«Ship and Boat Builder and Naval Architects», 1955, V.

«Ship and Boat Builders», 1958, X, № 10.

«Shipbuilding and Shipping Records», 1943, № 62.

«The Engineer», 1956, IX.

«The Motor Boat and Yachting», 1958, II.

«Trans. SNAME», 1954, Reinforced Plastic — A Structural Material for Marine Applications.

«Trans. JNA», 1956.

«United States Naval Institute Proceedings», 1956, № 4.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора	3
Благодарности	5
Глава I. Краткая характеристика внутренних водных путей.	
§ 1. Общие положения	9
§ 2. Главные пути	—
§ 3. Широкие фарватеры и разрывы закруглений	19
§ 4. Скорости течения	—
§ 5. Классификация внутренних водных путей	12
Глава II. Основные требования к проектированию судов.	
§ 6. Эксплуатационные требования	16
§ 7. Архитектурные формы судов	19
Глава III. Пластмассовые суда и их особенности.	
§ 8. Общие положения	21
§ 9. Опыт проектирования и строительства речных судов из пластика	21
§ 10. Весовые показатели	42
§ 11. Эксплуатационно-экономические показатели	46
§ 12. Судовые грузные танки	53
§ 13. Малые суда	74
§ 14. Буксиры и толкачи	91
§ 15. Пассажирские танки	95
Глава IV. Выбор форм обводов корпуса судна.	
§ 16. Основные требования, предъявляемые к обводам корпуса	107
§ 17. Сопротивление волн движению судна	108
§ 18. Моделльные испытания	113
§ 19. Влияние главных размерной на водность судна	114
§ 20. Доводка обводов для прямых главных размерной судна	125
§ 21. Влияние малой воды и различных условий на водность судна	126
§ 22. Влияние выступающих частей корпуса на сопротивление волн	146
§ 23. Проектирование судна	147
Глава V. Демонти.	
§ 24. Основные требования, предъявляемые к демонти	152
§ 25. Гребные винты	154
§ 26. Гребные винты	—
§ 27. Водометные движители	160

Глава VI. Материалы, применяемые в речном судостроении.

§ 28. Общие положения	172
§ 29. Углеродистая сталь	—
§ 30. Низколегированные судостроительные стали	178
§ 31. Легкие сплавы	176
§ 32. Пластмассы	182

Глава VII. Конструкционные пластмассы.

§ 33. Основные положения	189
§ 34. Полиэфирные смолы	190
§ 35. Эпоксидные смолы	191
§ 36. Стекловолокнистые	195
§ 37. Стеклопластики	201

Глава VIII. Судовые пластмассовые конструкции.

§ 38. Общие положения	218
§ 39. Оценка прочности пластмассовых судов	226
§ 40. Сваренные корпусные конструкции	231
§ 41. Композитные конструкции	233
§ 42. Склеенные корпусные конструкции	253

Глава IX. Механические грузовые работ на малогабаритной речной судах.

§ 43. Общие положения	266
§ 44. Грузовые устройства	267
§ 45. Автоматы аварийны	271

Глава X. Краткое сведения по технологии строительства речных судов.

§ 46. Общие положения	281
§ 47. Технологические особенности строительства речных малогабаритных судов	284
§ 48. Сваренные деформации корпусных конструкций и способы их предотвращения	288
§ 49. Некоторые данные по строительству судов из легких сплавов	293
§ 50. Некоторые сведения по технологии строительства пластмассовых судов	298

Приложение	328
Литература	337

ИЗДАНИЕ ПЕРВОМУ АВТОРУ
 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ ИЗ ПЛАСТМАССЫ
 Научные редакторы П. Э. Ли и А. А. Милова
 Редактор А. Н. Кузнецов
 Технический редактор Н. П. Брасова
 Корректоры: Л. Р. Лескина и М. П. Вулкан

Сдано в набор 21.1.1960 г.	М-4889	Получено в печать 07.1.1960
Формат 60x80 1/16	Пол. листы 29,4	Уч.-изд. л. 25,3
Изд. № 2507	Тираж 450 экз.	Цены 12 руб. 60 коп.
	Сдано в печать, Ленинград, 54. Давыдовское, 20	Заказ № 12

Картформат 65x90