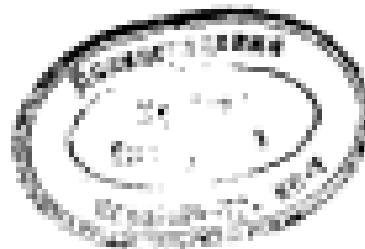


ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

А.В.Бронников

Допущено Государственным
комитетом СССР
по народному образованию
в качестве учебника для
студентов вузов, обучающихся
по специальности
"Мореходство".

Чк 9175



Ленинград
"Строителинг"
1991

ББК 39.42-01

Б88

УДК 629.12.001.1(075)

Лицензия: кабинет конструирования и проектирования судов ОИИМФ. Опроф. Гужев
и Ю. М.), канд. техн. наук Махонин В. А.

ОТ АВТОРА

Учебная дисциплина „Проектирование судов” является из общего курса – теории проектирования судов – и курсов, в которых рассматриваются особенности проектирования судов различных типов и назначений.

В теории проектирования судов изучаются вопросы, связанные с определением элементов проектируемых судов, в их самом общем виде. Цель других курсов – конкретизация общей методики проектирования применительно к судам различных типов и назначений и рассмотрение проектных вопросов второго этапа, связанных с архитектурно-конструктивным оформлением и общим расположением проектируемых судов.

Студенты линейной формы обучения, занимающиеся по специальности „кораблестроение”, изучают курс „Теория проектирования судов” и „Проектирование морских транспортных судов” и пополняют учебниками, написанными применительно к программам каждого курса. Студенты вечерней и заочной форм обучения изучают единый курс „Проектирование судов”, объединяющий оба упомянутых курса. Единый курс по объему и степени детализации излагаемого материала значительно отличается от двух самостоятельных курсов.

Отмеченное обстоятельство явилось основным мотивом к написанию учебника, ориентированного на запросы и возможности студентов, занимающихся по вечерней и заочной формам образования. Данный учебник отличается от существующих учебников в учебных пособий по проектированию судов следующими основными чертами:

• в нем объединены материалы двух учебных курсов и пособия по курсовому проектированию, т. е. он полностью соответствует учебной программе по дисциплине „Проектирование судов”;

• компактность учебника достигнута за счет отбрасывания второстепенных и неизбежных подробностей и акцентирования всех видов для усвоения предмета сведений;

• при изложении материала автор стремился к возможно большей четкости и доходчивости, но без ущерба для современного научного уровня и надежности его содержанию и трактовке отдельных вопросов.

Бронников А. В.

Б88

Проектирование судов: Учебник – Л.: Судостроение, 1991. –
320 с., ил.

ISBN 5-7355-0191-1

В соответствии с профессией курса „Проектирование судов” в учебнике приведены основные сведения, относящиеся к теории проектирования судов и к проектированию морских транспортных судов.

Любые разработки на студентов кораблестроительных вузов мечтают о заочной форме обучения и могут быть переданы некоим кадровым кругу работников судостроительной промышленности и морского флота.

17051483/000 – 017
Б —————— 11-91
048 (01) -91

ББК 39.42-01

ISBN 5-7355-0191-7

© Бронников А. В., 1991

Материал учебника имеет как теоретический, так и нормативно-обязательный характер, поскольку проектирование судов любого назначения, в том числе и транспортных, невозможно без учета сформировавшейся практики судостроения и предъявляемых к этим судам общепринятых нормативных требований. То же самое относится и к изучению особенностей эксплуатационного использования судов, характеристик перевозимых грузов и способов проведения грузовых операций. Значительное внимание удалено терминологии, а именно – азовской трактовке ряда неупомянутых терминов, отбору наиболее типичебразных из них и составлению отечественных терминов с иностранными, что облегчит будущим специалистам самостоятельную работу над оригинальными материалами, включая и публикации в зарубежной технической литературе.

В нем, изложены тот объем знаний, который необходим для усвоения материала по учебной дисциплине „Проектирование судов”, и разработки курсовых и дипломных проектов основных типов судов морского транспортного флота.

По характеру материала, последовательности изложения и объему данный учебник предназначен прежде всего для студентов кораблестроительных факультетов технических вузов, но может быть полезен также и широкому кругу работников судостроительной промышленности и морского флота.

В учебнике затронуты далеко не все теоретические материалы, справочные сведения, давленые по судам определенных типов, однако ссылки из перечня специальной литературы позволяют студентам и всем, пользующимся книгой, подобрать необходимые издания для получения дополнительных сведений по отдельным вопросам.

В представлении виде „Проектирование судов” – первых попыток написания учебника по этому комбинированному курсу, поэтому автор с благодарностью примет все замечания и предложения, направленные на улучшение книги.

Исходные положения

Глава 1

ТЕОРИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДОВ. ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТОВ

5.1.1. Теория проектирования судов, ее составляющие и место среди других судостроительных дисциплин

Делительная, разносторонняя и многогранная работа по созданию судна включает две основные части: разработку проекта судна и его постройку. Разработка проекта, в свою очередь, подразделяется на проектирование судна и изготовление рабочих чертежей, необходимых для его постройки.

Проектирование судов начинают с выяснения того, какие именно судно нужно разработать, т. е. будущему владельцу судна, для выполнения определенных задач (перевозки грузов, буксировки судов, ловли рыбы и пр.) и сколько потребуются подобных судов. Установление таким образом требований к будущему судну, называемое его характеристиками, оформляют в виде задания на разработку проекта. В процессе проектирования судна по этому заданию определяют его элементы, т. е. размеры и обводы корпуса судна, состав и расположение помещений, принципиальные особенности конструктивного оформления, опосн.еие оборудование и механизмы, необходимые для того, чтобы выполнять все конкретные требования задания и общие требования морских организаций, относящиеся к судам данного типа. Этот процесс разбивается на ряд ступеней или ядерок, предначертанных для последовательного уточнения принимаемых технических решений и раскрытия состава рассматриваемых вопросов. На заключительном этапе разработки проекта выплачивают комплект рабочей документации, по которой строят судно.

Следует несколько подробнее остановиться на терминах „характеристики” и „элементы” судна. Оба они относятся к одицм в том же техническо-эксплуатационных показателям и параметрам судна, таким как скорость, водоизмещение, главные размерения и др., которые фигурируют в задании на разработку проекта в качестве характеристик, а в документации, фиксирующей величины, полученные в результате проектирования судна, их относят к его элементам. Из общего числа элементов выделяют так называемые основные элементы – главные размерения и коэффициенты гидравлического сопротивления, играющие особую роль в обеспечении эффективности будущего судна.

Таблица 1.1. Основные части и задачи теории проектирования судов

Основные части	Основные задачи			
	Внешние задачи	A	Внутренние задачи	B
I Содержательная		A-I		B-I
	Разработка способов оптимизации состава и пополнения флота бирюзами оптимальных характеристик судов, указанных в задании). Установление общих требований к судам.			Наследование взаимосвязей между элементами и показателями судов. Разработка методологии проектирования судов (организация оптимальных алгоритмов проектирования судов). Решение подзадачи к разработке теоретического чертежа и общего расположения судов.
II Формально-математическая		A-II		B-II
	Разработка математических методов решения задач квадранта А-I. Автоматизация процессов решения задач.			Разработка математических методов решения задач квадранта Б-II. Автоматизация процессов решения задач.

Элементами судов подразумевают их оптимальные значения. Таким образом, можно сказать, что целью решения внешней задачи ТПС является оптимизация состава и пополнения флота и разработка общих требований к проектируемым судам, а внутренней задачи ТПС – оптимизация элементов проектируемых судов.

Соотношение упомянутых частей и задач ТПС показано в табл. 1.1. Основное внимание в данном учебнике уделено вопросам, относящимся к квадранту Б-II, т. е. содержательной части внутренней задачи ТПС, рассмотренной как в общем виде, так и применительно к судам конкретных типов и назначений. В значительном объеме затронуты вопросы, относящиеся к квадрантам А-I и Б-II, связанные с разработкой задачий на проектирование судов и автоматизацией процессов их проектирования.

Теория проектирования судов тесно связана с другими судостроительными дисциплинами – с теорией и строительной механикой корабля, с технологией и экономикой судостроения и рядом других дисциплин. В ТПС широко используется научный аппарат этих дисциплин при рассмотрении ряда вопросов, связанных, например, с остойчивостью, качкой, ходостью, прочностью проектируемых судов. Однако используется этот аппарат по-иному, с других исходных позиций, что обусловлено следующими особенностями его применения.

Термин „характеристики” используется еще в одном значении: при описании конкретных судов применяется словосочетание „разовые характеристики судов” или просто „характеристики судна”, имея в виду, в первую очередь, соотношения главных размеров и такие его показатели, как водоизмещение, грузоподъемность, скорость, автономность, дальность плавания, а также членность экипажа, класс Регистра и количественные показатели различных качеств судна – качки, инерционности, прочности, ходкости и др.

Все фазы проектирования судов, начиная от выявления потребности в нем и вплоть до разработки рабочих чертежей, полностью или частично базируются на теории проектирования судов, определяемой следующим образом. Теория проектирования судов называется научной дисциплиной, изучающей круг вопросов, связанных с разработкой ладдой не проектированных судов с определением их элементов, а первую очередь размеров и формы корпуса.

В современном состоянии теории проектирования судов (ТПС) состоит из двух основных частей и рассматривает задачи двух иерархических уровней.

К первой – содержательной части ТПС, занимающей исследованием физической стороны проектных проблем, относятся следующие основные вопросы:

а) взаимосвязь характеристик и элементов судов с различными требованиями, предъявляемыми к проектируемому судну, с массами и объемами, с функциональной и экономической эффективностью судов (качественный анализ);

б) методология проектирования судов;

в) принципы разработки теоретического чертежа и общего расположения проектируемого судна.

Вторая – формально-математическая часть ТПС, связанная с исследованием математических подходов и способов решения проектных проблем, обещает такие вопросы, как формализация графо-аналитических процедур, рассматриваемых в первой части ТПС, методологии оптимизации проектных решений, автоматизация процесса проектирования судов.

Задача второго иерархического уровня, или вспомогательная задача ТПС, заключается в разработке вопросов, связанных с определением вопросов по определению характеристик судов, указываемых в заданиях на их проектирование (задачи по разработке заданий), а также в установлении общих требований, предъявляемых к проектируемым судам. Задачи на третьем иерархическом уровне, или вспомогательная задача ТПС, охватывают вопросы, связанные с определением элементов проектируемых судов (задачи по разработке проектов).

Внутреннее содержание ТПС подразумевает еще за два уровня: верхний, связанный с определением основных элементов проектируемых судов, и нижний, на котором рассматриваются вопросы архитектурно-конструктивного оформления, оборудования в общем расположении этих судов.

Поскольку результаты проектных расчетов и разработок должны быть не просто приемлемыми, а защищими, то характеристиками и

Во-первых, в ТПС решаются не прямые задачи, как в других дисциплинах, а обратные. Так, например, если целью расчетов по теории корабля является определение параметров, характеризующих, какую какого-либо судна с известными элементами, то в проектировании судов аналогичные расчеты и зависимости трансформируются так, чтобы можно было найти такие элементы проектируемого судна, которые обеспечат какую-либо судна с заданными параметрами. То же самое и в отношении ходкости: не расчет достижимой скорости конкретного судна, а определение элементов проектируемого судна, значение его пропульсивной установки, гарантирующие достижение желаемой скорости.

Во-вторых, в отличие от всех остальных дисциплин, рассматривающих свойства и показатели судна по отдельности, все связи друг с другом, для ТПС характерен комплексный (системный) подход к проектируемому судну как к единому целому, в котором все взаимосвязаны и взаимозависимы. Поэтому принимается не внимание, как звучит то или иное решение не на одно какое-то качество, улучшения которого нужно добиться, а на все судно в целом, т. е. на другие качества этого судна и их показатели. По этой причине не все рекомендации, выработанные на основе ТПС, совпадают с аналогичными рекомендациями других дисциплин.

5.1.2. Стадии разработки проекта

Процесс разработки проекта судна называется с замыслом замечания — качеством будущего судна, содержащим исходные технико-эксплуатационные требования к судну — ТЭТ (или основные технико-эксплуатационные требования — ОТЭТ). В числе этих требований указываются: назначение, желаемые характеристики и условия эксплуатации судна, а также количество судов, необходимых заказчику.

Замысел поступает в проектную организацию (проектно-конструкторское бюро — ПКБ), которая ведет поэтапную разработку проекта в соответствии с действующей в стране Единой системой конструкторской документации (ЕСКД). В ГОСТ 2.103-68 "Стадии разработки", входящем в ЕСКД, предусмотрены следующие этапы проектирования, называемые стадиями разработки проектной конструкторской документации технического задания: техническое предложение, замысловый проект, технический проект. Предпоследним этих стадий является разработка рабочей конструкторской документации. Реализации общих положений, содержащихся в ГОСТе, применительно к проектам судов осуществляется следующим образом.

Технические задания разрабатываются проектантами (ПКБ) судна исходя из замыслов заказчика. В техническом задании на основе изучения предлагаемого характера эксплуатации судна, обобщения и анализа сметы и тенденций общественного и зарубежного судоходства и судостроения, а также закономерностей теории проектирования судов разрабатываются и уточняются

ТЭТ (ОТЭТ), предъявляемые к судну. Применимостью к транспортным судам в техническом задании обычно указывают: тип и назначение судна; грузоподъемность (наддизельнотоннажность) и характер перевозимого груза; скорость хода, тип энергетической установки; район и дальность плавания, автономность по запасам, эксплуатационные ограничения габаритных размерений судна; класс Регистра СССР или других классификационных обществ; международные конвенции и другие требования, которых должно удовлетворять судно; требования к общему расположению, обятаемости и технике безопасности; численность и состав экипажа; специальные требования, относящиеся к мореходным качествам судна, судовыми устройствам, системам, средствам связи и навигационному оборудованию, к защите окружающей среды от загрязнения и пр.

Техническое задание составляется с заключением судна и после его утверждения становится исходным документом на разработку проекта.

Техническое предложение, называемое ранее предварительным проектом, направляется на основе технического задания и представляет собой окончательный проект судна в одном или нескольких вариантах. К основным задачам, решаемым на этой стадии разработки проекта, относятся следующие: проверка выполнимости и совместимости требований технического задания; предварительное определение основных элементов и компоновки судна; проверка возможности комплектации судна необходимым оборудованием; определение проектной стоимости судна и экономической эффективности его эксплуатации; сопоставление проектируемого судна с лучшими отечественными и зарубежными судами (проектами).

В состав материалов этой стадии проектирования судов включаются пояснения пояснительной записки и необходимых расчетов, посвященных предварительный характер, также эскизы теоретического чертежа и схемы общего расположения судна.

На основе технического предложения, прошедшего экспертизу, составлены и утверждены, разрабатывают эскизный проект, в котором прорабатываются вопросы, дополняющие и уточняющие сведения о судне, содержащиеся в техническом предложении и требующие более подробных чертежей и расчетов. На этом этапе разрабатывают конструктивный модели-шаблоны, выполняют расчеты по прочности судна и определение элементов корабельных конструкций, разрабатывают основные положения по технологии и организации постройки судна, определяют стоимость готового и серийных судов.

Эскизный проект должен содержать принципиальные проектные и конструктивные решения по всем элементам судна и обоснования выбора оптимального варианта, если их было несколько, для последующей работы над проектом. Эскизный проект так же, как и техническое предложение, проходит экспертизу, согласование и утверждение.

На следующей стадии проектирования разрабатывают технический проект судна, в котором окончательно спреджают все элементы судна.

и его технико-экономические и эксплуатационные характеристики. В процессе разработки технического проекта решают основные конструктивные и технологические вопросы по корпусу, энергетической установке, оборудованию и расположению помещений. Малерный технического проекта (или части его) является договорной документацией, на основании которой заключается договор на постройку судна.

Технический проект проходит через экспертизу, согласование, одобрение органами государственного надзора (Регистра СССР, Госсантехнадзора, технической инспекции профсоюзов) и утверждение.

Одобренный технический проект служит основанием для разработки рабочий конструкторской документации (принятое название – рабочий проект в рабочих чертежах), представляющей собой комплекс чертежей, позволяющих промышленности обработку материалов, сборку конструкций и судна в целом.

Об относительной трудоемкости отдельных стадий разработки проектов судов дает представление следующие цифры [12]: техническое предложение и эскизный проект 5–10% от объема общих работ; технический проект 10–15%; рабочая конструкторская документация 75–85%.

Как следует из приведенных цифр, на начальных стадиях разработки проектов – технического и эскизного проекта, посвященные главным образом определению основных элементов судна, приходится незначительный объем общих работ. Но от решений, принятых именно на этих стадиях, зависят, в основном, показатели эффективности будущих судов, так как вся последующая очень сложная и трудоемкая работа является, по сути, детализацией этих решений.

По поводу отмеченной выше последовательности разработки проектов необходимо сделать два замечания.

Во-первых, в зависимости от конкретных обстоятельств могут быть опущены или облегчены отдельные стадии проектирования. Так, например, для судов, имеющих близкие прототипы или являющихся модификацией построенных ранее судов, эскизный проект не разрабатывается. В этих случаях, основываясь на техническом предложении, разрабатывают сразу технический проект. Разработка технического задания может быть объединена с разработкой технического предложения, а технического проекта – с рабочим (технологическим) проектом.

Во-вторых, существует несколько подходов к членению процесса разработки проектов судов на отдельные составляющие. В соответствии с упомянутым ГОСТом 2.103–68 этот процесс, исключая разработку ТЭТ (ОТЭТ), делится на две части: разработку конструкторской документации (или проектной конструкторской документации), куда включают техническое задание, технические предложения, эскизный проект и технический проект и разработку рабочей конструкторской документации. Таким образом, все работы делятся на проектно-конструкторские и конструкторско-технологические.

Помимо нормативного предложены и другие подходы к членению этого процесса и грунтуются его стадий. Наиболее полным, одновременным

Таблица 1.2. Разделение процесса разработки проектов судов на отдельные составляющие

Проект	Часть	Этап		Стадия
Разработка проекта судна	Проектирование судна	Ведение проектирования		TЭТ (ОТЭТ)
		Ведущее проектирование	Поддержка	техническое задание
				техническое предложение
Разработка рабочей документации	Конструкторско-технологическое задание	высокий уровень	низкий уровень	эскизный проект
		Конструкторско-технологическая документация		рабочий документ

и соответствующим составу ТПС представляется следующее предложение.

Весь процесс разработки проекта разделяется на проектирование и разработку рабочей документации для постройки судна, т. е. рабочих чертежей. В свою очередь проектирование судна подразделяется на внешнее, включающее разработку ТЭТ (ОТЭТ) и технического задания, и внутреннее, охватывающее техническое предложение, эскизный проект и технический проект. В соответствии со сформированными решениями на этих стадиях проектных вопросов или внутреннего проектирования состоят из двух уровней, соответствующих уровням внутренней задачи ТПС (табл. 1.2).

В заключение этого вопроса следует упомянуть о термине „исследовательское проектирование”, применявшиеся для выделения определенного этапа проектирования судов, подразумевавшей под ним стадии разработки ОТЭТ и технического задания или технического предложения и эскизного проекта. Существующая яркость применения этого термина не может считаться правильной и логичной, поскольку термин „исследовательское проектирование” имеет необходимый для проектов характер, проведения исследований не относится к задачам ЦБК. Кроме того, его содержание не устоялось, оно неоднозначно. Практически склоняется этот термин не со стадиями проектирования судов, а с переходом к решению конкретных вопросов, на какой бы стадии они не рассматривались.

§ 1.3. Развитие теории проектирования судов

Основы теории проектирования судов, созданные с антическими приемами определения элементов проектируемого судна, были заложены в середине XVIII-го века. Начиная с первых стаканов в развитие ТПС сыграли, в основном, с именами предводителя флота Ф.-Г. Чамбона, академика Петербургской Академии наук Л. П. Зепера, русского корабельного инженера И. М. Окумова и французского изобретателя Ж.-О. Помпена.

Первым опытом построения ТПС в виде самостоятельной научной дисциплины явился курс проектирования судов, подготовленный диктором кораблестроительного отделения Петербургского поплавательского института К. П. Боклевским, опубликованный в 1905 г. И в дальнейшем ТПС развивалась преимущественно трудами русских, а затем советских ученых-судостроителей, таких как И. Г. Бубнов, В. Л. Поздников, В. А. Лаптев, А. И. Балашова, Л. М. Ногица, В. В. Ашник и другие.

Замеченные работы на этом пути были учебники В. Л. Поздникова, Л. М. Ногица и В. В. Ашника. В. Л. Поздников собрал и разбил разнообразные труды и исследования по проектированию судов и обобщил их в учебнике „Теория проектирования судов“, первая часть которого вышла в 1935 г., последующие две — в 1938 и 1939 гг. Это отличало официальноеование новой научной судостроительной дисциплины. Современные подходы, формы и методы ТПС начали оправдываться в учебнике Л. М. Ногица, вышедшем в свет в 1955 г. [2]. В дальнейшем основные идеи этого учебника, содержащие и построение которого стало образцом для последующих изданий по теории проектирования судов, были развиты и дополнены в трудах самого Л. М. Ногица и в учебниках В. В. Ашника по проектированию судов, выпущенных в 1975 и 1985 гг. [4].

За рубежом ТПС долгое время оставалась составной частью других судостроительных дисциплин — корабельной архитектуры и теории корабля.

Преимущество существующего направления в том, что является предметом ТПС: только ли определение элементов проектируемого судна или же и разработка экипажа. К 80-м гг. этот цикл завершился — пройдя через период монодизайна, связанный головой с определением элементов судна, ТПС вновь, как и ранее, рассматривает две основные задачи: внешнюю и внутреннюю. Однако движение совершилось не по кругу, а по спирале и новый виток развития ТПС качественно отличен от прежнего. Этот обстоятельство проявилось, прежде всего, в требованиях оптимальности получаемых результатов. Другим существенным отличием является принципиально новый подход к решению кинематической задачи. Если ранее все проблемы в вопросах, связанных с разработкой задания, рассматривались

применительно к отдельно взятому судну (серии однотипных судов), то в настоящее время речь идет уже об оптимальном положении флота (транспортного, промыслового и др.), рассматриваемого с точки зрения пародиходства/эффективности. В качестве третьей характеристики черты современного состояния ТПС следует отметить разрыв в исследовании, связанных с разработкой общих требований к судам и технико-экономических критериев эффективности, используемых при решении общих задач.

Изменения в содержании ТПС обусловлены тем, что, начиная с 50-х гг., стремительно растет поток исследований, связанных с математизацией процесса проектирования, интенсивным использованием экономико-математических методов и ЗВМ, зарождается и развивается система автоматизации проектирования судов — САПР судов. В связи с этим потребовалась соответствующие исследования и разработки, последние весьма специфический характер, отличный от того, что традиционно считалось предметом собственно проектирования судов. Естественно, что на первых порах возникали сомнения в том, правомерно ли относить к ТПС исследования, направленные в конечном итоге на решение проектных вопросов, но сугубо математическими путями и способами. Однако в настоящее время к проектированию судов относят довольно обширный и разнообразный комплекс исследований по прикладной и вычислительной математике и ТПС состоит уже из двух отдельно самостоятельных и разнонаправленных частей: сопротивляемой и формально-математической.

Контрольные вопросы

1. Что означают термины „элементы“ и „характеристики“ судов?
2. Какими основными задачами теории проектирования судов и решаются по задачам?
3. На какие стадии разрабатывается проект проектирования судна? Ответьте их содержание.
4. Какие основные черты характеристики для современного состояния теории проектирования судов?

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕСЧЕТОВ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЕКТИРУЕМОГО СУДНА ПО ПРОТОТИПУ

5.2.1. Переходы при полном и частичном подобии

Определение ряда показателей мореходных качеств проектируемого судна не прямым расчетами, а путем пересчетов по прототипу играет большую роль в проектировании судов. Наиболее существенны в этом отношении следующие моменты:

возможность получения показателей этих качеств, минуя расчеты по теоретическому чертежу, т. е. еще до его построения;
значительное сокращение трудоемкости расчетов, в следовательно их дешевизны и стоимости выполнения;

структура формул переходов позволяет уточнить характер влияния основных элементов судна на показатели его мореходных качеств, т. е. определить без расчетов, какие конструктивные изменения приводят то или иное изменение элементов. Так, например, из структуры формулы перехода величины некоторого метадиаметрического радиуса $r = \rho_0(B/B_0)^{3/2} X (T_0/T)$, где B и T – ширина и осадка судна, а индексом „ 0 “ отмечены исходными, относящимися к судну-прототипу, можно сделать следующие выводы: увеличение ширины способствует увеличению метадиаметрического радиуса, рост осадки приводит к обратным последствиям. А величина метадиаметрического радиуса, как известно, во многом определяет остойчивость судна.

Пересчеты показателей проектируемого судна по прототипу могут производиться в двух предположениях о подобии этих судов: это может быть полным или частичным.

При полном геометрическом подобии двух сопоставляемых судов обводы корпуса проектируемого судна могут быть получены путем изменения обводов корпуса исходного судна (судна-прототипа) в одинаковой масштабе по длине, ширине и высоте, что может быть записано следующим образом:

$$L/L_0 = B/B_0 = H/H_0 = T/T_0 = \lambda, \quad (2.1)$$

где L, B, H, T – главные размерения судов, а λ – масштаб (модуль) геометрического подобия.

При частичном геометрическом подобии сопоставляемых судов (изменением такого эффекта и условий) обводы корпуса проектируемого судна могут быть получены путем независимого изменения обводов корпуса исходного судна по длине, ширине и высоте. Этому определению отвечают такие соотношения:

$$L/L_0 = l; \quad B/B_0 = b; \quad H/H_0 = T/T_0 = t; \quad (2.2)$$

где l, b и t – масштабы (модули) геометрического подобия по длине, ширине и высоте судов, причем, в общем случае $l \neq b \neq t \neq 1$. Из

последнего соотношения не следует вывод, что два любых судна можно считать частично подобными, так как неприменим условием такого подобия является равенство коэффициентов теоретического чертежа обоих судов, т. е. $b = b_0, a = a_0, \beta = \beta_0$.

Пересчеты при полном геометрическом подобии соответствуют пересчетам показателей с модели на натурное судно, что характерно для теории корабля. Пересчеты при частичном геометрическом подобии соответствуют пересчетам показателей с одного судна на другое, что представляет интерес для проектирования судов. Такие пересчеты проводятся в следующих двух случаях: с какого-то судна судна-прототипа на проектируемое судно или при разработке нескольких вариантов проектируемого судна с одного варианта, признанного за основной, у которого уже рассчитаны все необходимые показатели и характеристики, на все остальные варианты.

Поскольку различия в размерах у сопоставляемых судов, а тем более вариантов проектируемого судна, значительно меньше, чем у судов и моделей, зависимости, используемые для пересчета при частичном подобии, могут быть менее строгими при том, что будут обеспечены тождество и взаимозависимость расчетов, удовлетворяющих потребностям проектирования судов. По этой причине упомянутые выше требования о равенстве коэффициентов теоретического чертежа сопоставляемых судов считается выполненным не только при точном, но и при приближенном их равенстве.

В последующих параграфах этой главы показаны пути получения некоторых переходных зависимостей, представляющих интерес для теории проектирования судов или наиболее часто используемых для пересчетов при разработке проектов. Эти же подходы позволяют получить формулы перехода и в ряде других случаев, относящихся, например, к вопросам килев, зависимостей или ходкости судов, что существенно расширяет применение, универсальность и практический заинтересованность возможностях пересчетов при частичном подобии.

5.2.2. Переход элементов планиметрии и начальной остойчивости

Существуют 2 приема для способа, или для пути, получения формул пересчета показателей проектируемых судов по прототипу.

Первый способ основан на использовании структуры физических зависимостей между показателями и элементами судна (планиметрии в данном случае под показателями любые величины, характеризующие судно) и из основных положений теории размерностей. Приведенные ниже примеры иллюстрируют сущность такого подхода.

Получив, прежде всего, формулы пересчета планиметрий и объемов,

путь нас интересует соотношение площадей конструктивной затарки у проектируемого судна S и аналогичной площасти S_0 у судна-

протоэна. Для этих судов можно написать: $S_0 = a_0 L_0 B_0$; $S = \delta L B$. Так как $a_0 = a_0$, то $S/S_0 = (LB)/(L_0 B_0) = ((L_0 B_0)/(L_0 B_0)) = 1$, или

$$S = LB S_0. \quad (2.3)$$

Нетрудно убедиться, что для любых соответственных горизонтальных площадок S_1 и $(S_1)_0$ у сопоставимых судов будут получены одинаковые коэффициенты пересчета $k = \delta$, а для вертикальных площадок, исходя из структуры их выражения через плановые размерения судна, он будет равен δ и δ' . Следовательно, при пересчете площадей приводы зависимости:

$$S_1 = \begin{cases} \delta B \\ \delta r \\ \delta t \end{cases} \cdot (S_1)_0 \quad (2.4)$$

Применим лико к объемному выражению V_0 справедливыми следующими соотношениями: $V_0 = S_0 L_0 B_0 T_0$; $V = \delta L B T$. Поскольку $\delta = \delta_0 V/V_0 = (LB T)/(L_0 B_0 T_0) = (L_0 B_0 T_0)/(L_0 B_0 T_0) = 1$, или

$$V = \delta L B T, \quad (2.5)$$

Очевидно, что эту зависимость можно распространить на любые соответственные объемы, т. е.

$$V_1 = \delta L B T (V_1)_0. \quad (2.6)$$

Момент инерции площадки касательной относительно продольной оси составляет определенную часть момента инерции площадки прямоугольника I_{xy} , в который аппроксимирована. Для конструктивной касательной (КК) (рис. 2.1): $I_{xy} = (LB^3)/12$; $I = k \times I_{xy} = (\kappa/12) LB^3$. Исходя из равенства коэффициентов полноты площадки ККИ у сопоставимых судов и полагая близкими очертания касательной, можно считать, что $\kappa/12 = \kappa_0/12$, следовательно $(I_0 = (LB^3)/(L_0 B_0^3) = (L_0 B_0^3 B_0^2)/(L_0 B_0^3) = B_0^2)$, или

$$I = B_0^2 I_0. \quad (2.7)$$

Это соотношение справедливо для моментов инерции I_1 и $(I_1)_0$ любых соответственных горизонтальных площадок относительно их продольных осей.

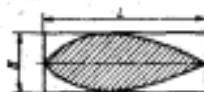


Рис. 2.1. К пересчету момента инерции площадки касательной кипротивной затяжки

По аналогии можно сразу же написать формулу пересчета для момента инерции площадей ККИ относительно касательной оси:

$$I = I^2 M_B. \quad (2.8)$$

Поперечный метацентрический радиус $\rho = j/V$. Учитывая (2.7) и (2.5), получим:

$$\rho = (B_0^2 I_0) / (BM V_0) = (B^2 / \kappa) \rho_0. \quad (2.9)$$

Для продольного метацентрического радиуса $R = j/V$ справедлива зависимость:

$$R = (I^2 / \kappa) R_0. \quad (2.10)$$

Нетрудно написать и формулы пересчета для объемов и ординат центра вспомогательной (ШВ) судна $-x_e$ и x_e , связанных с ординатами соответствующими I и B :

$$x_e = I(x_e)_0; \quad x_e = r(x_e)_0. \quad (2.11)$$

Если распространить предложенное о соответствии распределений масс сопоставимых судов по длине и высоте, то координаты ЦТ обоих судов окажутся связанными соотношениями:

$$x_d = I(x_d)_0; \quad z_d = r(z_d)_0. \quad (2.12)$$

По второму способу вывода формул пересчета показателей судна во прототип эти соотношения получают путем замены в формулах теории орбиты элементов проектируемого судна элементами судна-прототипа с соответствующими пересчетными коэффициентами.

Так, например, в формулах для определения V и I

$$V = 2 \int_{-L/2}^{L/2} y B dx; \quad I = \frac{2}{3} \int_{-L/2}^{L/2} y^3 dx \quad (2.13)$$

производится замена в подынтегральных выражениях величин y , dx и dr , исходя из следующих общих соотношений:

$$\left. \begin{aligned} x &= B x_0; & dx &= B dx_0; \\ y &= B y_0; & dy &= B dy_0; \\ z &= B z_0; & dz &= B dz_0. \end{aligned} \right\} \quad (2.14)$$

Изменяются при этом и пределы интегрирования. Тогда

$$V = 2 \int_{-\frac{L_0}{2}}^{\frac{L_0}{2}} b y_0 dx_0 dz_0 = 2\pi \int_{-\frac{L_0}{2}}^{\frac{L_0}{2}} y_0 dx_0 dz_0 = \\ = \text{Re} V_0;$$

$$I = \frac{2}{3} \int_{-\frac{L_0}{2}}^{\frac{L_0}{2}} b^3 y_0^2 dx_0 = \frac{2}{3} \int_{-\frac{L_0}{2}}^{\frac{L_0}{2}} y_0^2 dx_0 = I_0^3 / 3.$$

Полученные формулы пересекают с формулами (2.5) и (2.7), что и следовало ожидать.

Приведенные в параграфе формулы широко используются при разработке проектов, а структура этих формул дает наглядное представление о характере взаимосвязанности между сплошными размерениями проектируемого судна и показателями его плавучести и начальной остойчивости.

§ 2.3. Переход показателей остойчивости на близкие углы крена

В ряде случаев уже на начальных этапах разработки проекта возникает необходимость в использовании диаграммы статической остойчивости проектируемого судна. При отсутствии теоретического чертежа таких диаграмма может быть построена с использованием соответствующих данных по судну-прототипу.

Предполагается, что для судна-прототипа известна зависимость плеча статической остойчивости $(l_{ct})_0$, а также всех промежуточных расчетных величин от угла крена θ_0 :

$$(l_{ct}, \delta, z_0, y_0)_0 = f(\theta_0).$$

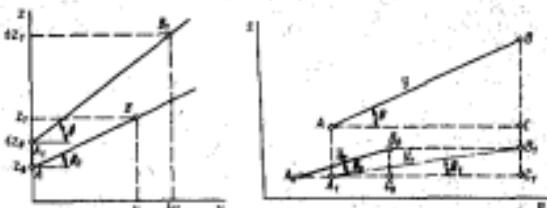


Рис. 2.2. К соотношению между углами крена частично подобных судов

где z_0 и y_0 – координаты ЦВ, а δ и ρ имеют прежние значения. Но этого еще недостаточно, чтобы вывести формулы пересчета, необходимо предварительно выяснить, как изменяются по длине отрезки прямых и углы, соединяющие эти отрезки с осьми координат, при наклонении частично подобных судов, у которых $I = 1$, а $\delta \neq \delta_0 \neq 1$. Убедиться в том, что подобные изменения происходят, можно на основе следующих построений.

Рассмотрим сначала соотношения углов наклона δ и δ_0 . Пусть для этих целей в системе координат (y, z) проводится прямая под углом δ_0 к горизонту, пересекающая ось ординат в точке A с координатами $(0, z_0)$ (рис. 2.2). На этой прямой выбрана произвольная точка $B(y_1, z_1)$. Очевидно, что

$$\operatorname{tg} \delta_0 = (z_1 - z_0) / (y_1) .$$

При изменении масштаба по оси ординат в t раз и по оси эллипса в b раз точки A и B перейдут соответственно в A_1 и B_1 с координатами $A_1(0, t z_0)$ и $B_1(b y_1, t z_1)$. Тангенс угла наклона прямой, проходящей через эти точки, δ окажется следующим: $\operatorname{tg} \delta = (t z_1 - t z_0) / (b y_1)$ или

$$\operatorname{tg} \delta = (t/b) \operatorname{tg} \delta_0. \quad (2.15)$$

Из (2.15) следует, что при $\delta = 0^\circ$ и $\delta = 90^\circ$ показания углов совпадут, т. е. в этих случаях $\delta = \delta_0$.

Аналогичным образом можно найти и соотношение между линейными размерами, т. е. протяженностью соответственных отрезков прямых, относящихся к проектируемому судну и судну-прототипу (рис. 2.3). Пусть $u_0 = A_0 B_0$ – какой-то отрезок прямой у судна-прототипа. Угол, составляемый этим отрезком с осью эллипса, равен θ_0 , а его проекция на эту ось $A_0 C_0 = u_0 \cos \theta_0$. При изменении масштаба вдоль оси эллипса в t раз этот отрезок трансформируется в отрезок $u_1 = A_1 B_1$, расположенный под углом θ_1 . При этом $A_1 C_1 = b (A_0 C_0) = b u_0 \cos \theta_0$. Изменение масштаба по оси z в t раз переместит точки A_1 , B_1 и C_1 соответственно в A , B и C , новый отрезок $u = AB$, расположенный под углом δ к горизонту, окажется связанным с u_1 следующим соотношением: $AC = A_1 C_1 = b u_0 \cos \theta_0$; $u = AB = A C / \cos \delta$, складу.

$$u = b u_0 (\cos \theta_0 / \cos \delta). \quad (2.16)$$

Отрыв от соотношения между u и u_0 , фигурирующего в предыдущем параграфе, заключается в различии символики, представляющей отношение коэффициентов углов θ_0 и δ . Однако противоречий в этом нет – при углах крена, разных 0° , т. е. при соответствиях не на постоянных, а горизонтальных отрезках $\delta = \delta_0$ и $u = b u_0$. Для вертикальных отрезков будет справедливо соотношение $u = u_0$.

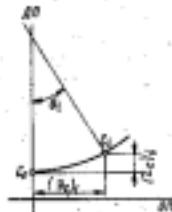


Рис. 2.4. Суперпозиция координат ЦВ накрененного судна

Пользуясь полученнымами зависимостями, можно перейти к выводу формулы собственно пересечения линий статической остойчивости проектируемого судна по прототипу, основанному на использовании значений метацентрического радиуса или координат ЦВ при наклонении судна.

В первом случае исходит из положения о том, что величина момента инерции площади поперечного сечения кубу ординат этой поперечности I при данном угле крена, а так как наклоны являются равнозначными, то им же пропорциональны метацентрический радиус r . Соответственно этому положению и формулируем (2.5) и (2.16) выстраивая следующие цепочки зависимостей:

$$I = I_0 \frac{y^3}{y_0^3} = I_0 \frac{b^3 T_0^3 \cos^2 \theta_0}{y_0^3 \cos^2 \theta} = I_0 b^3 \frac{\cos^2 \theta_0}{\cos^2 \theta},$$

тогда

$$\rho = \frac{I}{V} = \frac{I_0 b^3}{V_0 B t} \frac{\cos^2 \theta_0}{\cos^2 \theta} = \rho_0 \frac{b^3}{t} \frac{\cos^2 \theta_0}{\cos^2 \theta}. \quad (2.17)$$

Для накрененного судна, т. е. при $\theta = \theta_0 = 0^\circ$ формулы (2.17) и (2.9) совпадают.

Зная зависимость $\rho = f(\theta)$, полученной по данным судна-прототипа, позволяет построить поперечную диаграмму проектируемого судна и снять с нее значения линий статической остойчивости для кривой $I_{ct} = f(\theta)$.

Во втором случае пересчет осуществляется чисто аналитическим путем, без промежуточных графических построений, что делает его более удобным и компактным.

Пересчет основан на использовании известной формулы теории корабля, связывающей линию статической остойчивости $I_{ct}(\theta)$ с координатами ЦВ $y_{ct}(\theta)$ и $x_{ct}(\theta)$, отсчитанными от его исходного положения у накрененного судна (т. е. по высоте — не от основной плоскости) — рис. 2.4:

$$I_{ct} = y_{ct} \cos \theta + x_{ct} \sin \theta - a \sin \theta,$$

где $a = x_{ct} - x_{ct}$ — возвышение ЦТ над ЦВ в прямом положении судна.

Пересчет осуществляют по выражению

$$I_{ct} = (x_{ct})_0 \cos \theta + (x_{ct})_0 \sin \theta - a \sin \theta \quad (2.18)$$

учтут зависимости (2.15), используемой для перехода от углов наклона судна-прототипа θ_0 к соответствующим углам наклонания проектируемого судна θ .

Пользуясь изложенным выше подходом, нетрудно получить соотношения между значениями θ и I_{ct} , у частично подобных судов в пределах исходных предпосылок:

$$\text{при } l \neq 1; \delta = t = 1; \theta = \theta_0, \rho = \rho_0, I_{ct} = (I_{ct})_0;$$

$$\text{при } l = \delta = t = \lambda; \theta = \theta_0, \rho = \rho_0, I_{ct} = (I_{ct})_0.$$

Очевидно, что второй случай относится к полностям геометрически подобным судам.

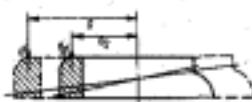
Формулы пересчетов, полученные в этом параграфе, позволяют прейти к заключению о том, что изменения длины проектируемого судна не скаживаются на показателях его остойчивости не больше углов крена, увеличенные длины приводят к росту $d(\theta)$ и $I_{ct}(\theta)$, а увеличенные осадки (при одновременном увеличении и высоты бортов судна) — к пропорциональным постепенствам.

§ 2.4. Пересчет показателей наклоняемости и общей прочности судна

Рассмотрим случай симметричного затопления отsekой, когда угол крена $\theta = 0$. При таком затоплении предполагают интересующие характеристики лодки затонувшего судна: проницаемые отsekи в носу ΔT_n и в корме ΔT_k и угол дифферента φ . Задача сводится к тому, чтобы выразить эти величины у проектируемого судна через аналогичные параметры судна-прототипа, т. е. конкретизировать зависимость $\Delta T_n = f(\Delta T_n)_0$, $\Delta T_k = f(\Delta T_k)_0$ и $\varphi = f(\varphi)_0$.

Применим к частично подобным судам, отличающимся лишь длиной ($l \neq 1$, $\delta = t = 1$), можно предположить, что и количество поперечных переборок, ограничивающих погребенную отsek в корпусе судна, изменяется пропорционально l . Тогда количество воды, влившейся в отsek обоих судов, будет p_n и $p = l p_n$, а отложение ЦТ затопленных отsekов от медаль-планаута — соответственно x_n и $x = l x_n$ (рис. 2.5).

Рис. 2.5. К пересчету показателей наклоняемости частично подобных судов



Из равенства дифференцирующего и восстанавливющего моментов можно найти упругу дифферента

$$\phi_0 = (p_0 r_0) / (D_0 H_0); \quad \psi = (p_0) / (D H).$$

Полагая $H \approx R$ — ввиду малости α по сравнению с R , и пользуясь ранее выведенными зависимостями, можно записать:

$$\psi = (p_0 h_0) / (D_0^2 H_0) = (1/l) \phi_0.$$

Тогда

$$\Delta T_B = \psi \frac{L}{2} = \frac{\phi_0}{l} \frac{H_0}{2} = \phi_0 \frac{I_0}{2} = (\Delta T_K)_0. \quad (2.19)$$

Аналогичное соотношение справедливо и для ΔT_K .

Таким образом, при изменении длины судна пропорциональные осадкам ватерлинии и кормой остаются неизменными, а угол аварийного дифферента уменьшается пропорционально l .

Применим лио к частично подводным судам, отличающимся лишь шириной, т. е. при $b \neq 1$, $l = t = 1$ получают следующие результаты:

$$\Delta T_B = (\Delta T_K)_0; \quad \Delta T_K = (\Delta T_B)_0; \quad \psi = \phi_0. \quad (2.20)$$

т. е. параметры, характеризующие посадку аварийного судна, не изменяются.

Вот же у сопоставляемых судов различны осадки, т. е. $t \neq 1$, $t = b = 1$, то

$$\Delta T_B = t(\Delta T_K)_0; \quad \Delta T_K = t(\Delta T_B)_0; \quad \psi = t\phi_0. \quad (2.21)$$

В этом случае пропорционально модулю t увеличиваются и погружение оконечностей и угол дифферента.

Поскольку общая прочность судов является максимальными нормальными напряжениями σ , возникающие в сечениях корпуса под действием расчетных продольных изгибающих моментов $M_{\text{изг}}$:

$$\sigma = M_{\text{изг}}/W,$$

где W — минимальные значения момента сопротивления корпуса судна. Для каждого судна-прототипа справедливы следующие соотношения:

$$\sigma_0 = (M_{\text{изг}}/W)_0; \quad W_0 = (I/bH)_0,$$

где I_0 — момент инерции площади эквивалентного бруса относительно

нейтральной оси, a — численный коэффициент. Поскольку момент инерции площади эквивалентного бруса равен площади этой фигуры S , пропорциональной ширине и высоте борта судна, умноженной на квадрат радиуса инерции r , зависящего от высоты борта, можно записать: $I_0 = S r_0^2$;

$$I = S r^2 = b S_0 r_0^2 = b r^2 I_0, \quad (2.22)$$

тогда

$$W = I/(bH) = (b r^2 I_0)/(b H H_0) = b r^2 W_0; \quad (2.23)$$

Продольный изгибающий момент $M_{\text{изг}}$ возникает под воздействием сил, пропорциональных объему погруженной части корпуса судна, пропорциональных защите, зависящем от длины судна. Следовательно

$$M_{\text{изг}} = (M_{\text{изг}})_0 + (Bt)T = l^2 B (M_{\text{изг}})_0. \quad (2.24)$$

Из (2.23) и (2.24) следует, что

$$\sigma = M_{\text{изг}}/W = [l^2 B (M_{\text{изг}})_0]/(b r^2 W_0) = (l^2/t) \sigma_0. \quad (2.25)$$

Полученная зависимость позволяет сделать вывод о том, что нормальные напряжения от общего изгиба пропорциональны квадрату длины судна. Следовательно, чтобы сохранить значения σ на определенном уровне, не превышающие допустимых значений, зависящих не от размеров, а от материала корпуса судна, масса корпуса должна увеличиваться более интенсивно, чем возрастает длина судна. Но тем тяжелее корпус в соответствии сказанием для полной грузоподъемности, тем ниже экономическая эффективность судна. Это обстоятельство выражается одной из причин, исходная которой лежит считается самым дорогим размером судна.

В отношении влияния модуля t следует отметить, что зависимость (2.25) справедлива в том случае, когда $T = t T_0$ и $H = t H_0$. Если меняется только высота борта при неизменной длине ($T = T_0$ и $H = t H_0$), это выражение трансформируется в следующее:

$$\sigma = (l^2/t^2) \sigma_0, \quad (2.26)$$

отражающее положительное влияние увеличения высоты борта судна на момент сопротивления эквивалентного бруса. При обратных исходных предположениях, т. е. при $T = t T_0$ и $H = H_0$, получаем

$$\sigma = l^2/t \sigma_0, \quad (2.27)$$

что и следовало ожидать, исходя из зависимости изгибающего момента от главных размерений судна.

В общем случае, при независимом изменении T и H , справедливо следующее соотношение:

$$a = I^2(T/T_0)(H_0/H)^2 a_0. \quad (2.28)$$

Рассмотрение общего киляба корпуса судна не на такой воде, а в волнении не имеет каких-либо изменений в написанные выше зависимости, если высота расчетной волны h_0 считается пропорциональной I . При этом соотношении между этими величинами модуль I в формуле (2.24) следует заменить на отношение $H_0/(h_0)_0$.

Контрольные вопросы:

1. В чём заключаются достоинства и недостатки перечетов показателей морозных качеств судов по пропорции сравниваемым пропориям расчетов?
2. В чём состоит условие чистоты подобия судов?
3. Какие существуют пути вычисления формул перечета показателей проектируемого судна по пропорции?
4. Какие выводы общеизвестного характера позволяют составить структуру формул перечета показателей общей прочности?

Таблица 3.1. Таблица нагрузки

Номер	Элементы нагрузки	Масса, т		Полож., м.		Момент, тм.		
		P	x	y	z	M _x	M _y	M _z

Расчеты нагрузки, в результате которых определяют водоизмещение и плавучесть ЦТ проектируемого судна, являются одними из наиболее ответственных проектных расчетов. От их точности и достоверности зависят точность и достоверность практически всех остальных расчетов — посадки и остойчивости проектируемого судна, его прочности, ходкости, килья, управляемости, маневренности, грузоподъемности, экономической эффективности — базирующихся на данных расчета нагрузки.

5.3.2. Нормативный и проектный подходы к разбиению нагрузки на разделы

Нагрузка судна подразделяется на разделы, группы, подгруппы и статьи. Отнесение масс к тому или иному разделу, группе, подгруппе, статье базируется на функциональном,ходоходе по всем массам, входящим в нагрузку (существует и иной подход, основанный на группировке масс в зависимости от их местоположения на судне).

Группировка ярусов и называемых элементов нагрузки регламентируются нормативными документами, которые систематически обновляются. В настоящее время действует стандарт, принятый в 1977 г. Согласно этому стандарту нагрузка судна состоит из следующих разделов.

01 — Корпус, включющий металлические конструкции основного корпуса, настилок и рубок, а также детали личного, покрытия, окраски, эпоксидную и оборудование постое и помещений.

02 — Устройства судовых, включая средства активного управления судном.

03 — Системы, к которым относятся трубоопроводы и механизмы всех судовых систем, включая механические и электрические приводы насосов, конденсаторов, холодильных машин.

04 — Установки энергетические, главная и вспомогательная.

05 — Электроэнергетическая система, внутрисудовые связи и оборудование. В этот раздел, помимо источников электроэнергии и систем ее передачи судовым потребителям, включена аппаратура телефонной связи, магнитных и рулевых телеграфов, радиотрансляции, громкоговорительной связи и автотелеграфов.

06 — Вооружение, под которым подразумевается различное макетационное оборудование: средства радиосвязи, гидро- и радиолокации, комплекс, патрон и пр., а также вертолеты, если они есть на судне.

Глава 3. НАГРУЗКА СУДНА И ВИДЫ ВОДОИЗМЕЩЕНИЯ

5.3.1. Общие сведения о нагрузке судна

Нагружкой судна называется совокупность всех масс, состоящих в сумме его водоизмещение.

Все составляющие нагрузки проектируемых судов — массы конструкций, механизмов, трубопроводов, предметов оборудования и пр., занесены в специальные ведомости, называемые габаритами морского судна. Таблицы заполняются в определенной последовательности и порядке, что уменьшает вероятность пропуска тех или иных масс и позволяет удобно и быстро соединять и анализировать нагрузки различных судов. В структуру таблицы нагрузки (табл. 3.1) включены помимо называемых и численных значений (в тоннах) элементов нагрузки, цифры всех масс, координаты из ЦТ (центров масс) и статических моменты. Отсюда соответствующий блок плана ведется от основной и диаметральной плоскостей, а по длине — от мидель-шпангоута.

Нагрузку, рассчитанную по материалам технического предложения, основного и технического проектов, называют проектной, а рассчитанную по рабочей конструкторской документации — исполнительной. Нагрузка откорректированная в процессе постройки судна, получает название отчертной или нагрузки по эксплуатационной документации.

07 – Зависимые части – к устройствам, системам, энергетической и электроприводной установкам.

08 – Балласт – твердый и жидкий, постоянно находящийся на судне.

09 – Задача вспомогательная, остойчивости – фиксация массы, отступающей за построением судна, входит в нагрузку для компенсации прокосов и очистки.

10 – Постоянные жидкие грузы, под которыми подразумевается неудаленные остатки жидкостей (воды, масла, масла) в различных емкостях, а также заправочные жидкости в механизмах и трубопроводах.

11 – Снабжение, имущество. Этот раздел объединяет многоцелевые и разнообразные предметы снабжения по пассажирской, морской-спасательной, медицинско-санитарной, рестораторской и прочим частям.

12 – Экспозиция, провизия, вода, расходные материалы, расходные жидкости среди. К первой части этого раздела относятся массы членов экипажа с багажом, а также запасы пресной воды и провизии. Ко второй части – различные материалы в виде цемента, песка, красок, а также тощина для кирпичей и керамитов.

13 – Груз перегонный, состоящий из так называемого коммерческого груза и массы пассажиров с багажом, запасы пресной воды и провизии.

14 – Запасы техники, масла, воды – судовые запасы, необходимые для работы энергетической и электроприводной установок.

15 – Переменные жидкие грузы – это вода в цистернах утилизационных ящиков, в плавательных бассейнах, а также вода в фекальных цистернах и в цистернах сбора загрязненных вод.

16 – Жидкий балласт, применяемый на судне для регулирования его плавации и остойчивости.

17 – Грузы, лифоблоки, запасы дезинфицируемые, применяемые на судне в аварийную.

С базой деловой разработкой нагрузки на пушки, выхлопы и стеньи цивильного назначения на примере этого первого раздела, как 01 – Корпус. Этот раздел состоит из 8 групп:

01.01 – Корпус с механизмами;

01.02 – Подкрепления, фланги;

01.03 – Детали навески;

01.04 – Инерционные части корпуса;

01.05 – Повреждения, отрывы;

01.06 – Вспомогательные;

01.07 – Водоуклоны корпуса;

01.08 – Оборудование коммуникаций, вентиляции.

Первые семь групп обозначаются под наименованием „Логий корпус“. Первый групп – 01.01 – Корпус с механизмами – в свою очередь, подразделяется на 6 подгрупп, к которым относят:

01.01.01 – Обшивка корпуса, кисти второго дна, приводящие части.

01.01.02 – Радиотехника, рубки, мачты (коры не относятся фальшборты, козеломы, переходные местности, кокусы диаметров труб).

01.01.03 – Конструкции коммуникаций (трубы за воздушной подушкой и в подводных крыльях, маневрирование и т. п. судов, а также кильблоки и отъемные стеньи цистерн).

01.01.06 – Вынутые части (фальц трубы, застежечные тросы, металлические крепежные детали).

И, наконец, стеньи, относящиеся к первому разделу, вынес склонение к нему:

01.01.00.01 – Обшивка наружная;

01.01.00.02 – Носовой второй дна;

01.01.00.03 – Набор продольный, наружный;

01.01.00.06 – Набор бортов поперечный;

01.01.01.12 – Механические части прямых брусьев;

01.01.02.01 – Палуба борта;

01.01.02.21 – Листы кистены (и подвесные штрафтные);

01.01.02.22 – Комплекты грузовых скоб.

И т. п.

Как следует из названий статей, каждая из них относится не к какой-то отдельной конструкции, а объединяет более или менее общую совокупность конструкций одного наименования и назначения.

Принятое ОСТом членение нагрузки отличается иерархичностью элементов, относящихся к одному и тому же уровню – разделу, группе, подгруппе, статье. Так, например, раздел 01 составляет у среднегрузовых судах 12–35% водоизмещения судна, в то время как разделы 02, 03, 05 – от 05 до 3–4%, а разделы 06, 07 и 11 – десятые и даже сотые доли процента. Оценка разницы между группами 01.01, 01.02 с одной стороны и группами 01.04–01.07 – с другой, подгруппами 01.01.01 и 01.01.05, 01.01.06, а также статьями „Обшивка наружная“ и „Механические части прямых брусьев“ или „Скуповые ютии“.

По этой причине, а также акции чрезмерной детализации нагрузки, недобры для предварительных расчетов и приводящий в ряде случаев к отнесению масс, связанных однодimensional функциональными зависимостями с элементами судна, к разным разделам, на начальных этапах разработки проектов (а процесс определения основных элементов проектируемого судна) используются имена, против которых массы не разбиваются, отличающиеся меньшим количеством укрупненных разделов. В проектной практике нагрузки пиксилизированы чрезмерно мелкие разделы и обобщены вместо массы, определяемы по однотипным функциональным замыслам (например: масса членов экипажа с багажом и запасами и пассажиров с багажом и запасами).

При подобном подходе к нагрузке она подразделяется на 7 разделов: корпус – $P_{KР}$, механизмы – $P_{Mз}$, снабжение – P_{Sn} , теплоизоляция – P_{Tz} , перевозимый груз – P_{gr} , балласт – P_{Bz} , запас поглощаемый – P_{Bp} . Эти укрупненные разделы соответствуют с нормативными разделами и их частями следующим образом:

$$P_{KР} = 01 + 02 + 03 + 06 + 07' \times 10^4 + 15,$$

где 07' – заявленные части к устройствам, системам и электроприводам.

тетической установки, а $P_{\text{мк}}^*$ – постоянные жилые грузы в корптуре, механизмах и аппаратах судовых устройств, систем и энергетической установки.

$$P_{\text{мк}} = 04 + 07^k + 10^l,$$

где $07^k \times 10^l$ – запасные части к судовой энергетической установке и относящиеся к ней постоянные жилые грузы.

$$P_{\text{сп}} = 11 + 12 + 13^t,$$

где 13^t – масса пассажиров с багажом и запасами.

$P_{\text{шн}} = 14$, $P_{\text{тр}} = 13^j$, $P_{\text{бо}} = 08 + 16$, $P_{\text{зп}} = 09$. В проектной нагрузке военных кораблей, естественно, не будет раздела $P_{\text{тр}}$, но добавятся разделы, связанные с массами боевого вооружения – $P_{\text{бо}}$, запасы – $P_{\text{зп}}$, и боезапасы – $P_{\text{бзп}}$.

5.3.3. Виды водоизмещения и характеристики состояния нагрузки

Для получения полного представления о тактико-технических качествах проектируемого корабля или эксплуатационно-технических качествах проектируемого судна необходимо знать показатели этого корабля или судна при различных состояниях нагрузки, а следовательно и при различных водоизмещениях.

У военных кораблей выделяют пять характерных состояний нагрузки и соответствующих водоизмещений:

$$\text{воздоизмещение порожнем } D_{\text{вр}} = P_{\text{шн}} + P_{\text{сп}} + P_{\text{бо}} + P_{\text{мк}} + P_{\text{зп}};$$

$$\text{стандартное водоизмещение } D_{\text{ст}} = D_{\text{вр}} + P_{\text{бзп}} + P_{\text{зп}};$$

$$\text{нормальное водоизмещение } D_{\text{н}} = D_{\text{ст}} + (1/2)P_{\text{тр}};$$

$$\text{полное водоизмещение } D_{\text{п}} = D_{\text{ст}} + P_{\text{тр}};$$

$$\text{избыточное водоизмещение } D_{\text{из}} = D_{\text{п}} + \Delta P_{\text{бо}} + \Delta P_{\text{зп}},$$

где $\Delta P_{\text{бо}}$ и $\Delta P_{\text{зп}}$ – масса дополнительного приимущества на корабль боезапаса и топлива.

Водоизмещение порожнем характерно для случаев поставки корабля в док, применительно к наибольшему водоизмещению определяют максимальную дальность плавания. Нормальное водоизмещение используется при определении основных элементов проектируемого корабля, так как можно сказать, что оно будет ближе всего соответствовать его нагрузкам в экипаже боевого сопровождения с кораблем противника. Показатели ходоссти, остойчивости, непотопляемости и других мореходных качеств определяют применительно ко всем видам водоизмещения кроме водоизмещения порожнем.

У гражданских судов выражают водоизмещение полное и порожнем. Полное водоизмещение называют также „вдоизмещением в полном

грузу”, „вдоизмещением с полным грузом” и „вдоизмещением с полным грузом и в полных запасах”. Обозначают его буквой D , обычно без звездочки. В водоизмещение порожнем (или и „вдоизмещение порожнего судна”) входят следующие разделы нагрузки:

$$D_{\text{вр}} = P_{\text{шн}} + P_{\text{сп}} + P_{\text{бо}} + P_{\text{мк}} + P_{\text{зп}}, \quad (3.1)$$

где $P_{\text{да}}$ – постоянный балласт.

В полное водоизмещение входит все разделы нагрузки. Разница между двумя водоизмещениями дает так называемый дед вес:

$$D - D_{\text{вр}} = DW, \quad (3.2)$$

в который входит следующие разделы:

$$DW = P_{\text{тр}} + P_{\text{бзп}} + P_{\text{зп}} + P_{\text{да}}, \quad (3.3)$$

где $P_{\text{да}}$ – временный (жидкий) балласт.

При более детальных расчетах нагрузки на последующих этапах разработки проекта часть раздела „заборосыс”, а именно „забросы и имущество”, т. е. 11 раздел при нормативной разбивке нагрузки, относит не к дедуству, а к водоизмещению кораблем. Ввиду того что массы собственно снабжения и имущества различны оказываются одинаковыми – как правило, доли процента.

Термином „избыточное водоизмещение” в супостроении и судоходстве не пользуются, т. к. осадка судна, а следовательно и его водоизмещение, не могут быть больше, чем допускается Правилами о грузовой марке (см. гл. 9). Если же судно проектируется для перевозки различных грузов – относительно легких в балках тоннелей, то кроме предельно допустимой осадки на грузовую марку определяют также осадку и водоизмещение, соответствующие более легкому грузу. По этой причине принято говорить о максимальных водоизмещениях, дедастве и осадке и проектных значениях этих величин.

Особо следует остановиться на такой характеристики судна, как дедаство. По-английски этот термин означает „полный вес“. Синонимом дедаства является термин „полная грузоподъемность“, который не имеет широкого распространения. Дедаство является более стабильной характеристикой размеров и транспортных возможностей судна, чем его грузоподъемность, называемая иногда в отличие от дедаства „легкой грузоподъемностью“. Действительно, при эксплуатации транспортного судна соотношение между грузом и топливом может меняться в зависимости от пропорциональности конкретного рейса, дедаство при этом остается неизменным.

При расчете осадки и мореходных качеств проектируемого судна рассматриваются промежуточные между D и $D_{\text{вр}}$ составы нагрузки, зависящие от характера эксплуатации и требований Правил Регистра СССР. Соответствующие водоизмещения отличаются различными сочетаниями

Таблица 3.2. Относительная значимость различных нагрузок на судах различного типа и размеров

Виды	Обозн.	Кл. изм.	Суда			
			американский траулер	рефрижератор. судно	химико-сырьевагт. судно	танкер
Основные характеристики						
Дедвейт	DW	т	180	425	8580	28 640
Полное водоизмещение	D	т	505	8780	12 960	37 200
Скорость хода	v	ут	16,0	16,0	16,2	18,2
Дальность плавания	r	килом.	7250	6000	9000	10 500
Тип СЭР	-	-	до...	8847	3887	Бартическ.
Мощность главного двигателя	N	кВт	220	3400	4450	13 985
		л. с.	300	7200	6100	19 000
Разделы нагрузки (% от водоизмещения)						
корпус в том числе:	P _{кор}	%	57,1	44,6	29,7	19,6
снаряжение	P _{об}	%	38,1	23,8	18,6	15,0
оборудование	P _{об}	%	39,0	20,8	11,1	4,6
маховицы	P _{ма}	%	5,2	4,8	3,7	2,8
запас водоизмещения	P _{зв}	%	2,0	1,5	0,4	0,6
воздухомешанные порожки	D _{вп}	%	64,3	51,1	33,8	23,0
Груз	P _{гр}	%	25,7	38,2	59,1	47,9
топливо	P _{топ}	%	4,0	9,3	6,7	8,7
специал.	P _{сп}	%	5,9	1,1	0,4	0,4
Дедвейт	DW	%	35,7	48,9	66,2	77,0

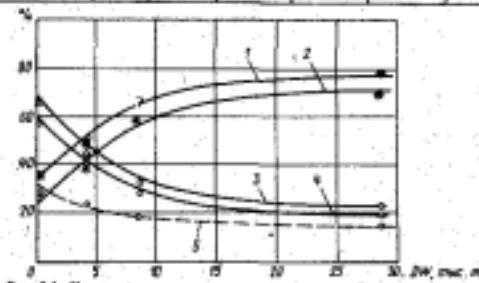


Рис. 3.1. Изменение основных компонентов нагрузки судов (% от D) в зависимости от дедвейта

1 - DW; 2 - P_{топ}; 3 - D_{вп}; 4 - P_{об}; 5 - P_{кор}

масс грузов, топлива и балласта (с конкретным грузом и с 10% запасом, без груза с полными запасами, без груза с 10% запасом и с балластом или без него, с другим грузом и запасами и т. п.).

Написанное представление об относительной значимости различных нагрузок дают табл. 3.2 и графики на рис. 3.1. В таблице массы корпуса $P_{кор}$ разделены на две части: массу стали в составе корпуса судна $P_{ст}$, купленной для постройки судна, и массу оборудования $P_{об}$, объединяющую все остальные составляющие раздела $P_{кор}$.

Анализируя цифры таблицы и графики, можно получить следующие общие закономерности:

наиболее крупными разделами нагрузки являются $P_{кор}$ и $P_{гр}$, остальные разделы играют значительно меньшую роль;

по мере роста размеров судов растет доля дедвейта и сокращаются доля воздухомешанных порожних в полном водоизмещении судна, вследствие чего суда становятся более эффективными в эксплуатационно-экономическом отношении;

основным компонентом дедвейта является груз, а водоизмещение порожнем — масса корпуса;

чем крупнее судно, тем ближе совпадают массы $P_{ст}$ и $P_{кор}$, лишь у сравнительно небольших судов существенную часть раздела „Корпус“ составляет масса оборудования.

Контрольные вопросы

1. Назовите виды нагрузки?
2. Каково значение различных между элементами и элементами подразделами в разбивке нагрузки на разделы?
3. Каковы виды водоизмещения и перечислите характеристики составляющих нагрузки судна.
4. Какова относительная значимость различных компонентов нагрузки судов?

Качественный анализ и проектирование судов

Глава 4

СВЯЗЬ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ СУДНА И СОСТАВЛЯЮЩИМИ НАГРУЗКАМИ

5.4.1. Расчет нагрузок судна на начальных этапах разработки проекта

Массы судовых конструкций, механизмов, оборудования и других компонентов нагрузки проектируемого судна определяются по конструктивным чертежам, теоретическому чертежу и чертежам общего расположения этого судна, техническим условиям на поставку материалов, габаритам и агрегатомоторных двигателей, различным механизмам, устройствам и предметам, относящимся к снабжению и оборудованию судна. Однако на начальных этапах разработки проекта, когда еще отсутствуют необходимые чертежи и первичные снабжения и оборудование, подобный подход недостаточен. Он заменяется приближенными расчетами укрупненных составляющих нагрузки проектируемого судна (большей частью разделов) с использованием коррелиционных зависимостей между массами этих составляющих и элементами судна. Комбинации элементов в подобных законотворческих поисках называются модулями, а коэффициенты пропорциональностей — азмеритетами. Так, например, в следующих выражениях для подсчета масс корпуса и механизмов:

$$P_{\text{кор}} = g_k L B H; \quad (4.1)$$

$$P_{\text{мех}} = p_m N, \quad (4.2)$$

произведения главных размерений судна $L B H$ и мощность главного двигателя N являются модулями, а коэффициенты g_k и p_m — измерительными.

Измерители масс применяют по статистическим данным. Как определяют по нагрузке судна-прототипа. Значения их мало стабильны, что усложняет при расчете нагрузки, и для повышения точности результатов прибегают к двум направлениям. В большинстве случаев пользуются сравнительно лестничными модулями, но стараются подобрать для получения измерителей наиболее подходящие суда-прототипы, т. е. наиболее близкие к проектируемому судну по размерам, архитектурно-конструктивному типу, составу энергетической установки и другим техническим особенностям. Для этого передко используются нагрузки не одного, а нескольких судов-прототипов, что позволяет получать наиболее подходящие

измерители масс по корпусу, механизму, снабжению и т. д. Второй путь связан с применением осредненных по типам и размерам судов измерителей, относительную стабильность которых получают за счет усвоения модулей. Нередко комбинируют и одновременно используют оба пути.

Рассчитав массы с помощью приближенных зависимостей, приводят к сравнительным методом результатам расчетов. Однако с этим неизбежным злом на начальных этапах разработки проекта приходится мириться, тем более, что при дальнейшем переходе от этапа к этапу точность и достоверность расчетов нагрузки последовательно повышается и допущенные ранее неточности и ошибки автоматически удаляются.

Наиболее крутым компонентом нагрузки, за исключением массы перевозимого груза, которая не рассчитывается, а принимается по заданию, является масса корпуса судна, состоянияния, как это было показано в предыдущем главе, от 20 до 50% экспозиции. В то же время, ввиду громоздкого концептуального составления, обобщенного понятием „корпус”, определение массы этого раздела является наибольшим трудоемким. Различные зависимости, предложенные для подсчета массы корпуса судна, Л. М. Ногиц [27] предложил обобщить в следующие четыре группы:

1. Эмпирические формулы, найденные путем просечного анализа, полученные путем статистической обработки нагрузок построенных или спроектированных судов.

2. Эмпирические формулы, полученные путем статистической обработки нагрузок, составленных применительно к ряду судов с систематически изменяющимися элементами.

3. Формулы, полученные путем приближенного учета условий, определяющих прочность корпуса.

4. Формулы, в основе которых положен принцип детальной разбивки массы корпуса на большое количество составляющих.

В последующих заголовках приведены сведения о формулах каждой группы.

5.4.2. Определение массы корпуса с помощью формул первой и второй групп

Наиболее простые и грубые формулы первой группы основаны на предположении, что масса корпуса пропорциональна водоизмещению судна, т. е. объему подводной части корпуса, или его истинному объему, пропорциональному объему параллелепипеда, построенного на главных размерениях судна:

$$P_{\text{кор}} = g_k D, \quad (4.3)$$

$$P_{\text{кор}} = g_k L B H. \quad (4.4)$$

Сопоставляя формулы (4.3) и (4.4), следует отметить, что соотношение (4.4) лучше отражает физическую сущность явления, а следовательно и более точна, так как размеры сухой металлической коробки судна определяются в зависимости от его размерений, а не водонепроницаемостью. В то же время на начальных этапах разработки проекта, когда некоторой известной величиной является общая водоизмещение судна, удобно пользоваться первой из этих двух формул засмотря на ее меньшую точность.

Поскольку величина измерителя массы корпуса, относившегося к кубическому модулю (так называют произведение $L \cdot B \cdot H$) более стабильна, чем измеритель, относящийся к водонепроницаемости судна, для повышения достоверности расчетов по формуле (4.3) при сохранении ее преимуществ, выражают ρ_k через g_k , что можно сделать, приведя правые части обеих формул:

$$\rho_k = g_k (1/\delta) (D/L^2).$$

Диапазон изменения измерителя массы корпуса для большинства судов не выходит из следующих пределов: $\rho_k = 0,20\text{--}0,50$; $g_k = 100\text{--}190 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Этим широким соответствует относительный размах вариации каждого измерителя R_{ρ_k} , равный отношению диапазона значений к среднему значению данной величины, $R_{\rho_k} = 66\%$ и $R_{g_k} = 62\%$, что подтверждает сказанные выше о борьбе стабильности измерителя g_k .

Характер изменения измерителя g_k в зависимости от размеров судна, показанный на рис. 4.1, применительно к универсальным сухогрузным судам, и имеющийший характер зависимости $\rho_k = f(D)$ свидетельствует об уменьшении значений этих величин по мере роста размеров судов. Относительное облегчение корпуса крупных судов объясняется,

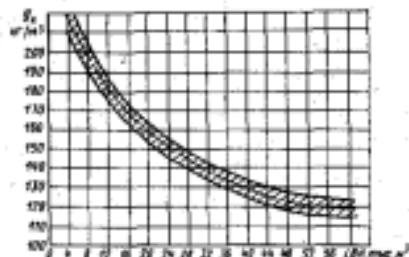


Рис. 4.1. Зависимость измерителя массы корпуса g_k от кубического модуля LBM .

в первую очередь, более полным использованием недавнichеских качеств стали, пошедшей на их постройку, что связано с более благоприятными соотношениями размеров сухой, необходимых для обеспечения общей и местной прочности, конструкции в судах меньших размеров.

С целью повышения точности расчетов по формулам (4.1) и (4.3) разделяют массу корпуса на несколько составляющих и учитывают степень развитости надстроек.

Разделение массы корпуса на отдельные составляющие позволяет подобрать более физически молоды для каждой из них. Число же массы P_{kp} разделяют на массу стапи в составе корпуса судна P_{st} и массу "оборудования" P_{ob} , т. е. считают, что $P_{kp} = P_{st} + P_{ob}$. К массе стапи, как отмечалось ранее, относят две первые группы из нормативного расчета "Корпус" — "корпус металлический" и "доплергены и фундаменты". Все остальные массы, находящие в этот разряд в его проектной грановке, относят к массе оборудования. Функциональные зависимости между составляющими массы P_{kp} и элементами судна выражаются следующим образом:

$$P_{st} = p_{st} D; \quad P_{ob} = p_{ob} D^{2/3}; \quad (4.5)$$

$$P_{kp} = g_k LBM; \quad P_{ob} = g_{ob} (LBM)^{2/3}. \quad (4.6)$$

Учет степени развитости надстроек может осуществляться путем добавления к полному объему корпуса судна (кубическому модулю) объема надстроек W_n , тогда

$$P_{kp} = g'_k (LBM + W_n). \quad (4.7)$$

Но, поскольку непосредственное определение величины W_n на начальных этапах разработки проекта затруднено, разность надстроек, а следовательно и их массу, учитывают переходом от высоты борта к так называемой приведенной высоте борта

$$H' = H + h_n - \frac{\Sigma_{n1}}{L}, \quad (4.8)$$

где h_n и Σ_{n1} — высота и суммарная протяженность надстроек первого яруса. Тогда формула (4.1) перепишется так:

$$P_{kp} = g'_k LBM. \quad (4.9)$$

Высоту надстроек h_n и их относительную длину Σ_{n1}/L приносят бо судну-прототипу.

Учет степени развитости надстроек путем перехода от H к H' приводит к существенной стабилизации значений измерителя массы стапи,

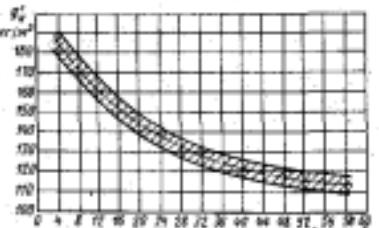


Рис. 4.2. Зависимость измерения массы корпуса g_h' от кубического модуля LBM

что, несомненно, упрощает задачу расчетов. Отмеченный эффект наглядно виден при соединении графиков на рис. 4.1 и 4.2 и характеризуется следующими цифрами: относительный размах вариации измерителя g_h составляет около 70%, а измерителя g_h' , относящегося к аналогичным судам, лишь около 55%.

Правильное использование данными нагрузки судна-прототипа предполагает учет таких особенностей проектируемого судна, как применение сталей повышенного сопротивления и категории подъема подкреплений. Влияние в долях стадий повышенного сопротивления в корпусах обеих судов может привести к изменению измерителей g_h и g_h' на 5–15%; в переходе к корпусам, подкрепленным в категории УЛ и УЛА, отмечается в росте измерителей массы корпуса на 5–12% и 10–20% соответственно. Величина приращений обратно пропорциональна размерам судна.

Формулы и способы (*т. е.* в таблицах, графиках) второй группы для подсчета массы корпуса (или массы стали в составе корпуса) судна специализированы по типам судов и отличаются составом параметров судна, применяемых во внимание при расчете. Эти особенности позволяют выбрать из многообразия существующих формул и способов наиболее подходящие. Например, для судов того типа, к которому относятся проектируемые суда, предложены способы, характеризующиеся следующим параметром:

$$P_{\text{ср}} = f(LBH, L/H, \delta, n_0, \dots) \quad (4.10)$$

и

$$P_{\text{ср}} = f(LBH, L/H, H/T, n_0, \dots), \quad (4.11)$$

где n_0 – количество палуб. В случае оптимального анализа вариантов проектируемого судна, оптимизируясь значениями коэффициентов измерителя, целесообразно использовать зависимость (4.10), а при

исследованиях влияния на показатели судна отношения высоты борта к осадке более подходящей оказывается зависимость типа (4.11).

С помощью формул и способов этой группы массы стали или корпуса судна определяют либо прямым расчетом – с использованием измерителя, либо путем пересчета масс $(P_{\text{ср}})_0$ и $(P_{\text{ср}})_0$ суден-прототипов. Необходимые данные для расчетов по ряду способов можно найти в [27] и [24].

Наиболее употребительными из формул второй группы являются формулы, предложенные Л. М. Ногицем для универсальных сухогрузных судов и Б. Румсом – для танкеров.

Буквенные обозначения, принятые Ногицем в формуле для подсчета массы стали в составе корпуса судна

$$P_{\text{ср}} = g_{\text{ср}}' A_1 A_2 A_3 B^{1/3} (L/H)^{1/2} LBH^2, \quad (4.12)$$

имеют следующие значения: $g_{\text{ср}}'$ – измеритель, определенный по подсчету длины прототипа; A_1 – коэффициент, зависящий для учета конструктивного типа судна, он равен 1,0 для полноподъемных и 0,96 – для широкотерпичных судов (о широкотерпичных судах см. гл. 2.4); A_2 – коэффициент, учитывающий влияние количества палуб ($A_2 = 1,0$ для однодубовых судов, $A_2 = 1,06$ – для двухдубовых и $A_2 = 1,12$ – для трехдубовых судов); A_3 – коэффициент, зависящий от длины судна: при $L \geq 70$ м, $A_3 = 1,0$, для судов меньшей длины $A_3 = 2,9(2,9)^{2,3}$.

Формула Румса основана на измерении массы стали с использованием массовых модулей (кубического, квадратичного, коэффициента общей прочности, отношения высоты борта к осадке), отражающих влияние основных элементов судна на массу корпусных конструкций.

$$P_{\text{ср}} = (P_{\text{ср}})_0 (0,625a + 0,50b + 0,375c + 0,25d - 0,75), \quad (4.13)$$

где $a = (LBH)/(LBH)_0$; $c = L(B+H)[L_0(B_0+H_0)]$; $b = (1+0,58)/(1+0,38)\delta$; $d = (T/T_0)(B_0/H_0)$.

Расчеты по формулам второй группы приводят к несколько более точным результатам сравнительно с расчетами по формулам первых групп.

5.4.3. Определение массы корпуса с помощью формул третьей и четвертой групп

Формулы третьей группы для определения массы стали в составе корпуса судна выведены на основе учета требований, предъявляемых к общей прочности судна. Выполнение этих требований обеспечивается продольными связями, входящими в эквивалентный брус корпуса судна. Следовательно, строго говоря, речь может идти об определении массы именно этих связей, но так как на судах с продольной системой

избора подобных связей составляют до 85–90% всей массы судна, то расчетные формулы распространяют и на остальные связи корпуса судна, что приводит к сравнительно незначительной погрешности, вполне допустимой на начальных этапах разработки проектов судов.

В этом случае надежность рассуждений при выводе формул для определения $F_{\text{ср}}$ может быть представлена следующим образом.

Масса продольных связей корпуса судна, участвующих в общем изгибе, $P_{\text{ср}}$, зависит от площади из изогнутого сечения $F_{\text{ср}}$ (площади эквивалентного бруса), длины судна L и коэффициента общей плотности δ , причем установлено, что значение δ лучше всего принимать в стеканке 1/3:

$$P_{\text{ср}} = \delta \delta^{1/3} L F_{\text{ср}}.$$

Значение $F_{\text{ср}}$ определяется минимально необходимым моментом сопротивления эквивалентного бруса W_{min} , зависящим, в свою очередь, от соединения между максимальным изгибающим моментом, действующим на судно, M_{max} и допускаемой азимутальной нормальной напряженностью от общего изгиба судна, поскольку требуется выполнить следующее соотношение между максимальными действующими напряжениями σ_{max} и $\sigma_{\text{норм}}$:

$$\sigma_{\text{max}} = M_{\text{max}} / W_{\text{min}} \leq \sigma_{\text{норм}}.$$

Известно, что $M_{\text{max}} = f(D, L)$, а $\sigma_{\text{норм}}$ зависит от механических свойств корпусной стали. С другой стороны, величина W_{min} обеспечивается у каждого судна значениями $F_{\text{ср}}$, высоты борта H и коэффициента утилизации профильных изогнутых сечений $\eta_{\text{ср}}$, т. е.

$$W_{\text{min}} = f(\eta_{\text{ср}}, H, F_{\text{ср}}).$$

Поскольку $F_{\text{ср}} = f(B, H)$, а $\eta_{\text{ср}}$ изменяется пропорционально длине судна L , то

$$W_{\text{min}} = f(L, B, H).$$

Конкретизация полученных выше зависимостей позволяет привести к выражению

$$P_{\text{ср}} = \delta \delta^{1/3} D L^{1/2} (L/H). \quad (4.14)$$

распространение которого на все связи корпуса, можем записать:

$$P_{\text{ср}} = g_{\text{ср}} \delta^{1/3} D L^{1/2} (L/H). \quad (4.15)$$

Измерив $g_{\text{ср}}$, как и ранее, определив по подобному судну-прототипу,

Способы вычеткой групп основани на постнатальном пересчете масс отдельных конструкций. В этом случае все компоненты нагрузки судна-прототипа, относящиеся к разделу „Корпус”, разбиваются на ряд составляющих, для каждой из которых подбирают формулу пересчета, т. е. соответствующий модуль.

Трудоемкость определения массы корпуса сравнительно с другими способами повышается, но расчет в точность расчета, что обусловлено следующими причинами: *a)* разделение общей массы корпуса на отдельные составляющие позволяет подобрать для каждой из них наиболее физичную формулу пересчета; *b)* появляется возможность более точно учсть конструктивные отличия обеих судов – проектируемого и прототипа; *c)* итоговая погрешность расчета уменьшается за счет взаимного гашения погрешностей разных значащих показателей при отдельных компонентах массы корпуса судна.

К постнатальным способом этой группы относится в зависимости одновременно с определением масс отдельных конструкций определять координаты их ЦТ, в первую очередь по высоте.

Основоположником способов постнатального пересчета является известный инженер и ученик И. Г. Бубнова. Позже было предложено несколько систем, содержащих зависимости для подобного пересчета по прототипу массы корпуса судов различных типов и назначений [4, 9, 24, 27]. Конструирование таких зависимостей показано на примере формул пересчета Л. М. Ногица, относящихся к судам с продольной системой набора.

Для пересчета массы связей, участвующих в общем изгибе корпуса судна, P_1 (общинки бортов, палуб и второго ярусов, продольных переборок и палуб судна, включенных в эквивалентный брус) использована формула (4.15). Массы платформ и палуб, не участвующих в общем изгибе, P_3 пересчитывают по выражению

$$P_3 = g_3 \delta^{1/3} I_0 B, \quad (4.16)$$

принятому в предположении, что массы этих конструкций пропорциональны их площади; здесь I_0 – длина палубы или платформы, а $\delta^{1/3}$ – а. На аналогичном предположении базируется и формула для пересчета массы основных поперечных переборок P_2 :

$$P_2 = g_2 \alpha_0 \delta^{3/4} B H^{3/2}. \quad (4.17)$$

В этом выражении α_0 – количество переборок, а $\delta^{3/4}$ – а. Показатель степени у высоты борта H , больший единицы, введен для учета влияния высоты борта на толщину листов переборок и профиль их стоеек. Таким образом, формула (4.17) эквивалента следующему выражению:

$$P_2 = g_2 \alpha_0 (BH)^{3/2}.$$

Коэффициенты α и β в формулах (4.16) и (4.17) выражены через δ для упрощения расчетов на начальных этапах разработки проекта и утверждения с формулой (4.15).

Другие составляющие раздела „Корпус“ пересчитывают по формулам, метод которых сконструирован аналогичным образом – на основе выявления принципиальной зависимости этих масс от основных элементов проектируемого судна. Измеряется во всех формулах определяют по нагрузке судна-прототипа.

Приименительно к судам с потерянной системой набора рекомендуются вместо формулы (4.15) использовать следующее соотношение:

$$P'_{\text{ср}} = (P'_{\text{ср}})_0 \left(p/p_0 \right) \left(\delta/\delta_0 \right)^{1/2} \left(L/L_0 \right), \quad (4.18)$$

где $(P'_{\text{ср}})_0$ и $(P'_{\text{ср}})_0$ – масса основного стального корпуса проектируемого судна и судна-прототипа, соответствующих массе стали в составе корпуса судна без учета массы навесных переборок, тумблера гребного зала, надстроек и рубок; p и p_0 – массы основного корпуса, приходящиеся на один метр длины проектируемого судна и судна-прототипа. Величину $(P'_{\text{ср}})_0$ подсчитывают по нагрузке судна-прототипа, а значения p и p_0 – по конструктивным мидель-шпангоутам обводов судна. Предполагается, что проектант располагает конструктивными чертежами судна-прототипа и набрасывает по правилам Регистра СССР проплавные и навесные связи, образующие конструкционный мидель-шпангоут проектируемого судна.

Массу всех связей, не учтенных формулой для $P'_{\text{ср}}$, подсчитывают отдельно.

Следует отметить, что использование рассмотренных выше способов определения значений $P_{\text{мк}}$ целесообразно осуществлять в процессе выбора основных элементов проектируемого судна в следующей последовательности. Начинают, как правило, с наиболее простых и грубых формул первой группы. Затем, при сопоставлении различных вариантов проектируемого судна, используют более точные ядры, не менее язко, учитывающие влияние большего количества факторов, формулами второй или третьей группы. Расчет массы корпуса выбранного варианта судна производят с помощью наиболее точных, хотя и громоздких способов, относящихся к одной из модификаций четвертой группы. В синтетической форме это можно представить следующим образом: (1) \rightarrow (2; 3) \rightarrow (4A; 4B).

§ 4.4. Расчет массы механизмов и топлива

К разделу „Механизмы“ относятся массы главной и вспомогательной энергетических установок (главные и вспомогательные котлы, главные движители и передачи, компрессоры, баллоны, насосы, гидравлические устройства, теплообменные аппараты, фильтры и пр.), вспомогательного оборудования их помещений (кабинки, мастерские, площадки, трапы, выгородки), застопоры и движители, а также системы энергетических установок (топливные, масляные, паровые, компрессорно-вентиляторные, водяного охлаждения, вспомогательные и др.). В практике практике расчета массы

этого раздела нагрузку судовую энергетическую установку (СЭУ) рассматривают в рабочем состоянии заготовленной к действию, поэтому к „сухой“ массе установки добавляется масса заправочных жидкостей (теплоизол, вода и смазочного масла в элементах и трубопроводах СЭУ), т. е. оперируют так называемой „мокрой“ массой. Следовательно, при подсчетах технических материалов, связанных с массой СЭУ, необходимо уточнять, к какой именно массе – „сухой“ или „мокрой“ относятся приводимые данные. Разница между ними составляет в среднем 6–8%.

В состав этого же раздела нагрузки включают и массу запасных частей СЭУ, если они не относятся к разделу „Снабжение“.

Масса электроприводной установки судна, т. е. источников электропитания (электрогенераторов) вместе с их механическими приводами, распределительными щитами, электробелтами, трансформаторами, выпрямителями и пр. относится, как сказано ранее, к разделу „корпус“, его оборудованию.

При определении массы раздела $P_{\text{мк}}$ исходит из предположения о том, что эта масса пропорциональна мощности главного двигателя (двигателей), т. е. считают, что

$$P_{\text{мк}} = P_{\text{мк}} N^k. \quad (4.19)$$

Поискатель степени k в большинстве случаев принимают равным единице и лишь для установок со среднеборзовыми главными двигателями – паровыми или газовыми турбинами – эпитетом мощности, считают $k = 2/3$; измеряется $P_{\text{мк}}$ – удельная масса механизмов – колеблется в широком диапазоне значений в зависимости от типа и мощности главного двигателя.

Наиболее газовыми являются СЭУ с малооборотными газотурбинами (согласно МОД, частота вращения $n = 50\text{--}350$ об/мин): 90–110 кг/кВт. К ним примыкают СЭУ со среднеборзовыми дизелями (СОД, $n = 350\text{--}750$ об/мин): 70–90 кг/кВт. Значительно более легкими являются паротурбинные СЭУ (ПТУ): 60–80 кг/кВт и газотурбинные СЭУ (ГТУ): 40–60 кг/кВт.

Удельная масса СЭУ обратно пропорциональна их мощности. Поэтому к первому признаку значений $P_{\text{мк}}$ относятся, как правило, установки мощностью несколько тысяч киловатт, к второму – мощностью 10–15 тыс. кВт и более.

Обычно уже из довольно разных эпох разработки проекта определяется конкретный главный двигатель, подсчитанной установке на судне, а следовательно и его масса $P_{\text{гд}}$. В этом случае величину $P_{\text{мк}}$ можно определить, исходя из соотношения между $P_{\text{мк}}$ и $P_{\text{гд}}$. В СЭУ с малооборотными дизелями $P_{\text{мк}}$ составляет от 40 до 55%; при $n < 100$ об/мин $P_{\text{гд}} = 50\text{--}55\%$; для СЭУ с газотурбинами, отличающимися более высокой частотой вращения, $P_{\text{гд}} = 40\text{--}45\%$. В установках со среднеборзовыми дизелями на довою дизель-редукторных агрегатах (ДРА) приходится около 40% $P_{\text{мк}}$, причем масса главного двигателя составляет 70–80% массы ДРА. Масса

главного двигателя в ГТУ – составляет 25–50% $P_{\text{маx}}$, в главного турбодизельного агрегата в ПТУ – 18–20%, примерно столько же приходится и на долю главных котлов.

При перемещении СЭУ из средней части судна в корму ее масса уменьшается на 5–6% для установок с МОД, на 7–8% для установок с СОД и на 9–12% для ПТУ и ГТУ.

Масса судовых запасов по разрезу „Токиамо” $P'_{\text{зап}}$ складывается из масс собственно топлива $P'_{\text{топ}}$, питательной воды для котлов $P'_{\text{вод}}$ и смешанного масла $P'_{\text{см}}$. Расчитывают компоненты $P'_{\text{зап}}$ по следующей схеме:

Масса $P'_{\text{зап}}$ зависит от удельного расхода топлива q , мощности N и длительности работы t главных и вспомогательных механизмов:

$$P'_{\text{зап}} = k (q_{\text{тв}} N t_{\text{раб}} + \Sigma q'_{\text{зап}} N'_{\text{раб}} t'_{\text{раб}}). \quad (4.20)$$

Коэффициент k в этой формуле, называемый коэффициентом морского (искусственного) запаса, зависит для учета дополнительных расходов топлива в рейсе вследствие задирания из-за штильевой погоды, обрастания корпуса судна, а также из маневрирования в узостях, портах и каналах. Значение k обычно отговаривается в задания и равны большей частью 1,15 или 1,20.

На начальных этапах проектирования судов, когда еще не известны состав энергетической установки и длительность работы отдельных механизмов, расчет запасов топлива производят по формуле

$$P'_{\text{зап}} = k q^2 (t/b) N, \quad (4.21)$$

где k – коэффициент морского запаса, q^2 – удельный расход топлива на все нужды на залогу, относящийся к мощности главного двигателя (двигателя) N , $t/b = t$ – кадровое время, т. е. длительность работы главного двигателя.

Некоторая погрешность в определении $P'_{\text{зап}}$ по формуле (4.21), величина которой неучтенных запасов топлива для работы вспомогательных механизмов во время стоянки судна в портах, не имеет существенного значения, поскольку она целиком перекрывается колебаниями массы $P'_{\text{зап}}$ в силу практического характера величин k и q^2 .

Основную часть q^2 составляет расход топлива главного двигателя $q_{\text{тв}}$. Если эта величина известна, можно перейти к q^2 по выражению

$$q^2 = \alpha q_{\text{тв}}. \quad (4.22)$$

Коэффициент α в формуле (4.22) колеблется для паротурбинных СЭУ в пределах 1,08–1,12, а для всех остальных – в пределах 1,03–1,06, уменьшаясь по мере роста мощности главного двигателя.

Значение $q_{\text{тв}}$ для современных МОД лежит, в основном, в диапазоне 165–175 г/кВт · ч. При работе в „экономичном режиме“ – с неполным использованием номинальной мощности, эта величина понижается

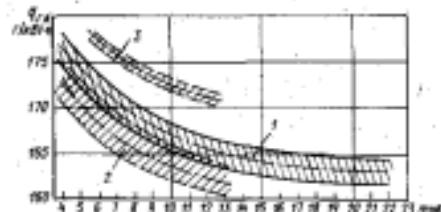


Рис. 4.3. Удельный расход топлива главного двигателя при вспомогательных СЭУ

1 – при максимальной мощности; 2 – при работе в „экономичном режиме“; 3 – при работе на снижении топлива

до 160–170 г/кВт · ч, а применение более тяжелого (низкосортного) топлива сопровождается увеличением удельного расхода на 3–5% (рис. 4.3). Удельный расход топлива у лучших моделей среднеоборотных двигателей практически такой же, как и у МОД.

Масса питательной воды для котлов $P'_{\text{вод}}$ определяется из расчета возможных утечек пара и воды за время рейса и периодической смены загрязненной воды в котлах и во всей системе питения.

На паротурбинных судах предусматривают опреснитель, обеспечивающий пополнение утечек, поэтому затраченная вода признается лишь в размере, необходимом для смены ее в рейсе. С этой целью достаточно привести на судно запас воды в количестве 3,0–3,5 тонн на 1000 кВт. Таким образом, $P'_{\text{вод}}$ определяют по формуле

$$P'_{\text{вод}} = dN. \quad (4.23)$$

На судах с дополнительными, в гидротурбинными установками питательная вода принимается для вспомогательного или угольационного котла. Массу воды определяют по следующей зависимости:

$$P'_{\text{вод}} = k \alpha_1 B_{\text{к}} t_k + \alpha_2 B_{\text{к}}, \quad (4.24)$$

где k – коэффициент морского запаса, $B_{\text{к}}$ и t_k – паропроизводительность и время работы котла, α_1 и α_2 – практические коэффициенты. Значение t_k принимают равным ходовому и стоячному времени судна, коэффициент α_1 , характеризующий утечки, равен 0,06–0,08, а коэффициент α_2 , определяющий запас на смену воды в котлах, для предварительных расчетов можно считать равным 2. Паропроизводительность вспомогательного котла, вырабатывающего горячую воду и пар для общесудовых нужд, можно пересчитать по данным судна-прототипа пропорционально

водоизмещению обоих судов. Если на судне предусмотрено пополнение котельной воды от определенной установки, то на рис. 1.26 принимают только запасы воды, определяемые вторым членом формулы (1.24).

Масса смазочного масла $P_{\text{мж}}^{\text{св}}$, принимаемого на судно, зависит от типа СЗУ, мощности и продолжительности работы главных двигателей в агрегатных механизмах. При детальном расчете учитывается расход масла (на утечки, угар, смену загрязненного масла в системе циркуляции) каждым двигателем и механизмом в единицы времени за время рейса. На тех этапах проектирования судна, когда известны тип и мощность главных двигателей, но еще не уточнены состав энергетической установки, целесообразно определить массу смазочного масла как некоторую надбавку к массе топлива, т. е. считать, что

$$P_{\text{мж}}^{\text{св}} = \alpha_3 P_{\text{топ}}^{\text{св}} \quad (4.25)$$

Для дизельных СЗУ $\alpha_3 = 0.02+0.04$, для парогенераторных установок $\alpha_3 = 0.01$ и для газогенераторных СЗУ $\alpha_3 = 0.02+0.03$.

Учитывая все сказанное выше о вычислении однотипных составляющих массы топлива, можно записать общую формулу для определения этого раздела нагрузки:

$$P_{\text{топ}} = kq [(1 + \alpha_3)q'N + \alpha_1 B_{\text{кн}}] + dN + \alpha_2 B_{\text{кн}} \quad (4.26)$$

Для судов с ПТУ без агрегатного мотора когда $B_{\text{кн}} = 0$, для судов с любыми другими установками $d = 0$.

Довольно часто формулу (4.26) заменяют на менее точную, но более простую и компактную зависимость:

$$P_{\text{топ}} = kq (r/v) N, \quad (4.27)$$

где q — общий удельный расход всех составляющих топлива, относительный к мощности главного двигателя N . Принимают q по статистике, учитывая тип и мощность СЗУ, или, что более предпочтительно, по данным судо-прототипов с аналогичной энергетической установкой. Погрешность расчетов при этом не выходит за пределы, вполне приемлемые для начальных этапов разработки проектов.

У судов с дизельными СЗУ суммарный удельный расход судовых запасов (т. е. топливной, питьевой воды и смазочного масла) на ходу во все пункты составляет в среднем 175–190 град/т · ч, уменьшаясь по мере увеличения мощности установки.

При расчете массы $P_{\text{топ}}$ у судов определенных типов вводят дополнительные судовые запасы, необходимые для следующих нужд: у пассажирских судов — для обогрева и освещения пассажирских помещений; у рефрижераторных судов — для работы рефрижераторной установки по замораживанию и охлаждению перевозимых грузов; у танкеров — для подогрева эмульсионных грузов.

4.4.5. Определение массы снабжения и балласта

Массу снабжения $P_{\text{сн}}$ рассчитывают при подаче ее на два способами:

$$P_{\text{сн}} = P_{\text{сн}}^{\text{св}} + P_{\text{сн}}^{\text{п}} \quad (4.28)$$

Под первым спутанным подразумевается масса экипажа и пассажиров с багажом, запасами пресной воды и провизии, определяемая в зависимости от автономности, комплектации экипажа и пассажировместимости проектируемого судна, а также действующих нормативных или установленных значений указанных величин.

Массу одного человека с багажом, находящегося на борту судна, принимают обычно следующий (кг): член команды 100–120, коммюнист 150–180, пассажира круизного судна (туркета) 100–150, пассажира пассажирского судна (двигатель пассажир) 150–200.

Притом суда, принимаемая на судно, в зависимости от условий хранения — во вкладышах шестерек или в шестерях, образованных корытными конструкциями, — подразделяется на питьевую и мытьевую, используемую соответственно для питья, приготовления пищи и для хозяйственных целей (в ваннах, туалетах, биох и прачечных). Запись ведут принимают на весь срок автономности судна.

В соответствии с требованиями Санитарных правил [44] минимальная норма расхода пресной воды на судах нефтегазового района плавания составляет 50 л питьевой и 100 л мытьевой воды на одного человека в сутки. Этими же Правилами рекомендуется увеличивать запас пресной воды в пять-шесть раз сравнительно с минимальными. На пассажирских судах принимают расход воды на одного пассажира до 300 л в сутки. При наличии на судне опреснителя количество пресной воды может быть уменьшено до пяти-шести раз.

Поскольку во всем упомянутом должна подаваться питьевая вода, теряется смысл в выделении системы и запасов мытьевой воды, на судах устраивают единую систему водоснабжения, отвечающую требованиям к системе питьевой воды, что рекомендуется в Санитарных правилах [44].

Запас пресной (включая питью и промисковский запас) подачи учитывают по нормам, приведенным для экипажа и пассажиров: 2,5–3,5 кг в сутки на одного члена экипажа и 4–5 кг на одного пассажира. Несколько увеличенный запас пресной для пассажиров обеспечивает возможность выбора блюд в пассажирских ресторанах.

Величину $P_{\text{сн}}$ подсчитывают на разных этапах разработки проекта, в дальнейшем ее требует уточнения.

Второе спутанное выражение (4.28) называют массой имущественного снабжения и расходных материалов. К имущественному снабжению (т. е. к «снабжение и имущество» по нормативной разбивке нагрузки), относятся самые разнообразные предметы оборудования и имущества,

небольшие по массе, но очень обширной комицатуры; из трампой, цинковой, мезанизмической и электромеханической, аварийно-спасательной, медико-санитарной и прочим частям (брекеты, трости, канаты, пластины, штифты) и спасательный инструмент, камбузное, рестораторское, каютное и прочее снабжение). Сюда же могут быть отнесены в все запасные части. Расходные материалы включают топливо и масло для котлов, моторных цилиндров и герметиков, краски и лаки, обтирочную зеллю, цемент, смазочные масла, бензин, керосин, лаки и подобные материалы, необходимые в работе на судне.

Определяют $P_{\text{зап}}^*$ по линии судна-прототипа или пересчитывают пропорциональное водонизмещение в стекии две трети, или просто применяют ту же массу $P_{\text{зап}}$, что и у судна-прототипа:

$$P_{\text{зап}}^* = P_{\text{зап}} D^{2/3}. \quad (4.29)$$

или

$$P_{\text{зап}}^* = (P_{\text{зап}})^{2/3}. \quad (4.30)$$

Массу балласта $P_{\text{бал}}$ определяют расчетом, исходя из требований к остойчивости и погадке проектируемого судна. При этом твердый (постоянный) балласт включают в состав раздела "Корпус" и входит, таким образом, в водонизмещение порожнем, а жидкий (водяной) балласт входит в дедвейт отдельным разделом нагрузки.

5.4.6. Обеспечение запаса водонизмещения в запасе остойчивости

При выполнении расчетов нагрузки находятся нетто-массы, отнесенные пропорции и остатки. Может быть и так, что в процессе разработки проекта, с затратами и постройки судна попадают какие-то неучтенные ранее в нагрузке конструкции, механизмов, предметы оборудования. Кроме того, фактические массы поступающих на суда механизмов и оборудования могут отличаться от величины, зафиксированных в технических условиях на их поставку. Возможны в отсутствии от нормативных толщин стальных листов, входящих на формирование корпуса и надстроек заменение "дедвейта" или "переката". Как правило, все перечисленные пропорции и отступления приводят к увеличению фактической массы конструкций, механизмов и оборудования строящегося судна. Чтобы избежать перерасчетов массы судна, т. е. уменьшения его водонизмещения сравнительно с расчетными значениями, в нагрузку вводится специальный раздел "Запас водонизмещения" — $P_{\text{зап}}$, представляющий собой фиктивную, не существующую в действительности массу.

Величина запаса водонизмещения зависит от стадии проектирования, размеров судна и наличия или отсутствия близкого прототипа, используу-

мого при расчете нагрузки. Определяется $P_{\text{зап}}$ в долях от водонизмещения корабля (сплавшего) или от полного водоизмещения, т. е.

$$P_{\text{зап}} = p_{\text{зап}} D_{\text{кор}} \quad (4.31)$$

или

$$P_{\text{зап}} = p_{\text{зап}} D. \quad (4.32)$$

При расчетах по близкому судну-прототипу принимают следующие нормативные значения $p_{\text{зап}}$, в %

Эти разработки проекта	$D_{\text{кор}} =$ $= 100 \text{--} 1000 +$	$D_{\text{кор}} =$ $= 1 \text{--} 100 \text{ тыс. т}$	$D_{\text{кор}} >$ $> 100 \text{ тыс. т}$
Техническое предложение	2,5--2,0	2,0	1,5
Эконом. проект	2,0--1,5	1,5	1,0
Технический проект	1,5--1,0	1,0	0,8

При отсутствии близкого прототипа запас водонизмещения увеличивается примерно в полтора раза.

В процессе выбора основных элементов проектируемого судна, когда массовая неизвестная величина является полное водонизмещение судна D , удобнее пользоваться зависимостью (4.32). В этом случае обычно принимают $p_{\text{зап}} = 0,010 \pm 0,015$.

Отмеченный выше перегрузка судна относится, как правило, к его замкнутостроеваемым частям, что приводит к позиционному ЦТ и следовательно, к снижению остойчивости. Для компенсации этого нежелательного (поскольку в проекте гарантировано определенное значение k) и опасного явления в проектные расчеты вводится так называемый запас остойчивости Δk . Этот запас достигается путем искусственного повышения ЦТ судна из величины $\Delta z_g = \Delta k$ сравнительно с его положением z_g , полученным в результате расчета нагрузки. Таким образом в дальнейших расчетах остойчивости фигурирует не z_g , а

$$z_g = z_g' + \Delta z_g. \quad (4.33)$$

Необходимый угол ЦТ может быть получен путем надлежащего размещения запаса водонизмещения во высоте. Нормативный запас остойчивости Δk в проектах, разработанных с использованием близкого прототипа, составляет 10--25 см, увеличивающиеся с размерами судна, и 20--35 см при разработке проекта принципиально нового судна.

Определение ЦТ запаса водонизмещения $P_{\text{зап}}$ может быть найдено из условия статических моментов mass относительно остойчивой плоскости:

$$Dz_g = D'z_g' + P_{\text{зап}} z_{\text{зап}}. \quad (4.34)$$

где $D = D' + P_{\text{вн}}$ и D' – расчетное водоизмещение, подсчитанное без учета $P_{\text{вн}}$. Решая уравнение (4.34) относительно $\tau_{\text{вн}}$ и пренеся во внимание, что $D'/P_{\text{вн}} \gg 1$, приходим к следующему расчетному выражению:

$$\tau_{\text{вн}} = \tau'_D + \frac{\Delta \tau_D}{P_{\text{вн}}} \quad (4.35)$$

Вытекающая из этой формулы величина $\tau_{\text{вн}}$ близка, обычно к высоте борта проектируемого судна, поэтому вытекает заключение, что затрачающееся на водонизмещение время не зависит от высоты палубы судна. Положение ЦТ зависит водоизмещениями по длине и ширине судна, совместно с ЦТ водоизмещениями погружки.

Общий формальный затрат времени водоизмещения является так называемый затрат на модернизацию, применяемый в случае, когда у проектировщика есть основания предполагать побороздование или перебороздование судна во время срока его эксплуатации.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой индекс и измеряется он?
2. Как можно определить зависимость, используемую для определения массы корпуса судна?
3. В чём заключаются достоинства и недостатки способа построения линии масс корпуса судна?
4. Как определяют сопротивление моря механизма и топлив на начальных этапах проектирования?
5. Для чего вводится в практику эпюны водоизмещения?
6. Как обесцениваются эпюныстойности проектируемого судна?

Глава 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЦЕНТРА ТЯЖести И УДИФФЕРЕНТОВКА ПРОЕКТИРУЕМОГО СУДНА

5.1. Определение положения ЦТ судна по высоте

На начальных этапах разработки проекта определят ЦТ судна выражают в единицах высоты борта H или приведений высоты борта судна H' :

$$z_g = \xi H; \quad (5.1)$$

$$z_g = \xi' H'. \quad (5.2)$$

Численные значения коэффициентов ξ и ξ' зависят от типа и размера судов и характера перевозимого груза. Так, например, для большинства

универсальных сухогрузных судов, перевозящих генеральный (т. е. разнотипный грузно-штучный) груз, значение ξ колеблется в пределах 0,72–0,63, зависящее с увеличением длины судов – соответственно от 3 до 16 тыс. т. При перевозке зернового груза значение ξ уменьшается на 0,01–0,02.

У танкеров традиционного типа, не имеющих двойного дна, исследование этой привычки и некоторого колебания жидкого груза в грузовых танках (см. гл. 7) ЦТ перевозимого груза оказывается ниже, чем у сухогрузных судов, что приводит к понижению и ЦТ всего судна в грузу – значение ξ составляет в среднем 0,52–0,53 в диапазоне $DH = 80 \div 150$ тыс. т., поднимаясь до $\xi = 0,56 \div 0,58$ у танкеров $DH = 15 \div 30$ тыс. т. Для танкеров с двойным дном характером более ясны (на 0,03–0,04) изменения относительных ординат ЦТ судна в грузу. Вообще же предпочтительно применять значение ξ по ближайшему спутнику-прототипу.

При установленномся архитектуре типа большинства современных судов степень различия ординат однотипных и близких по размерам судов оказывается практически одинаковой. По этой причине использование в расчетах τ_t приведенной высоты борта H' в зависимости (5.2) не производят, как правило, к заметному уточнению результатов.

Результаты расчетов будут более точными, если определять положение ЦТ не сразу всего судна в целом, а сначала отдельных его составляющих – корпуса, груза, механизма, судовых запасов и проч., колеблющихся статистически зависимыми, дающими по подразделению судна-прототипу, и зонам общего расположения проектируемого судна. В этом случае целесообразно разбить все составляющие нагрузки на две группы. К первой группе относят те работы, возложение ЦТ которых определяют по статистическим данным или по прототипу (что предпочтительнее). Это объем корпуса и механизмы. Ко второй группе – те работы, для определения ординат ЦТ которых используют зоны общего расположения проектируемого судна. К ним относят груз, топливо, ballast и складские помещения. В ряде случаев, когда еще нет теоретического чертежа проектируемого судна, возникают трудности с определением ординат ЦТ генерального груза $E_{\text{гр}}$, заменяющего поддаваемые грузовые пространства. Для определения $E_{\text{гр}}$ можно использовать следующие определенные данные: у сухогрузных судов длиной от 2 до 16 тыс. т при перевозке генерального груза $E_{\text{гр}} = 0,66 \div 0,62$, зернового – $E_{\text{гр}} = 0,62 \div 0,58$. В интервале – линейная интерполяция. У танкеров относительное возложение ЦТ перевозимого груза практически не зависит от размеров судна и колеблется для судов с двойным дном в пределах $E_{\text{гр}} = 0,56 \div 0,57$, понижаясь примерно на 0,05 у танкеров традиционного типа.

Следует также принять во внимание наметившуюся тенденцию к размещению запасов топлива у транспортных судов в днищевых камерах впереди дна.

5.2. Определение положения ЦТ судна по длине

Для определения абсолютной ординаты ЦТ проектируемого судна x_g определяют сначала абсолютную ЦТ всех разделов танкера – x_1 . При этом

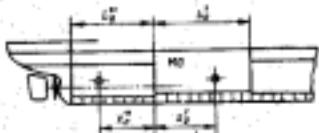


Рис. 5.1. К определению абсциссы ЦТ механизмов

используют следующие два подхода: определяют x_t , непосредственно по схеме общего расположения судна и путем переноса по прототипу.

Первый способ применен к таким разделам, как груз, топливо, балласт и снабжение. Правда, для определения абсциссы ЦТ груза нередко используют соотношения, полученные по судну-прототипу.

Абсцисса ЦТ корпуса выражена в долях длины корпуса судна: $x_k = x_k L$, приемлемое значение x_k по сумме креплению ближайшего архитектурного типа.

Несколько сложнее определение абсциссы ЦТ механизма, поскольку машинные отделения (МО) проектируемого судна и прототипа располагаются по длине судов не обязательно одинаково. Если совокупность масс, входящих в раздел, делят на две части: расположенных в пределах МО и вне него. Затем, пользуясь подобной нагрузкой судна с аналогичной энергетической установкой, определяют абсциссы ЦТ обеих частей — x'_k и x''_k , отвечающие им от кормовой переборки МО (рис. 5.1). Зная протяженность МО — L_M и расстояние между кормовой переборкой МО и переборкой ахтерстока L_A , переходит к относительным абсциссам $\bar{x}'_k = (x'_k/L)_0$ и $\bar{x}''_k = (x''_k/L)_0$, значения которых используют для вычисления x' и x'' проектируемого судна помимо $\bar{x}' = \bar{x}'_k$, $\bar{x}'' = \bar{x}''_k$ и снимая со схемы общего расположения L' и L'' .

5.3. Проектная удифферентовка судна

Проектной удифферентовкой называется операция, в процессе которой положение ЦТ проектируемого судна по его длине совмещается с оптимальным положением центра тяжести (ЦТ), выбранным из условия ходности.

Существуют три основных способа проектной удифферентовки судна, осуществляемых путем перемещения масс по длине судна; изменения длины судна; изменения архитектурного типа судна.

Первый способ относится, в первую очередь, к судовозным судам со средним положением машинного отделения МО. Задача формулируется следующим образом: известно расстояние между абсциссами ЦТ и ЦВ, равные Δx_k ; на какое расстояние Δ необходимо переместить по длине судна МО, чтобы максимизировать это расстояние?

Обозначим через $P'_{\text{мех}}$ и $P''_{\text{мех}}$ массы из разделов $P_{\text{мех}}$ и $P_{\text{тн}}$, расположенные в пределах МО, и через $P_{\text{нн}}$ — массу закрываемых МО настилов и рубок. При перемещении МО на 1 м в нос (в корму) потребуется

переместить часть груза $P'_{\text{тн}}$ из носовых отсеков в кормовые (или наоборот) на расстояние Δx_k , разное либо МО (рис. 5.2). В результате ЦТ судна сместится в нос (в корму) на величину $\Delta x'_k$:

$$\Delta x'_k = (P'_{\text{мех}} + P'_{\text{тн}} + P''_{\text{мех}} - l_{\text{нн}} P'_{\text{тн}})/D. \quad (5.3)$$

Поделив $\Delta x'_k$ на величину удаленного смещения ЦТ судна $\Delta x'_k$, получим значение ε :

$$\varepsilon = \Delta x'_k / \Delta x'_k. \quad (5.4)$$

Этот способ проектной удифферентовки прост и удобен, однако далеко не всегда применим. Кости же значение $\Delta x'_k$ близко к нулю (при $P'_{\text{мех}} + P'_{\text{тн}} + P''_{\text{мех}} \approx \Delta P'_{\text{тн}}/l_{\text{нн}}$) или у проектируемого судна с машиной в корме ЦТ оказывается расположенным в нос от ЦВ, необходимо использовать другие приемы удифферентовки.

Второй способ основан на удлинении проектируемого судна симметрично в нос и в корму на величину $\Delta L/2$ (рис. 5.3). При этом приближенно считают, что подвижное смещение остается неизменным (счет корректировки B , B' и T), т. е. $D = D_0$, и что соблюдаются следующие приближенные равенства: $x_{k'} \approx (x_k)_0$, $x_{e'} \approx (x_e)_0$, $x_{x,p'} \approx (x_{x,p})_0$, где x_i — соответствующие абсциссы ЦТ и ЦВ судна, а также ЦТ корпуса; индексом „0“ отмечены величины, относящиеся к судну до его удлинения. При смещении всех поперечных переборок, включаяльно первоначального груза, механизма, запасов топлива и снабжения в корму (или в нос) на величину $\Delta L/2$, ЦТ этого судна переместится в ту же сторону на величину Δx_k :

$$\Delta x_k = (1/D)(D - P_{\text{кп}})(\Delta L/2) = [1 - (P_{\text{кп}}/D)](\Delta L/2).$$

Или

$$\Delta x_k = (1 - p_k)(\Delta L/2), \quad (5.5)$$

где p_k — коэффициент массы $P_{\text{кп}}$.

Соотношение (5.5) позволяет найти приведенные длины проектируемого судна ΔL , необходимое для его удифферентовки.

Данный способ применим для удифферентовки всех судов с машиной в корме, для танкеров является практически единственным примененным. Необходимость удифферентовки обуславливается существованием в носовых оконечностях танкеров пусковых отсеков — так называемого судовозного трюма (рис. 5.4) (см. гл. 22). Подобный отсек характерен для сравнительно небольших и среднегрузовых наливных судов со сравнительно длинными машинными отделениями (более 0,15–0,16L), вызывающим смещение в нос грузовых отсеков, а следовательно и ЦТ первоначального груза, составляющего около 70% полного водоизмещения. В результате ЦТ судна сместится, как правило, в нос от оптимального положения ЦВ,

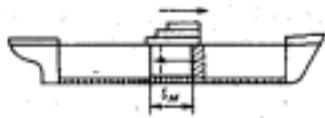


Рис. 5.2. Удифферентовка судна
заремонтным МО



Рис. 5.3. Удлинение судна
в целях удифферентации

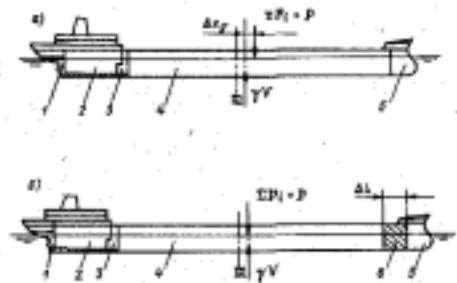


Рис. 5.4. Удифферентовка танкера путем удлинения корпуса: а – до удлинения корпуса; б – после удлинения корпуса.

1 – кильблоки; 2 – междековые отсеки; 3 – палубное ограждение;
4 – грузовые танки; 5 – форпик; 6 – кормогрузовой трап

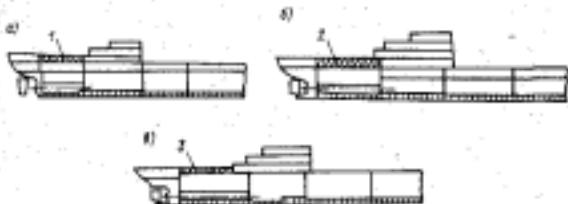


Рис. 5.5. Удифферентовка судна путем изменения его архитектурного типа: а – судно с докомнатными грузовыми танками; б – судно с приводимым грузовым трапом; в – судно с кипердриком

1 – докомнатный грузовой танк; 2 – приводимый грузовой трап;
3 – ненесимственный грузовой объем, образованный кипердриком

Нередко подобный способ удифферентации применяется и в отношении сухогрузных судов с машиной в корме. В качестве примера можно упомянуть ледокол, длину которого пришлось увеличить с целью удифферентации со 106 до 110 м.

Третий способ проектной удифферентации сводится к изменению архитектурно-комплексной схемы судна: увеличению емкости грузовых помещений в том скромности судна, то направление к которой необходимо переместить его ЦГ. На грузовых судах с МО в средней части корабля судна также необходимость возникает вследствие увеличения грузоподъемности кормовой грузовой трубы из-за туннеля гребного вала, а на судах с машиной в корме – по отмеченной выше причине. Увеличивают емкость кормовых грузовых помещений или созданием дополнительного грузового танка в надстройке, или подъемом грузового трапа выше верхней палубы, или путем перехода к кипердрическому типу судна, т. е., судну с приводимой на 0,6–1,2 м кормовой частью верхней палубы (рис. 5.5).

Подобная „модернизация“ проектируемого судна относительно недорога, но приводит к необходимости заново выполнять или существенно корректировать все основные расчеты (нагрузки, плавучести, остойчивости, вместимости, прочности), что практически означает разработку проекта заново.

Словобраным симбиозом второго и третьего способов проектной удифферентации является удифферентовка пассажирских судов путем помещения первоначально приставной каюты бorta, что позволяет выделить в носу пустой отsek (сухогрузной трап) и удифферентовать таким образом судно без увеличения его длины.

В любом случае процесс удифферентации проектируемого судна существенно облегчается при наличии эпюры емкости этого судна (см. гл. 7).

Контрольные вопросы

- На каких две группы разделяются статистические нагрузки при спроектировании корабля?
- Укажите область применения трех основных способов проектной унификации судов.
- С какой целью устраивают судогрузовой трамплин на танкерах?

Глава 6. УРАВНЕНИЯ МАСС И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

6.1. Исподные положения

Уравнение масс является аналитическим выражением равенства водоизмещения судна сумме всех материй находящих в его за-грузку:

$$D = \Sigma P_i + P, \quad (6.1)$$

где D — водоизмещение судна; P_i — массы, зависящие от элементов в характеристиках проектируемого судна (водоизмещения, главных размерений и их соотношений, коэффициентов теоретического чертежа, мощности главного двигателя и проч.), называемые переменными; P — массы, не зависящие от элементов и характеристики этого судна и рассматриваемые потому как постоянные для любого варианта проектируемого судна, соответствующего одному и тем же исходным данным, т. е. одному и тому же заданию.

К переменным массам относятся, в большинстве случаев, массы корпуса, механизмов, топлива, элементарного снабжения и балласта, т. е. $P_i = P_{\text{кор}} + P_{\text{мех}} + P_{\text{топ}} + P_{\text{эл}} + P_{\text{бал}}$. К условию постоянства — масса первоначального груза $P_{\text{тр}}$ и масса экипажа и пассажиров с багажом, записаны водой и провизией: $P = P_{\text{тр}} + P_{\text{зап}}$. Масса запись водоизмещения судна $P_{\text{зап}}$ по характеру является переменной, зависящей от водоизмещения, но непосредственно рассматривается как условие постоянства величины.

Используется уравнение масс, которое может быть записано в ряде модификаций, для определения водоизмещения или главных размерений проектируемого судна по технико-эксплуатационным данным задания.

Все модификации уравнения масс подразделяются на алгебраические и дифференциальные. Уравнение масс в алгебраической форме пригодны для определения искомых элементов судов как при наличии, так и при отсутствии базового прототипа. Использование уравнений масс в дифференциальной форме возможно только при наличии подобающего судни-

прототипа, в элементы которого входят исправления, отражающие различие технико-эксплуатационных характеристик прототипа и проектируемого судна — грузоподъемности, скорости, дальности плавания, автономности и т. д.

Отличительные особенности алгебраических и дифференциальных уравнений масс могут быть записаны следующим образом.

Алгебраические уравнения:

$$(D, L, B, T, \dots) = f(P_{\text{тр}}, v, r, t_{\text{зап}}, \dots). \quad (6.2)$$

Дифференциальные уравнения:

$$D = D_0 + dD; \quad L = L_0 + dL; \quad B = B_0 + dB, \dots \quad (6.3)$$

$$(dD, dL, dB, \dots) = f(dP_{\text{тр}}, dv, dr, dt_{\text{зап}}, \dots)$$

где D, L, B, \dots — искомые элементы проектируемого судна; инициалы «зап» отмечены аналогичные величины судна-прототипа; dD, dL, dB, \dots — приращения этих величин; $dP_{\text{тр}}, dv, dr, dt_{\text{зап}}, \dots$ — различия между технико-эксплуатационными характеристиками обоих судов.

Из сказанного следует, что уравнения масс, выраженные в алгебраической форме, присуща большая обобщенность и универсальность по сравнению с дифференциальными уравнениями масс.

6.2. Уравнения масс, выраженные в функции главных размерений

Если в общем уравнении масс (6.1) выразить все переменные массы в функции главных размерений и коэффициентов теоретического чертежа, то это уравнение приводится к виду:

$$\gamma BLT = \Sigma f_i(b, L, B, T, H) + \varphi(N) + P \quad (6.4)$$

В отдельный член $\varphi(N)$ в этом уравнении выделены массы, зависящие от мощности главного двигателя N и длительности его работы в течение рейса, т. е. $P_{\text{мех}} + P_{\text{зап}}$. Поскольку мощность главного двигателя зависит от сопротивления движению судна, а оно, в свою очередь, от параметров корпуса, становится очевидной однородность всех переменных масс в уравнении (6.4).

В рассматриваемом уравнении фигурируют несколько искомых величин — главные размерения L, B, T и коэффициент полноты γ , поэтому для их однозначного определения необходимо задаться дополнительными зависимостями, чтобы выразить все искомые величины через какую-либо одну величину. В качестве таких зависимостей используют соотношения главных размерений, принимаемые на основе статистики, или по конкретному

пройтишу, или ограничения главных размерений, налагаемые условиями постройки и эксплуатации судна, или, наконец, другие уравнения теории проектирования судов.

Чаще всего все неизвестные величины выражают через длину проектируемого судна, руководствуясь следующими обозначениями:

поскольку длина является наибольшим из всех главных размерений, остальные размерения получают делением L , что приводит к уменьшению погрешности результатов расчета^{*};

длине L необходимо для определения чисел Рейнольдса Re и Фруда Fr ($Re = uL/v$; $Fr = u/\sqrt{g}L$, где u — скорость судна, $m \cdot s^{-1}$; v — кинематический коэффициент вязкости жидкости, $m^2 \cdot s^{-1}$; g — ускорение свободного падения, $m \cdot s^{-2}$), фигурирующих в расчетах сопротивления воды движения судна, а следовательно, и мощности главного двигателя. В этом случае уравнение (6.4) записывается так:

$$Sf_1(L) + \varphi(N) + P = 0. \quad (6.5)$$

При решении этого уравнения возможны два пути определения числа $\varphi(N)$ — аналитически и с помощью графиков.

В первом случае используют приближенные формулы типа адмиралтейской: $N = D^{0.3}v^2/C_1$; $N = D^{0.4}v^3/C_2$ и др., где v — скорость судна, а C_1 — частотные коэффициенты. Тогда уравнение (6.5) приводится к виду:

$$Sf_1(L) + P = 0, \quad (6.6)$$

не выключающему штурвальный при спрятанном L .

Во втором случае расчет оказывается значительно более громоздким, но и более точным. Последовательность вычислений при этом обычно такова.

Прежде всего задаются рядом значений длины судна L , перекрывающих область ожидаемых значений этой величины. Затем, применительно к выбранным L , вычисляют Re и Fr , определяют все компоненты полного сопротивления движению судна P , используя при этом подразумеваемые графики результатов серийных испытаний моделью судна, переходят от сопротивления к мощности главного двигателя N , определяют $\varphi(N) = P_{\text{рак}} + P_{\text{тр}}$, а также остальные компоненты нагрузок проектируемого судна $f_1(L)$. Полученные результаты наносят на график, позволяющий найти корень уравнения (6.5) — рис. 6.1.

*Известно, что при умножении приближенного члена x на точный член можно ошибочно погрешность преобразования да окажется в k раз больше абсолютной погрешности приближенного сочинения Δx , т. е. при $x = k\Delta x$ да $= k\Delta$. Переход к главным размерениям и принятие, например, $k = 1.05$, можно написать: $L = k\Delta L$, откуда $\Delta L = k\Delta L$ и $P = kP/k = kP = \Delta L/k$. Если в первом случае абсолютная погрешность k раз возрастает, то во втором — в k раз уменьшается. Очевидно, что изменения соотношения пренебрежимы и другим главным размерениям.

Второй путь определения $\varphi(N)$ целесообразен при разработке нескольких вариантов проектируемого судна, отличающихся соотношениями главных размерений и значениями коэффициентов теоретического чертежа, в первую очередь S . В этом случае логичнее труда-мость расчетов определяется более высокой степенью достоверности результатов, отражающих влияние исследуемых параметров на покрытия и характеристики судна. Естественно, что для определения всех остальных составляющих нагрузки, т. е. величин $f_1(L)$, должны применяться расчетные зависимости, гармонизирующие показанную точкой полученных результатов.

Что же касается предварительных расчетов на первоначальных этапах определения основных элементов судна, то в этих случаях вполне допустимо пойти по более простому путю использования аналитических зависимостей для определения N и подсчета соответствующих масс, а остальные разделы нагрузки определить укрупнению, без их детальной разбивки на отдельные составляющие.

§ 6.3. Уравнение масс, выраженных в функции водонемощности

Вот все переменные массы P_i выражать в функции водонемощности, исходное уравнение масс (6.1) примет следующий вид:

$$D = Sf_1(D) + \varphi(N) + P. \quad (6.7)$$

Здесь, как и в предыдущем параграфе, $\varphi(N) = P_{\text{рак}} + P_{\text{тр}}$.

Решить это уравнение можно по-разному, в зависимости от способа определения N . Однако если в уравнении масс, выраженных в функции главных размерений, целиком оба выраженных выше члены, то в данном случае нет никаких оснований усомниться в решении уравнения ради уточненного определения N , поскольку точность и достоверность результатов, получаемых при использовании уравнения (6.7) будет, как правило, выше, чем при использовании уравнения (6.5). Объясняется это тем, что выражение переменных масс и, в первую очередь, массы корпуса судна в зависимости от главных размерений является более физичным, нежели в зависимости от водонемощности судна (см. гл. 4). Следовательно, мощность главного двигателя в (6.7) вполне допустимо определить по приближенным формулам. В результате уравнение (6.7) преобразуется в следующую

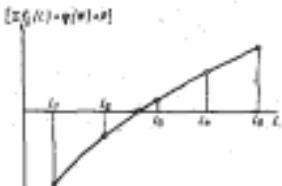


Рис. 6.1. Решение уравнения (6.5) графическим путем

простую зависимость:

$$\sum f_i(D) + P = 0. \quad (6.8)$$

Это либо более употребительное уравнение из используемых на начальных этапах расчетов. Несмотря на отмеченные недостатки при наличии дистортивных изменений масс, полученных по блоковому прототипу, решение уравнения (6.8) приходит к достаточно точным результатам.

5.6. Уравнения масс и формы коэффициентов утилизации водонизмещения

Употребительны два коэффициента утилизации водонизмещения – по чистой грузоподъемности φ_{tr} и по дедвейту φ_{DW} :

$$\varphi_{tr} = P_{tr}/D; \quad (6.9)$$

$$\varphi_{DW} = DW/D. \quad (6.10)$$

Очевидно, что эти коэффициенты характеризуют относительную долю P_{tr} и DW в общем балансе всех масс, составляющих водонизмещение судна.

Коэффициенты утилизации водонизмещения используются для оценки качества судна и для приблизительной оценки водонизмещения на ранних этапах определения основных элементов судна. Естественно, что чем выше значение φ , тем проще разных установок более совершенство судна.

Количественное значение φ_{tr} и φ_{DW} лежит обычно в следующих пределах: $\varphi_{tr} = 0,5 \pm 0,7$; $\varphi_{DW} = 0,6 \pm 0,8$, изменяясь в зависимости от типа размеров, скорости и дальности плавания судна.

При сопоставлении однотипных блоков по размерам судов с одинаковыми скоростями v и дальностями плавания τ можно использовать коэффициентом утилизации водонизмещения по чистой грузоподъемности, в противном случае, при различии v или τ – коэффициентом утилизации по дедвейту, так как сравнение коэффициентов утилизации водонизмещения по чистой грузоподъемности будет неподходящим.

Чтобы установить влияние перечисленных выше факторов на величину φ_{tr} и φ_{DW} , поступим следующим образом.

В соответствии с (3.1) и (3.2) у судна без постоянного балласта

$$DW = D - (P_{tr} + P_{max} + P_{t,s}),$$

откуда, исключая для выражения мощности формулу адмиралтейских коэффициентов $N = D^{2/3}v^3/C$, получим

$$\varphi_{DW} = 1 - \left(P_{tr} + P_{max} - \frac{v^3}{D^2 C} + P_{t,s} \right) \quad (6.11)$$

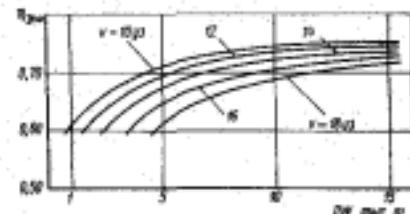


Рис. 6.2. Соотношения между коэффициентом утилизации водонизмещения по дедвейту судна φ_{DW} и коэффициентами универсальных сухогрузовых судов

Из этого выражения следует, что коэффициент φ_{DW} уменьшается при соответственном уменьшении относительной массы корпуса судна, удельной массы механизмов и измерительных запасов водонизмещения. Как отмечалось в главе 4, значения P_{tr} , P_{DW} и $P_{t,s}$ уменьшаются с увеличением размеров судна, поэтому крупным судам, как правило, присущи более высокие значения φ_{tr} , чем более мелким судам этого же значения, и с той же скоростью. Без дополнительных пояснений понятно, что коэффициенты утилизации водонизмещения по дедвейту у танкеров-сухогрузов оказываются выше, чем у быстроходных. Влияние на φ_{DW} отмеченных обстоятельств показано на рис. 6.2.

Очевидно также, что величина φ_{DW} , характерная для судов различных типов и назначений, зависит в первую очередь от относительных массы корпуса судна P_{tr} , а также от его удельной мощности (изнервооруженности) M/D и удельной массы механизмов $P_{t,s}$. Так, по этим причинам у рефрижераторных и пассажирских судов φ_{DW} значительно ниже, чем у универсальных сухогрузовых судов, а у танкеров-газовозов и танкеров, предназначенных для транспортировки южных химических грузов напрямом, – значительно ниже, чем у танкеров-анфтенов.

Все сказанное выше о коэффициенте утилизации водонизмещения по дедвейту полностью применимо и к коэффициенту утилизации водонизмещения по чистой грузоподъемности. Однако последний зависит еще от дальности плавания и удельного расхода топлива энергетической установки судна. При разных значениях φ_{tr} величина φ_{DW} оказывается более высокой у судна с меньшими запасами топлива, т. е. с меньшей дальностью плавания и более экономичной энергетической установкой.

Определение водонизмещения проектируемого судна с помощью коэффициентов утилизации φ_{tr} и φ_{DW} – способ наиболее простой и быстрый, но в то же время и наименее точный, причем вероятная погрешность результата будет тем больше, чем выше значение коэффициента утилизации, что видно из следующего примера.

Приложимо, что необходимо определить водонемощеніе двух путей A и B по заданной трубоизменности P_{Tg}^A и P_{Tg}^B . Если принять характеристики для судов этих путей значения коэффициентов упругости водонемощенія $\varphi_{Tg} = 0,65$ и $\varphi_{Tg} = 0,30$, то значение водонемощенія этих путей $D^A = 1,67 P_{Tg}^A$ и $D^B = 5,0 P_{Tg}^B$. Предложимо, что возможные значения коэффициентов упругости отличаются в обоих случаях на величину $\Delta\varphi = 0,05$ и $\varphi_{Tg}^A = 0,65 \pm \varphi_{Tg}^B = 0,25$. Тогда возможные значения водонемощеній окажутся различными: $D^A = 1,54 P_{Tg}^A$ и $D^B = 4,0 P_{Tg}^B$, что соответствует таким неточностям в определении D : $\Delta D^A = 9\%$ и $\Delta D^B = 13\%$.

Во избежание грубых ошибок в расчетах не рекомендуется использовать этот способ определения водонемощенія проектируемого судна применительно к судам с очень низкими значениями φ_{Tg} и φ_{Tm} — пассажирским, промысловым, буксирным и ряду других.

3.6.5. Дифференциальные уравнения масс Нормана и Бубнова

Из дифференциальных уравнений масс наилучшее применение получили уравнения Нормана и Бубнова.

С помощью дифференциального уравнения масс Нормана можно определить приращение водонемощенія судна-прототипа, вызванное изменением тепло-эксплуатационных показателей этого судна, измеряя массы переменных масс и абсолютных значений условно постоянных масс, входящих в загрузку.

Применимъо к грузовому судну это уравнение можно записать следующим образом:

$$\Delta D = f(\Delta P_{Tg}, \Delta v, \Delta r, \dots, \Delta p_k, \Delta p_m, \dots), \quad (6.12)$$

где $\Delta D = D_1 - D$; $\Delta P_{Tg} = (P_{Tg})_1 - P_{Tg}$; $\Delta v = v_1 - v$; $\Delta r = r_1 - r$; $\Delta p_k = (p_k)_1 - p_k$; $\Delta p_m = (p_m)_1 - p_m$. Использовано обозначение "допущена" отмечены величины, относящиеся к проектируемому судну, без этого слова — к судну-прототипу. Следовательно, это дифференциальное уравнение масс позволяет найти водонемощеніе проектируемого судна, отличающегося от судна-прототипа грузоподъемностью, скоростью, дальностью плавания ..., измерительными массами корпуса и механизмов (что может быть важно, например, переходом из одной категории плавовых подкреплений корпуса судна, к другой энергетической установки) и другими характеристиками.

Уравнение масс Нормана получают дифференцированием исходного алгебраического уравнения масс, написанного применительно к нагрузке

судна-прототипа, в котором все переменные массы выражены в функции водонемощенія:

$$P = D - F(D, a, b, c, \dots), \quad (6.13)$$

где P — условно постоянные массы, не зависящие от водонемощенія судна; D — водонемощеніе судна-прототипа; $F = \Sigma F_i$ — сумма всех дифференциальных масс, зависящих от водонемощенія судна D , его тепло-эксплуатационных характеристик и измерительных a, b, c, \dots

В результате дифференцирования получаем

$$dP = dD - \frac{\partial F}{\partial D} dD = \frac{dF}{da} da + \frac{dF}{db} db + \frac{dF}{dc} dc \dots$$

или в более компактном виде

$$dP = dD - \frac{\partial F}{\partial D} dD = [dF]_0, \quad (6.14)$$

где $[dF]_0$ — полный дифференциал функции F (т. е. всех переменных масс) по всем независимым переменным a, b, c, \dots кроме водонемощенія.

Из (6.14) следует, что исходное приращение водонемощенія определяет следующим образом:

$$dD = \frac{dP + [dF]_0}{1 - (\partial F / \partial D)}. \quad (6.15)$$

Если ввести обозначение

$$\eta_D = \frac{1}{1 - (\partial F / \partial D)}, \quad (6.16)$$

известное коэффициентом Нормана, выражение (6.15) записится так:

$$dD = \eta_D \{ dP + [dF]_0 \}. \quad (6.17)$$

Это выражение и представляет собой дифференциальное уравнение масс Нормана.

Каждое изложение в уравнении (6.17) имеет четкий физический смысл: dD — исходное приращение водонемощенія судна-прототипа, обусловленное изменениями P и a, b, c, \dots , т. е. величинами dP, da, db, dc, \dots

которые являются заданными; dP — приращение условно постоянных масс, не зависящих от водоизмещения, в первую очередь, грузоцеменности судна-прототипа; $[dP]_0$ — приращение всех переменных масс, обусловленное изменениями скорости, плавности плавания, измерительной массы, пропульсивных и других характеристиках судна-прототипа.

Поскольку приращение P и $F = \Sigma P_i$, обусловленные требованием задания на проектирование нового судна, отличного от судна-прототипа по грузоцеменности, скорости и другим характеристикам, называются соответствующее приращение водоизмещения (постоянными или относительными), это, в свою очередь служит причиной повторного увеличения этих же масс. Так, например увеличение скорости v на величину dv приводит к возрастанию мощности главного двигателя N_e , следовательно и масс механизма и топлива $P_{\text{мех}}$ и $P_{\text{тл}}$. Вырастет при этом и водоизмещение судна, что позволяет рост сопротивления воды его движению. Так как заданная скорость должна быть выдержана, то потребуется еще увеличить N_e и следовательно и массы $P_{\text{мех}}$ и $P_{\text{тл}}$. Одновременно увеличатся и другие переменные массы, зависящие от водоизмещения, в первую очередь, масса корпуса судна. Вот это вторичное влияние приращения масс, входящих в нагрузку судна-прототипа (как переменных, так и условно-постоянных), на все остальные переменные массы через приращение водоизмещения и учитывается введением в уравнение (6.17) коэффициента Нормана.

Как следует из структуры выражения (6.16), коэффициент Нормана всегда больше единицы, причем, величина этого коэффициента будет тем больше, чем выше для переменных масс в нагрузке судна, т. е. у судов с относительно тяжелыми корпусами, у балансированных судов с массивными энергетическими установками и у судов с большой дальностью плавания.

При практическом новодизайновании уравнения (6.17) дифференциалы dv заменяются на конечные приращения Δv . Возникновение вследствие этого явления неопределенность расчетов считается приемлемой, если приращение скорости не превышают 4–5%, а водоизмещения 20%.

У однотипных судов значения η_0 колеблются в сравнительно узких пределах. Танкеры и суда для перевозки массовых грузов имеют $\eta_0 = 1,2+1,7$; универсальные сухогрузные суда — 1,5+1,8; пассажирские суда — 1,8+2,2. У военных кораблей η_0 обычно более 3,0. Как показал В. В. Аники [4], в первом приближении (с ошибкой с большой стороной) можно принять $\eta_0 = 1/\eta_{\text{тр}}$.

Основным общим следствием применяемых уравнений и коэффициента Нормана является положение, согласно которому приращение водоизмещения всегда превышает приращение масс, входящих в нагрузку судна.

Чтобы решить уравнение (6.17) и найти dD , а затем и $D_1 = D + dD$, необходимо предварительно получить расчетные выражения для η_0 и $[dP]_0$, и выполнить их значения, что не вызывает, обычно, никаких-либо трудностей и не требует значительной затраты труда.

Выход расчетных выражений может быть показан на следующем примере. Записывается исходное выражение функции F

$$F = \Sigma P_i = P_{\text{ср}} + P_{\text{об}} + P_{\text{мл}} + \dots = p_{\text{ср}}D + p_{\text{об}}D^{2/3} + p_{\text{мл}} \frac{D^{2/3}v^3}{c} + \dots,$$

из которого берется частная производная по D :

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial D} &= \Sigma \frac{\partial P_i}{\partial D} = \frac{\partial (p_{\text{ср}}D)}{\partial D} + \frac{\partial (p_{\text{об}}D^{2/3})}{\partial D} + \frac{\partial (p_{\text{мл}} \frac{D^{2/3}v^3}{c})}{\partial D} + \dots = \\ &= p_{\text{ср}} + \frac{2}{3} \frac{p_{\text{об}}}{D^{1/3}} + \frac{2}{3} \frac{p_{\text{мл}}}{D^{1/3}} + \dots \end{aligned}$$

и результаты дифференцирования правятся в удобную для расчетов форму:

$$\frac{\partial F}{\partial D} = \frac{p_{\text{ср}}}{D} + \frac{2}{3} \frac{p_{\text{об}}}{D} + \frac{2}{3} \frac{p_{\text{мл}}}{D} + \dots$$

По полученному значению $\partial F / \partial D$ подсчитывают коэффициент Нормана η_0 .

Далее, исходя из того, что $[dP]_0 = \Sigma [dP_i]_0$, выводят расчетные формулы для всех $[dP_i]_0$ и затем подсчитывают их значения. В данном случае:

$$\begin{aligned} [dP_{\text{ср}}]_0 &= d(p_{\text{ср}}D)_0 = -\frac{\partial P_{\text{ср}}}{\partial p_{\text{ср}}} dp_{\text{ср}} = Ddp_{\text{ср}} = P_{\text{ср}} \frac{dp_{\text{ср}}}{p_{\text{ср}}} ; \\ [dP_{\text{об}}]_0 &= d(p_{\text{об}}D^{2/3})_0 = \frac{\partial P_{\text{об}}}{\partial p_{\text{об}}} dp_{\text{об}} = D^{2/3} dp_{\text{об}} = P_{\text{об}} \frac{dp_{\text{об}}}{p_{\text{об}}} ; \\ [dP_{\text{мл}}]_0 &= d\left[p_{\text{мл}} \frac{D^{2/3}v^3}{c}\right]_0 = \frac{\partial P_{\text{мл}}}{\partial p_{\text{мл}}} dp_{\text{мл}} + \frac{\partial P_{\text{мл}}}{\partial v} dv + \frac{\partial P_{\text{мл}}}{\partial c} dc = \\ &= \frac{D^{2/3}v^3}{c} dp_{\text{мл}} + 3p_{\text{мл}} \frac{D^{2/3}v^2}{c} dv - p_{\text{мл}} \frac{D^{2/3}v^3}{c^2} dc = \\ &= P_{\text{мл}} \frac{dp_{\text{мл}}}{p_{\text{мл}}} + 3p_{\text{мл}} \frac{dv}{v} - P_{\text{мл}} \frac{dc}{c} = \\ &= P_{\text{мл}} \left(\frac{dp_{\text{мл}}}{p_{\text{мл}}} + 3 \frac{dv}{v} - \frac{dc}{c} \right). \end{aligned}$$

При расчете $[dP]_0$ бесконечно малые приращения $dp_{\text{ср}}$, $dp_{\text{об}}$, dv и пр. приводятся к конечным приращениям $\Delta p_{\text{ср}}$, $\Delta p_{\text{об}}$, Δv и пр.

Уравнение Нормана может использоваться не только в полном виде (6.17), но и в упрощенном:

$$\text{при } dP \neq 0 \text{ и } [dF]_0 = 0, dD = n_d dP; \quad (6.18)$$

$$\text{при } dP = 0 \text{ и } [dF]_0 \neq 0, dD = n_a [dF]_0. \quad (6.19)$$

Первое лоббирование этого уравнения соответствует случаю изменения грузоподъемности (или массы какого-либо специального оборудования) судна-прототипа при неизменных значениях всех остальных характеристик и показателей. Но даже и в этом простейшем случае приведение водонизмещения к некоторому разу приводит к приведению водонизмещения, как это следует из (6.18).

Второе лоббирование применимо к тем случаям, когда грузоподъемность остается неизменной, но меняются скорость, дальность плавания, аэродинамические характеристики (что отражается в изменении N) или изменяется масса судна, принятого за прототип.

Приведимо при этом либо не меняться во времени с предыдущим случаем. Если, допустим, масса платы в кильватерной коробке судна потребуется увеличить на 5% и несущее водоизмещение судна в заданных условиях (мы имеем в виду, что $dP_{ct} = 0.05 dP_{pr}$, $dP_{ct}/dP_{pr} = 0.05$ и $[dF]_0 = 0.05 F_{ct}$), то приведение водонизмещения окажется в 10-тикратную раза больше этой величины, что необходимо для поддержания на прежнем уровне относительные гидравлические характеристики судна. При этом пренебрегая дальнейшим увеличением абсолютной массы судна, как отсутствие увеличения D .

Дифференциальное уравнение масс Бубнова (или Бубнова–Балашова, как его иногда называют, отдавая должное заслугам А. И. Балашова в практической реализации идеи И. Г. Бубнова) получает дифференцированием исходного алгебраического уравнения масс судна-прототипа, в котором все массы выражены в функции основных элементов судна, т. е. главных размерений и коэффициентов теоретического чертежа. Чаще всего из коэффициентов используют только коэффициент общей подводности B :

$$P = D - F(\delta, L, B, T, H). \quad (6.20)$$

Дифференцирование этого уравнения приводит к следующему соотношению:

$$dP = dD - dF, \quad (6.21)$$

где dP – приведение масс, не зависящих от основных элементов судна; dD и dF – полные дифференции водонизмещения D и суммы всех переменных масс F судна-прототипа по всем независимым переменным, в качестве которых выступают основные элементы судна.

Следовательно:

$$dD(\delta, L, B, T) = \frac{\partial D}{\partial \delta} d\delta + \frac{\partial D}{\partial L} dL + \frac{\partial D}{\partial B} dB + \frac{\partial D}{\partial T} dT =$$

$$= \frac{D}{\delta} d\delta + \frac{D}{L} dL + \frac{D}{B} dB + \frac{D}{T} dT;$$

$$dF(\delta, L, B, H) = \frac{\partial F}{\partial \delta} d\delta + \frac{\partial F}{\partial L} dL + \frac{\partial F}{\partial B} dB + \frac{\partial F}{\partial T} dT + \frac{\partial F}{\partial H} dH.$$

В результате уравнение (6.21) принимает вид:

$$\begin{aligned} dP = & \left(\frac{D}{\delta} - \frac{\partial F}{\partial \delta} \right) d\delta + \left(\frac{D}{L} - \frac{\partial F}{\partial L} \right) dL + \left(\frac{D}{B} - \frac{\partial F}{\partial B} \right) dB + \\ & + \left(\frac{D}{T} - \frac{\partial F}{\partial T} \right) dT - \frac{\partial F}{\partial H} dH. \end{aligned} \quad (6.22)$$

Заданность (6.22) носит название дифференциального уравнения масс Бубнова и используется для определения приведений основных элементов судна-прототипа $d\delta$, dL , dB , dT и dH , вызванных приведением условно постоянных масс (приведение грузоподъемности судна) dP . Задав dP и получив значения всех приведений $d\cdot$, находят основные элементы проектируемого судна:

$$\delta_1 = \delta + d\delta, \quad T_1 = T + dT,$$

$$L_1 = L + dL, \quad H_1 = H + dH,$$

$$B_1 = B + dB,$$

От дифференциального уравнения масс Нормана уравнение Бубнова отличается следующими основными особенностями.

а) Вместо одной известной величины dD в уравнении Бубнова фигурируют несколько известных, следовательно, для решения уравнения (6.22) необходимы дополнительные зависимости, связывающие известные величины. Чаще всего используют равенство коэффициентов общей подводности и соотношения главных размерений проектируемого судна к судну-прототипу:

$$\delta_1 = \delta,$$

$$(L + dL)/(B + dB) = L/B, \quad (B + dB)/(T + dT) = B/T; \text{ и т.д.}$$

б) в исходном алгебраическом уравнении масс (6.20) не фигурируют измерители масс, технико-эксплуатационные характеристики и прочие показатели судна. Ист их, остатково, и в дифференциальном уравнении (6.22), поэтому для учета изменения, которое оказывает изменение этих величин на приведение основных элементов судна-прототипа, прибегают к решению уравнения Бубнова в два этапа. На первом этапе вносят изменения в нагрузку судна-прототипа применительно к проектному заливанию и определяют величину dP , фигурирующую в уравнении (6.22). На втором этапе решают систему уравнений, включающую в уравнение Бубнова, и находят все неизвестные величины.

Исправление нагрузки производится таким образом, чтобы у судна-прототипа оказалось выполненным все требования задания в отношении скорости, дальности плавания, категорий погодных подкреплений и т. д. три характеристики водонепроницаемости, главных размерений и коэффициента общей поплавки. Чтобы не нарушить баланс между суммой всех масс и водонепроницаемым судном, избыток или недостаток масс, образовавшийся вследствие изменения нагрузки судна-прототипа, компенсируют за счет масс, не связанных с элементами судна. У транспортных судов для этой цели используют массу перевозимого груза.

Если обозначить массы измененного (исходного) судна-прототипа через P и P_1 , измененного судна-прототипа с откорректированной нагрузкой через P' и P'_1 , и требуемое значение условно постоянных масс через P_1 , то будут справедливы следующие соотношения:

$$\begin{aligned} D &= P + \Sigma P_1 = P' + \Sigma P'_1; \\ P' &= D - \Sigma P'_1; \\ dP &= P_1 - P'_1. \end{aligned} \quad (6.23)$$

Значение dP , полученное по выражению (6.23), и используется в уравнении (6.22), в котором суммы переменных масс F будут уже не $F = \Sigma P_1$, а $F = \Sigma P'_1$.

В заключение следует отметить, что дифференциальное уравнение масс Нормана очень широко используется в практике определения основных элементов проектируемых судов. В то же время уравнение Бубнова, виду его громоздкости, находит применение лишь в немногих специфических случаях.

Контрольные вопросы

1. В чем различие использования уравнений масс в алгебраической и дифференциальной формах?
2. Какие сравнивается точность результатов, получаемых при использовании различных уравнений масс в алгебраической форме?
3. Почему приведенное видоизменение конгдя превышает приведенное грузоподъемности судна?
4. Каков физический смысл математических символов dP , dP' и (dP'_1) в дифференциальном уравнении масс Нормана?
5. В чем отличие дифференциальных уравнений масс Бубнова и Нормана?

Глава 7.

СВЯЗЬ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ И ГРУЗОВОМЕСТИМОСТЬЮ СУДНА. РЕГИСТРОВАЯ ВМЕСТИМОСТЬ

§ 7.1. Общие сведения о грузовместимости

Вместимость является важной характеристикой любого судна или корабля. При определении основных элементов проектируемых судов параллель с базовым mass, что отражается рассмотренными ранее уравнениями, необходимо добавлять к базисному объему, т. е. такого объема, при котором суммарный объем основного корпуса, надстроек и рубок был бы равен требуемому объему. Под требуемым подразумевается объем, необходимый и достаточный для размещения всех грузов, обеспечивающих нормальную эксплуатацию судна (корабля) в соответствии с его назначением (см. гл. 17).

Применительно к морским транспортным судам имеются, в первую очередь, объем помещений, необходимых для выполнения основных, т. е. транспортных функций этих судов. При этом различают следующие два вида вместимости: пассажироместимость и грузовместимость.

Под пассажироместимостью подразумевается количество пассажиров, перевозимых на судне, что определяется количеством пассажирских мест (каковых, сидячих, напольных). Очевидно, что этот вид вместимости существует для пассажирских, а также грузопассажирских судов.

Для морских грузовых судов различного назначения наиболее важную роль играет грузовместимость (или полная вместимость), представляющая собой суммарный объем всех помещений судна, предназначенных для перевозки грузов. Вопросам взаимоотношений объема грузовых помещений и элементов судов и постройки, в основном, эта глава.

Обычным видом вместимости является так называемая реадстройская вместимость, рассмотренная в § 7.3.

Переход к грузовместимости, следует прежде всего отметить, что в соответствии с различным характером грузов и условиями их размещения различают грузовместимость по штучному и по сыпучему грузу. Основой для определения как той, так и другой грузовместимости судна является теоретический объем грузовых помещений (теоретическая грузовместимость).

Теоретическая грузовместимость W_t представляет собой объем грузовых помещений судна, ограниченный внутренними поверхностью палубы, борта (наружного или внутреннего) и двойного дна (рис. 7.1. a).

Грузовместимость по сыпучему грузу (или грузовместимость по зерну) W_s равна теоретической грузовместимости за вычетом объема набора и различных конструкций, расположенных в пределах грузовых помещений (к таким конструкциям относятся пиллерсы, полупереборки, трапы, мачты, вентиляционные и иные трубы и их ограждения, местные подкрепления и проч.). Исключают из теоретического объема также



Рис. 7.1. К определению грузоподъемности судов: а – трансверсальной; б – изнутри грузу; в – извне грузу

шторы, складные шахты и прочие загородки, расположенные в пределах грузовых помещений (пузнец гребного вала с решетками в теоретической объеме не засчитываются). В трюмах, кроме того, вычитают объемы паков, их зашивки и деревянного настила двойного дна (плата) – рис. 7.1, б.

Таким образом,

$$W_t = W_g - \Delta W, \quad (7.1)$$

где ΔW – вычет, составляющий для танкцехов (2,0–3,5)% W_t , и для трюмов (3,0–5,5)% W_t . Большие значения вычёта соответствуют меньшим по абсолютным размерам и более затриможенным грузовым помещениям. Если крайний междуудонный лист горизонтален, отнимают вычет из теоретической кубатуры трюмов из объемов паков, равный (1,5–2,5)% W_t .

В среднем, для универсальных сухогрузных судов можно принять

$$\Delta W = (2+3)\% W_t,$$

согласно крайней междуудонный лист горизонтальным.

При перевозке легчайших грузов оставается незаделанными простиранья между шпангоутами, бимсами и стойками переборок, поэтому вместимость по изнутри грузу меньше вместимости по самому грузу. Для определения грузоподъемности по изнутри грузу (изываемому также генеральным, т. е. симметричным, или южным грузом) $W_{\text{нег}}$ трюмы и танкцы измеряют по вычету от настичи пакеты или двойного дна до нижних кромок бимсов, во ширине – между внутренними кромками переборок, по длине – между внутренними кромками стояк поперечных переборок. Из полученного объема вычитают пустые простиранья,

*Рифбексы – симметричные перегородки брусков, установленные в грузовых помещениях по бортам, днищу судна, предназначенные для предотвращения контакта и взаимопроникновения грузов (бочек, ящиков, ящ., тюков и пр.) и бортового избыта. Толщина рифбексов не менее 30 мм, расстояние между ними около 300 мм. Края рифбексов к изнутри грузу.

поддональные щиты, а также объем различных конструкций, расположенных внутри помещений (рис. 7.1, в).

На начальных этапах разработки проектов $W_{\text{нег}}$ определяют путем вычитки вычёта ΔW :

$$W_{\text{нег}} = W_g - \Delta W. \quad (7.2)$$

Средние значения ΔW для универсальных сухогрузных судов составляют (9–10)% W_t .

При определении грузоподъемности судовых рефрижераторных помещений необходимо учитывать объем, занимаемый крепящий и ее запирающие, трубопроводный, воздушными каналами и пр. Соответственно этому общий вычет производят по внутренним поверхностям креплек и наружным краям отражений измерников. Средние значения вычёта из теоретического объема рефрижераторных помещений колеблются в пределах от 25 до 35% и зависят от размеров помещений, конструкции и типа их изоляции в системе охлаждения помещений.

Определение полной грузоподъемности грузовых пакетов судов, перевозящих жидкые грузы, пакеты, фанеры и цистерны, предназначенных для судовых запасов или балласта, также содержит с вычиткой вычёта ΔW из теоретического объема этих единиц. При этом учитывают теплопроводность забора, наличие неудобных отверстий (так называемых „мертвых грузов“) и необходимость обеспечения незаделанного объема на расширение жидкостей при повышении температуры (так называемый „мерзр“).

Значение вычёта ΔW в пропорционально теоретическому объему, колеблюется обычно в следующих пределах:

цистерны и цистерны судовых запасов:

толстые и массивные.....	$\Delta W^* = 6-9\%$
водяные.....	$\Delta W^* = 3-6\%$
грузовые танки.....	$\Delta W^* = 5-6\%$

Значительно меньшие значения ΔW водяных цистерн обусловлены отсутствием вычета из недотока, составляющего около 3%, а при расчете полной вместимости грузовых пакетов измеряют объем судов из-за их значительно больших размеров – сравнительно с единицами для судовых запасов и отсутствием вычета из мертвого груза.

Для наиболее полного и наглядного представления о величине (кубатуре) и распределении по судну всех компонентов его вместимости, представляющей интерес для проекта (в первую очередь грузовых помещений, ёмкостей для жидких судовых запасов, бытовых цистерн), строят энзоры ёмкостей проектируемого судна. По оси абсцисс откладывают длину судна, по оси ординат – площади поперечных сечений корпуса в данной точке по его длине, измеренные от основной плоскости по уровням пакетов двойного дна, верхней или какой-либо иной надобуки или платформы (рис. 7.2). Площадь, занимаемая любым помещением на заданной ёмкости, дает в масштабе объем этого помещения.

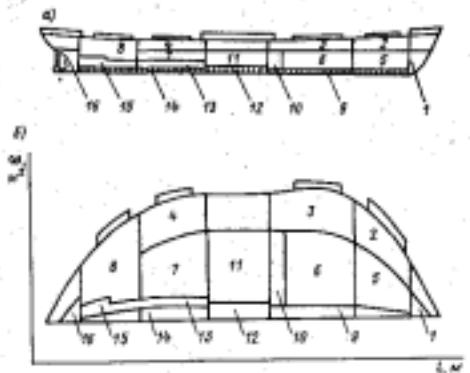


Рис. 3.3. К построению энверы емкости судового судна: а – схематический продольный разрез судна; б – энвера емкости 1 – фарват; 2–4 – танкинги; 5–8 – трюмы; 9 – плавбене для в кормовой части судна; 10 – дистанции; 11 – машинное отделение; 12 – двойное дно в пределах машинного отделения; 13 – туннель гребного вала; 14 – трюмное дно в кормовой части судна; 15 – румпель тумблера гребного вала; 16 – китерник.

Поскольку энвера емкости показывает распределение кубатуры отдельных помещений по длине судна, при ее построении обычно исходит из спрятанной по шпангоутам, увеличенной единицами последней путем приведения площадей поперечных сечений корпуса судна, заключенных между плоскостями конструктивной матрицы и верхней палубой. Рассчеты производят по теоретическому чертежу или краевым площадям шпангоутов. Полученная таким образом кривая, соединяющая единицы всех поперечных сечений, ограничивает из энверы площадь, соответствующую теоретической кубатуре корпуса судна до верхней палубы. Для двух- и трехпалубных судов аналогичным способом строятся кривые, ограничивающие объемы, лежащие ниже этих палуб.

Из соответствующих точек базовой линии энверы емкости проводят вертикальные прямые, обозначающие поперечные переборки. Далее переходит к построению кривой, ограничивающей объемы двойного дна. Построение ее начинают с наименования единиц, соответствующих площадям поперечных сечений междуупорного пространства, на теоретических шпангоутах и переборках, ограничивающих протяженность двойного дна или разграничивающих его участки с различной высотой. Если помимо поперечных переборок двойное дно делится еще и флангами на отдельные

части, то это также отражается на энвере. Наносят границы коффердамов, вспомогательных цистерн, выгородок и т. п. Наличие в одном отсеке звукопоглощающих цистерн, разделенных вертикальным щитом или стяжками, обуславливает появление на энвере соответствующих горизонтальных кривых в пределах междуупорного пространства. Следует отметить, что деление грузовых отсеков звукопоглощающими переборками не исключает танков по ширине точно так же как не отражается горизонтальный краивал, но уже в пределах грузового пространства. При построении энверы емкости круглых судов, имеющих развитую систему междуупорных отсеков, единицы двойного дна откладываются обычные единицы из базовой линии и в более крупном масштабе, чем для грузовых или иных помещений.

Помимо положения грузовых помещений и отсеков двойного дна на энвере отражают положение и объем всех прочих кистерн и цистерн, бункеров, грузовых линок, МО, туннеля гребного вала, рабочих клаудов, мастерских и тому подобных помещений под верхней палубой, а также надстроек и рубок, если они предназначены для грузов или хлопьев.

На базовой линии энверы емкости простираются практические таблицы.

Энверы емкости крупных судов с большим количеством помещений, имеющих зачастую весьма сложную конфигурацию, дополняются схематическим продольным разрезом, линиями палуб и поперечными сечениями. Все помещения нумеруют, причем каждый номер пространством тесним: на схеме общего расположения, на энвере емкости и в соответствующей таблице, где указывают положение, объем в координатах ЦТ данного помещения, а в ряде случаев и массу груза, гонитона или балласта, привязанных к этому судовому помещению. Для удобства пользования составляют отдельные таблицы для грузовых помещений и цистерн (табл. 7.1 и 7.2). Все прочие помещения, расположенные ниже верхней палубы, такие как МО, складовые, яхты, помещения рулевой машины, хотя их границы показываются на схеме общего расположения и на энвере емкости, не суммируются и в таблице не фигурируют.

Необходимо отметить, что некоторые конструкторские бюро указывают в таблицах грузовых помещений для тарно-штучных грузов объемы "брутто" и "нетто", причем первый термин означает не теоретическую кубатуру помещений, а кубатуру, вычитенную по внутренним кромкам рыбаков, бимсов и деревянного настила, с исключением объемов ящиков и штук. Для перехода к объему "нетто" вычитываются объемы различных конструкций, выгородок, щитов и т. п., расположенных в пределах данного тарного помещения. Подобную практику нельзя принять принятой по следующим соображениям. Во-первых остается невывестой суммарная величина вычита, так как теоретические объемы помещений не указываются. Во-вторых, возникает лишний газовод к пустынке и недоразумениям, поскольку для зерновых грузов имеет лишь объем "нетто", а для цистерн – только "брутто", соответствующий в данном случае теоретическому

Таблица 7.1 Грузовые помещения

Нр яч	Нр поме- щений	Грузоподъем- ность тонн, НВД	Ряды размеще- ния МП	Объем, м ³		Координаты ЦТ, м			
				Теоретич. объем,	На- именование капа-	Ко- ординаты	х	у	z
1	1 тр.	Трюм № 1	16-41	528	518	413	62,7	0	9,1
2	2 тр.	Трюм № 2	41-64	737	710	445	45,6	0	4,3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	3 трин.	Танк-трин. (нефть)	64-86	1375	1350	1149	29,2	0	8,9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	2 тр.	Помещение для разных грузов № 2	51-64	106	-	83	42,9	-9,3	12,7
-	-	-	ЛВ	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 7.2 Центры

Нр яч	Нр яч	Центры	Ряды размеще- ния НВД	Тео- ретич. объем, м ³ / т ³	Пе- ремес- ко- вый ко- эф.	Об- ъем капа- ции, м ³	Выме- ри- тель- ность, т	Координаты ЦТ, м		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	11	Листики (бумага)	16-41	538	0,98	527	340	62,3	0	4,4
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	35	Бортовая це- нтрализованная головка	128-150 ЛВ	250	0,98	245	287	-32,9	-9,8	4,8
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	47	Центры изолированных воздух	181-192 ЛВ	69,1	0,97	60,3	60,3	-42,3	4,1	9,8
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

объему. Вследствие этих причин целесообразно придерживаться терминологии, изложенной в данном параграфе, как более точной.

Одной из важных характеристик любого сухогрузного судна является его удельная грузоподъемность μ_{tr} , в м³/т, представляющая собой отношение суммарной грузоподъемности W_{tr} к грузонесущему сужу P_{tr} :

$$\mu_{tr} = W_{tr}/P_{tr}. \quad (7.3)$$

Количественное значение этой величины показывает, какой объем грузовых помещений судна может быть предоставлен для размещения каждой тонны перевозимого груза. В соответствии с различными значениями μ_{tr} различают удельную грузоподъемность проектируемого судна по сырью и по штучному грузу.

Удельная грузоподъемность судна должна соответствовать удельной погружной кубатуре груза μ_{pg} , показывающей, какой объем грузового помещения в м³ необходим для размещения 1 т груза.

Значения μ_{pg} колеблются в очень широких пределах: от 0,17 м³/т для руды в баллонах до 35 м³/т для бамбуковых изделий в китах. Правда, для большинства характерных генеральных грузов, перевозимых на морских судах, комбинация μ_{tr} значительно меньше, чем свидетельствует следующие цифры:

Груз	Тара	μ_{pg} , м ³ /т
Алюминий	ящики	2,43-2,60
Бумага	рулоны	ок. 2,49
Карбон	ящики	1,90-1,95
Медь	шайки	0,28-0,34
Мука	ящики	1,28-1,32
Пузыри	ящики	5,28-6,10
Хлопок	ящики	1,90-2,00
Шампунь	бочки	1,38-1,45
Шёлковица	ящики	2,33-2,65

Поскольку на судах обычно перевозят набор различных грузов одновременно, можно говорить о средней погружной кубатуре всех грузов на судне. Это средневзвешенное значение μ_{tr} указывается в таблицах на разработку проекта нового судна. Число which задают величину μ_{tr} в следующем виде: $\mu_{tr} = 1,6541,7541,90+2,072,2 \text{ м}^3/\text{т}$.

Значение величины μ_{tr} характерно для довоенной практики, $\mu_{tr} > 1,9 \text{ м}^3/\text{т}$ — для современной. Значительно возрастает указанная погружная кубатура грузов, перевозимых укрупненными партиями (заказами, контейнерами, различными машинами и промышленным оборудованием) вследствие некратности грузовых помещений судов размерами грузовых единиц.

Удельная погрузочная кубитура сухих грузов меньше в более узких пределах, чем генеральными:

Груз	$\mu_{\text{тр}} \cdot \text{м}^3/\text{т}$
Каменный уголь	1.26–1.35
Руды	0.35–0.90
Зерно	1.26–2.00
Минеральные удобрения	0.95–0.95
Сахар-сырец насыщ.	1.10–1.20

Кроме того, суда предназначенные для перевозки подобных грузов, являются во многих случаях специализированными, переизданными каким-то определенным видом груза, например каменный уголь или руду. Если же проектируется универсальное судно для перевозки сухих грузов (см. гл. 24), не предназначенное для транспортировки руды, то обычно принимают $\mu_e = \mu_{\text{тр}} = 1.5 \pm 1.6 \cdot \text{м}^3/\text{т}$.

Для проектирования любого грузового судна важно, чтобы выдерживалось соотношение

$$\mu_e \approx \mu_{\text{тр}}, \quad (7.4)$$

либо при $\mu_e < \mu_{\text{тр}}$ судно будет эксплуатироваться с недогрузом, так как не хватит емкости грузовых помещений для размещения всего специфического груза, а при $\mu_e > \mu_{\text{тр}}$ окажется недопользованным объем грузовых помещений после приема полного количества груза в тоннах. В обоих случаях экономическая эффективность судна понижается.

§ 7.2. Уравнения вместимости сухогрузных и плавниковых судов

Уравнение вместимости используется прежде всего для того, чтобы установить влияние главных размерений, их соотношений и коэффициентов теоретического чертежа пректуренных судов на их удельную грузовместимость. Четкое представление о характере такого влияния необходимо иметь при определении основных элементов любого транспортного судна. Кроме того, с помощью этих же уравнений можно определять в первом приближении удельную и абсолютную грузовместимость проектируемого судна в процессе определения его основных элементов.

Обратимся к составлению уравнения вместимости применительно к универсальному сухогрузному судну с МО, расположенным в средней части корпуса судна. Конечная цель составления уравнения – выразить удельную грузовместимость судна μ_e через его основные элементы.

Обозначим через $W_{\text{тр}}$ подштабтубный объем грузовой части корпуса судна, заключенный между застеклом двойного дна, верхней палубой и переборками паков, исключая объем МО, но без пунека гребного мага-

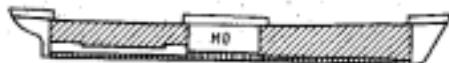


Рис. 7.3. К представлению объема $W_{\text{тр}}$

(рис. 7.3). Величину этого объема можно выразить через главные размерения судна следующим образом:

$$W_{\text{тр}} = k_1 k_2 L B H_{\text{тр}}, \quad (7.5)$$

где k_1 – чистотный коэффициент, учитывающий дополнительные объемы в пределах бедствия и сужение корпуса в окончинах, т. е. коэффициент полноты объема $W_{\text{тр}}$; k_2 – коэффициент, учитывающий отброшенные объемы, т. е. то обстоятельство, что не все помещения судна включены в $W_{\text{тр}}$; L и B – длина и ширина судна; $H_{\text{тр}} = H - h_{\text{да}}$ – глубина трюма, соответствующая осредненной высоте двойного дна $h_{\text{да}}$.

Объем грузовых помещений

$$W_{\text{мо}} = W_{\text{тр}} - W_{\text{мо}}, \quad (7.6)$$

где $W_{\text{мо}}$ – кубатура МО, которую по аналогии с $W_{\text{тр}}$ можно представить так:

$$W_{\text{мо}} = k_3 L_m B H_{\text{тр}}, \quad (7.7)$$

где k_3 – коэффициент полноты объема МО, а L_m – протяженность МО. Из приведенных выше зависимостей следует, что

$$W_{\text{тр}} = (k_1 k_2 L - k_3 L_m) B H_{\text{тр}}, \quad (7.8)$$

Поделив обе части уравнения (7.8) на $D = \gamma b L B T$, при этом к выражению

$$\frac{\mu_e}{D} = \frac{1}{\gamma b} \left(k_1 k_2 - k_3 \frac{L_m}{L} \right) \left(\frac{H}{T} - \frac{h_{\text{да}}}{T} \right). \quad (7.9)$$

Поскольку $D = F_{\text{тр}} / \mu_{\text{тр}}$, $W_{\text{тр}} / D = (W_{\text{тр}} / \mu_{\text{тр}}) \eta_{\text{тр}} = \mu_e \eta_{\text{тр}}$. Следовательно, уравнение (7.9) может быть записано так:

$$\mu_e = \frac{1}{\gamma b \eta_{\text{тр}}} \left(k_1 k_2 - k_3 \frac{L_m}{L} \right) \left(\frac{H}{T} - \frac{h_{\text{да}}}{T} \right), \quad (7.10)$$

где k_1 , k_2 и k_3 – чистотные коэффициенты. Это выражение несет назначение уравнения вместимости сухогрузных судов Ноудса, предложенного

и подтверждаящего это для целей теории проектирования судов [27]. Структура уравнения дает возможность определить влияние элементов судового судна на его удельную грузовместимость.

Длина судна L оказывает существенное влияние на удельную грузовместимость при номинальной длине МО, т. е. при $L_m = \text{Idem}$; увеличение L сопровождается ростом μ_c . Если же протяженность МО приведена в процентах от длины судна, т. е. $L_m/L = \text{Idem}$, то изменение L не оказывает влияния на μ_c .

Ширина судна B в уравнении (7.10) не фигурирует, так как при ее изменении в одинаковой степени изменяется и ее грузовместимость W_{rp} , так и грузоподъемность P_{rp} , следующий за изменением водоизмещения D .

Влияние осадки судна T необходимо рассмотреть при двух исходных предположениях:

а) при $H/T = \text{idem}$; в этом случае изменение T не оказывает влияния на μ_c , что следует из следующей цепочки изменяемостей, относящейся, например, к увеличению T :

$$\left. \begin{array}{c} DT \rightarrow P_{rp} \\ T \uparrow \\ H \uparrow \rightarrow W_{rp} \end{array} \right\} \rightarrow \mu_c = \text{id}.$$

б) при $H/T \neq \text{idem}$ выстраиваетсяная ниже последовательность изменения, соответствующая предположению $H = \text{Idem}$:

$$\left. \begin{array}{c} DT \rightarrow P_{rp} \\ T \uparrow \\ H = \text{id} \rightarrow W_{rp} = \text{id}. \end{array} \right\} \rightarrow \mu_c \neq \text{id}.$$

Негативное влияние увеличения осадки оказывается еще и косвенным путем — через η_{rp} . В соответствии с (4.4) уменьшение отношения H/T приводит к уменьшению измерения массы корпуса μ_c , а следовательно, при жестком исчислении — к уменьшению P_{rp} , что позволяет увеличить P_{rp} и, как следствие, повысить значение η_{rp} :

$$(H/T) \downarrow \rightarrow \mu_c \downarrow \rightarrow P_{rp} \downarrow \rightarrow P_{rp} \uparrow \rightarrow \eta_{rp} \uparrow.$$

По этой причине, в соответствии с (7.10), μ_c еще более уменьшается. Аналогичное перераспределение компонентов нагрузки происходит и при изменении D , в частности, при увеличении водоизмещения за счет изменения T .

Высота борта H сильно влияет на μ_c при $T = \text{idem}$, т. е. при изменении отношения H/T . Влияние это проявляется прямо:

$$\left. \begin{array}{c} T = \text{id.} \rightarrow D = \text{id} + P_{rp} = \text{id.} \\ H \uparrow \rightarrow W_{rp} \uparrow \end{array} \right\} \rightarrow \mu_c$$

и косвенно:

$$H \uparrow \rightarrow (H/T) \uparrow \rightarrow \mu_c \uparrow \rightarrow P_{rp} \uparrow \rightarrow \eta_{rp} \uparrow \rightarrow \mu_c \uparrow \rightarrow \mu_c.$$

При одновременном изменении H и T , т. е. при $H/T = \text{idem}$, удельная грузовместимость практически не меняется:

$$\left. \begin{array}{c} DT \rightarrow P_{rp} \\ T \uparrow \\ H \uparrow \rightarrow W_{rp} \uparrow \end{array} \right\} \rightarrow \mu_c = \text{id}.$$

Но коэффициент теоретического чертежа влияние на величину μ_c оказывает и вовсе.

Влияние a определяется на том, что по Ноэду $k_1 = f(a)$, причем, эта зависимость практически прямолинейная. Поскольку с увеличением a грузоподъемность судна остается неизменной, а грузовместимость растет, растет и μ_c , а при уменьшении a , естественно, уменьшается.

Коэффициент общей полноты судна b оказывает двойное влияние на μ_c : причем, поскольку он фигурирует в уравнении (7.10), и косвенно — через η_{rp} , причем, это влияние зависит от исходных предположений, при которых изменяется b .

а) При $a = \text{idem}$.

Прямое влияние:

$$\left. \begin{array}{c} DT \rightarrow P_{rp} \\ b \uparrow \\ W_{rp} = \text{id} \end{array} \right\} \mu_c \downarrow.$$

косвенное влияние:

$$DT \rightarrow P_{rp} \downarrow \rightarrow P_{rp} \uparrow \rightarrow \eta_{rp} \uparrow \rightarrow \mu_c \downarrow.$$

б) При $a \neq \text{idem}$ и $b/a = \text{idem}$.

Прямое влияние:

$$\left. \begin{array}{c} DT \rightarrow P_{rp} \\ a \uparrow \rightarrow k_1 \uparrow \rightarrow W_{rp} \uparrow \end{array} \right\} \rightarrow \mu_c = \text{id}.$$

Косвенное влияние аналогично случаю а:

$$DT \rightarrow P_{rp} \downarrow \rightarrow P_{rp} \uparrow \rightarrow \eta_{rp} \uparrow \rightarrow \mu_c \downarrow.$$

На других элементах судна, помимо главных размерений и коэффициентов теоретического чертежа, заметное влияние на μ_c оказывает протяженность МО — L_m , поскольку от нее зависит объем МО, а следовательно, при номинальной величине W_1 к величине полной грузовместимости судна, как это следует из (7.6).

Очевидно, что при $L = 16\text{m}$ и $L_m/L \neq 1$:

$$\left. \begin{array}{l} D = \text{id}, \Rightarrow P_{Tg} = \text{id}, \\ L_m \uparrow \\ L_m/L \downarrow \end{array} \right\} \rightarrow \mu_c \downarrow.$$

Если же $L_m/L = 1$, то изменение L_m не оказывает влияния на μ_c :

$$\left. \begin{array}{l} L \uparrow \rightarrow D \uparrow \rightarrow P_{Tg} \uparrow \\ L_m \uparrow \\ L \uparrow \rightarrow W_{Tg} \uparrow \end{array} \right\} \rightarrow \mu_c = \text{id}.$$

Из предшествующего анализа снимают, что основное влияние на величину μ_c оказывают отношения L_m/L и H/T . Первое из них зависит не столько от пропорций, сколько от габаритов главного движителя, предполагаемого к установке на судне. Поэтому обоснованное задание значимых объемов грузоподъемности проектируемого судна обеспечивается в первую очередь выбором подлежащего отношения H/T . Если же для достижения необходимого значения μ_c потребуется вращать такое отношение H/T , которое существенно выходит за пределы, характерные для судов данного типа и размера, причем, как правило, в большую сторону, предстает к изменению длины проектируемого судна, а следовательно, и отношения L_m/L .

Для предварительного выбора отношения H/T универсальных судоходственных судов можно воспользоваться следующими статистическими зависимостями:

для судов длиной менее 100 м

$$H/T = (0,56 + 0,40\mu_c) \pm 0,3; \quad (7.11)$$

для судов длиной более 100 м

$$H/T = (0,63 + 0,41\mu_c) \pm 0,3. \quad (7.12)$$

Значения μ_c , фигурирующие в этих выражениях, относятся к вместимости по сырому (зерновому) грузу. Если определяется отношение H/T для судна, перевозящего тарно-штучный (генеральный) груз, то расчетное значение $\mu_c = 1,3\mu_{H/T}$ — где $\mu_{H/T}$ — спрессованное значение удельной грузоподъемности судна.

Зависимость грузоподъемности нефтегазовых судов (танкеров) от их элементов исследований Е. С. Толощин, а полученные им результаты были приведены И. М. Ноградом к соотношениям, аналогичным по структуре уравнениям (7.5—7.10). Несущественное отличие обусловлено тем, что у танкеров МО располагается в корме, отсутствует двойной дно (современные танкеры в ряде случаев проектируют и строят с двойным дном — см. гл. 22), к негружевым помещениям добавляются коттерфермы,

вногрузовой тюрем, часовые отхожения и тощевые пистолеты (у современных танкеров — еще и такси колодезированного балласта). Кроме того, в задачах по разработке проекта указывается величина, обратная удельной грузоподъемности кубатуры груза, а следовательно, и удельной грузоподъемности судна — плотность перевозимого груза. Принципиальные выводы о влиянии элементов танкеров на их абсолютную и относительную грузоподъемность аналогичны выводам, полученным ранее применительно к сухогрузным судам.

7.7.3. Регистровая вместимость судов

Регистровая вместимость (РВ) является одной из количественных характеристик судов, дающей представление о его размерах, наряду с такими величинами, как длина или водоизмещение.

РВ применяется применительно только к гражданским судам и используется для следующих целей:

вычисления РВ, определенная с высокой степенью точности, заносится, наряду с габаритными размерами, в так называемое моральное свидетельство, выдаваемое своеобразным паспортом судна, таким образом РВ используется для уточнения грузоподъемности судна и имеющихся на борту документов;

РВ фигурирует в качестве параметра, характеризующего размеры судна, во всех конвенциях, законах и правилах, содержащих те или иные требования к судам в зависимости от их размеров;

В зависимости от величины РВ с судна взимаются сборы за оказываемые ему эксплуатационные услуги (за проход каналов, пользование бункерами, диками, причальными, за заход в порт и выход из порта, за услуги лоцмана, таможенников и т. п.) и налоги государства, под флагом которого плавает судно;

РВ используется для целей статистики в судостроении и судоходстве.

Используется РВ в регистровых нормах (регистрах), являющихся единицами массы, в объемах: 1 рег. т = 100 фут³ = 2,83 м³.

Регистровая вместимость подразделяется на валовую (применяются обозначения: ВРВ, ВВ, ВРТ, ГРТ, ГТ), чистую (ЧРН, ЧВ, НРТ, НТ).

Валовая регистровая вместимость или брутто регистровый тоннаж представляет собой объем корпуса в надстроек, а чистая регистровая вместимость или нетто регистровый тоннаж характеризуют величину полезного объема судна, т. е. грузовых и пассажирских помещений. Из этих определений следует, что валовая регистровая вместимость (сокращенно валовая вместимость, или ВВ) более подходит к вычислению сборов, взимаемых с судна и зависящих от его размеров, а чистая регистровая вместимость (сокращенно чистая вместимость, или ЧВ) — к вычислению налоговых, зависящих от доходности судна.

Определение РВ, называемое объемом судов, осуществляется уже более века, но до последнего времени не было единных, международных

правил обмера, а действующие национальные правила и практика обмера судов, проходящих через Суэцкий и Панамский каналы. Существовала договоренность о взаимном признании результатов обмера по национальным правилам, хотя эти результаты отличались в среднем на 7–10%, а в отдельных случаях еще больше, и только администрации обоих каналов требовали обмера судов по их правилам.

Положение изменилось только в 1982 г., когда вступила в силу Международная Конвенция по обмеру судов 1969 г. [20], в соответствии с принципами которой подсчет обмера все новые суда, захваченные после даты ее вступления в силу, которых является единое Международное мерительное свидетельство 1969 г. Владельцы существовавших судов могли или перебортировать их или оставить в течение 12 лет, т. е. до 1995 г., прежние мерительные свидетельства, в которых зафиксирован РВ, полученные по национальным правилам обмера.

При разработке Конвенции 1969 г. стремились к тому, чтобы результаты обмера по международным правилам оказывались близкими к результатам, получаемым при обмере по большинству национальных правил, так как РВ оказывает существенное влияние на финансовое благополучие владельцев судов, портов и каналов, с тем что используют следующие цифры. Так, например, за проход через Суэцкий канал танкера дадутся 300 тыс. т, а камзилок в размере более 215 тыс. долларов (1986 г.). При существующей интенсивности судоходства администрации Суэцкого канала получает около 2 миллиардов долларов ежегодно, взимаемых с владельцев проплывающих судов. Естественно поэтому стремление судоиздателей получить от супоститной сути, которая при данной группозадачности или пасховозимости обещания бы возможны меньшие регистрационные тоннажи.

Исторически сложилось так, что благодаря развитию практики обмера судов задача уменьшения РВ решалась различными способами.

Первый способ связан с судами шельфового типа, конструктивно оформленными в конце XIX в. У судов этого типа никак не в верхней открытой палубе обмерного отверстия (обмерного языка, обмерного лотка), закрытого деревянным щитом без брезента, привешают ее в так называемую наливную западу (шельферик), не обеспечивающую полноплавной защиты расположенных там не помещений от воздействия моря. В поперечных переборках также делались обмерные языки, что позволяло рассматривать эти переборки как неиспользуемые, вследствие чего весь верхний танкник шельфовых судов считался не защищенным от поступления забортной воды, вливавшейся через обмерный лючок. По этой причине первые танкеры шельферных судов формально считались непротивным для перевозки грузов и на этом основании причислялись к „открытому“ пространствам, подлежащим исключению из обмера, т. е. не входили в регистровую вместимость, наполовину и чистяту. Фактически же этот тип судов использовался как обычные грузовыми пространствами.

В последовавший период в конструктивное оформление „классических“ шельферных судов были внесены существенные изменения,

Прежде всего они исключили закрытый обмерный отверстий в палубе и переборках. Такие закрытия оказываются достаточно прочными, чтобы выдерживать падение воды, попадающей в танкец, и в дополнительной степени непроницаемыми, чтобы предотвратить в случае аварии распространение воды по всему судну. Вода через подобные закрытия может лишь просачиваться в весьма незначительных количествах.

Это позволило перейти к созданию шельферочно-полноплавающих судов комбинированного типа, которые могут эксплуатироваться как полноплавающие и как шельферные. Прочность таких судов достаточна для получения минимума возможного по Правилам о грузовой марке надводного борта (см. гл. 9), отстегивающегося от верхней палубы. В то же время в верхней палубе и поперечных переборках международного пространства этих судов предусмотрены обмерные языки, позволяющие исключить верхний танкец из обмера.

При перевозке легких объемистых грузов или в балластном пробеге обмерные отверстия закрывают временными средствами, допустимыми по национальным Правилам обмера судов, а надводный борт отстегивается от этой стороны нахлыба. В этом случае судно является шельферным. При перевозке тяжелых насыщенных грузов обмерные отверстия закрывают прочными водонепроницаемыми средствами и судно рассматривается как полноплавающее.

Нельзя напомнить, что шельферные суда и их модификации экологичны свое существование к 1995 г.

Второй способ уменьшения регистровой вместимости судов возник в 1953 г. с введением так называемой почтовой марки, представляющей собой недокументированную грузовую марку. Отличие заключается в том, что надводный борт отстегивается не от верхней, а от второй сверху палубы.

При планировании с оглядкой на почтовую марку судно получает погоды по регистровому тоннажу, аналогичные легкотоннажным судам: из обмера исключаются верхний танкец. Но, что существенно важно, при этом же требуются вырезать обмерные отверстия в палубе и поперечных переборках. Поскольку почтовую марку наносили на борта судов с обычной грузовой маркой, такие суда являются аналогом в замкнутой шельферочно-полноплавающих судов комбинированного типа. В международное свидетельство судна вносили две звезды цифры, соответствовавшие РВ и ЧРВ при планировании судна с оглядкой на грузовую и почтовую марку, т. е. плавную и легкую регистровую вместимости. При наличии различного набора и пакетов принимали во внимание ту звезду, которая соответствовала огадке судна в конкретном районе.

Использование почтовой марки получило распространение в отечественных судостроении и судоходстве. Практически все двухпалубные суда проектировались для эксплуатации с двумя предельно допустимыми осадками. Однако с введением в действие международных правил обмера судов почтовая марка была упразднена.

Третий способ уменьшения РВ проектных судов основан на использовании новейшей Международной конвенции по обмеру судов

1969 г. [20]. В соответствии с этой Конвенцией валовая и чистой вместимости определяются в зависимости от объема грузовых помещений и количества пассажиров на борту судна. Результаты расчетов выражаются цифрами без каких-либо единиц измерения, но в последние годы их стали называть регистровыми тоннами.

Валовую вместимость GT рассчитывают как произведение общего объема всех закрытых пространств на судне W , м³, на коэффициент k_1 :

$$GT = k_1 W, \quad (7.13)$$

где $k_1 = 0,2 + 0,02\lg W$. К "закрытым пространствам" относятся практически все помещения в корпусе, надстройках и рубках судна, а также юкосы шланговых труб, грузовых, световых и складских люков.

Чистую вместимость NT определяют по выражению

$$NT = k_2 W_e \left(\frac{3}{4} \left(\frac{T}{H} \right)^2 + k_3 \cdot N_1 \left(\frac{N_1}{10} \right) \right), \quad (7.14)$$

где W_e — общий объем грузовых пространств, включая грузовые люки, а на пассажирских судах — открытое танки, м³; $k_2 = 0,2 + 0,03\lg W$; T и H — осадка судна по грузовой марке и выпот борта по верхней палубе, м; $k_3 = 1,25(GT + 10000) \cdot 10^{-4}$; N_1 — количество пассажиров, размещенных на судне в каютах с числом мест не более восьми; N_2 — количество оставшихся пассажиров.

Если $(N_1 + N_2)$ менее 13, то второй член выражения (7.14) приводится равным нулю. Выражение $\frac{4}{3} \left(\frac{T}{H} \right)^2$ не должно быть больше единицы, в первом члене в (7.14) — меньше 0,25. В любом случае значение NT не должно превышать значение 0,3067.

Как следует из выражения (7.13) и пояснений к нему, содержащихся в Конвенции 1969 г., ее предусматриваются льготы по валовой вместимости возможно только путем уменьшения W . В отношении чистой вместимости определенные льготы по регистровому тоннажу для цементарных и им подобных судов обеспечиваются введением в (7.14) осадок по грузовой марке. Отсюда и возможность изменения NT при изменении предметной осадки. Если по количеству судоходства грузовая марка будет перенесена выше (в связи с характером перевозимого груза, то, разумеется, в пределах допускаемых Правилами о грузовой марке), то ЧР судна должна быть сразу же (по Конвенции — "Без промедлений") увеличена. Если же грузовая марка, наоборот, опущена в связи с перевозками более легкого груза, то новое морское свидетельство с уменьшенной ЧР будет выдано на судно лишь через год.

Таким образом, в Международной конвенции по общему судов 1969 г. сохраняются стадийные положения, отражающие практику определения

цементарных, комбинированных судов и с судов топливной промышленности.

Уже на начальных этапах разработки проекта зачастую возникает необходимость определить величину ЧР проектируемого судна. Для этого предлагают следующие приближенные соотношения:

Линкоры и суда для перевозки опасных грузов	$GT = D$
Танкеры и суда для перевозки минеральных грузов	$GT = 0,65D$
Навигационные судоходные суда	$GT = 0,73D$
Регионеторные и контейнерные суда	$GT = 0,9D$

где D — водоизмещение, в ДМТ — дедвейт судна, т.

В среднем $GT \approx 0,7D$.

Для всех судов можно считать, что $NT \approx 0,55GT$.

Контрольные вопросы

1. Какова взаимосвязь трех основных видов грузовместимости судов?
2. К какой основе будет устанавливаться грузовместимость проектируемого судна?
3. Как влияет изменение основных единиц измерения судна на его грузовместимость?
4. Для каких целей используется регистрация вместимости судов?
5. Как сократить регистрационную вместимость проектируемого судна?

Глава II.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОСТОЙЧИВОСТИ СУДОВ. УРАВНЕНИЯ ОСТОЙЧИВОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

5.8.1. Критерии остойчивости проектируемых судов

На начальных этапах разработки проекта звободного судна вопросы, связанные с его остойчивостью, относятся к наиболее важным, так как технико-эксплуатационные и экономические характеристики будущего судна во многом зависят от показателей его остойчивости. В то же время существенные трудности порождаются известной неопределенностью в различных требованиях, предъявляемых к остойчивости проектируемого судна, в необходимости выражать эти требования в количественных критериях (показателях), легко определяемых на начальных этапах проектирования. Тут же следует подчеркнуть, что подобные критерии не отражают всех аспектов явления, поскольку позволяют судить о степени выполнения предъявляемых к остойчивости требований не прямую, а лишь косвенно.

Оценочные обстоятельства приводят к необходимости проектных решений, принимаемых на стадии определения основных элементов

судов. Качество этих решений выражается уже на более поздних этапах разработки проекта в процессе гидравлических и аэродинамических проверок расчетов остойчивости проектируемого судна, при этом выявляется необходимость в корректировках ранее выбранных элементов судна.

Таким образом для устранения одного из потенциальных источников ошибочных и приближенных решений, принимаемых на начальных этапах разработки проектов судов, необходимо возможно более обоснованно выбрать наиболее подходящие для этих целей критерии остойчивости и возможно более четко определить предъявляемые к этим критериям требования — к их составу и конкретным значениям.

Наиболее полное представление об остойчивости судна дает его диаграмма спиральной остойчивости. Однако для построения диаграммы необходимо располагать теоретическим чертежом, который естественно, не может быть разработан до установления основных размеров судна. Это обстоятельство приводит к необходимости использовать в расчетах по определению основных элементов проектируемых судов такой показатель остойчивости, который непосредственно выражается через имеющиеся величины, т. е. через габаритные размеры и коэффициенты теоретического чертежа рассматриваемого судна. Таким требованиям отвечает начальная метацентрическая высота k . Недостатком метацентрической высоты является ее зависимость от абсолютных размеров судна, что затрудняет широкое использование радиационных значений этой величины как критерия остойчивости проектируемого судна. По этой причине в проектировании судов предпочтителен использовать в качестве универсального показателя остойчивости не абсолютную, а относительную метацентрическую высоту \bar{k} — отношение начальной метацентрической высоты к ширине судна:

$$\bar{k} = k/B.$$

Применение использования этого критерия остойчивости базируется на его связи с ковесением судна на волнении моря: у однотипных судов, плавающих в сходственных погодных условиях, при равенстве относительных метацентрических высот можно ожидать примерного равенства амплитудных размахов бортовой качки δ_m и линейных ускорений r' в соответствующих точках обоих судов.

Действительно, из теории качки известно следующее выражение для периода свободных поперечных колебаний судна T_p

$$T_p = 2\pi\sqrt{J/(DM)}, \quad (8.1)$$

где $J = J_x + \Delta J = r_v^2 M = r_v^2 D/g$ — момент инерции массы судна M относительно центральной продольной оси с учетом присоединенной массы воды; r_v — радиус инерции; D — весовое водоизмещение; g — ускорение свободного падения; \bar{k} — поперечная метацентрическая высота.

Поскольку $\bar{k} = g^{1/2}$, в реальную практику выражают в долях ширины судна $2r_v = kB$, где $k = 0,7\text{--}0,8$, выражение (8.1) примет следующий вид:

$$\bar{k} = \frac{B}{\sqrt{h}} = k \left(\frac{B}{kB} \right)^{1/2}, \quad (8.2)$$

Амплитуда качки δ_m в условиях резонанса связана с углом волнистого погружения ψ_b и безразмерным коэффициентом сопротивления катка κ в следующем соотношении:

$$\delta_m = \psi_b / (2\mu).$$

Согласно [26] для транспортных судов

$$2\mu = k_1(B/h)^{1/2},$$

где

$$\delta_m = (\psi_b/k_1)(h/B)^{1/2}. \quad (8.3)$$

Известно также, что максимальные значения угловых скоростей и кренов, когда судно на кренуляции всплынет впереди, винтом к ψ_b , достигают следующих величин:

$$\dot{\psi}_m = (2\pi/\tau_p)\delta_m, \quad (8.4)$$

$$\dot{\theta}_m = (4\pi^2/r_p^2)\delta_m. \quad (8.5)$$

Тогда линейные вертикальные ускорения в точках, отстоящих от водяной линии плавания судна на величину kB , где $k \leq 0,5$ — числовой коэффициент, определяется так:

$$r' = kB\dot{\theta}_m = -\frac{4\pi^2 k\psi_b}{k_1 k^2} \left(\frac{h}{B} \right)^{3/2}. \quad (8.6)$$

Для максимальных вертикальных ускорений, действующих у бортов судна и выраженных, как это часто делается, в долях ускорения свободного падения g , получим следующую зависимость (принимая $g^{1/2} \approx \pi$):

$$a_r = \frac{r'_m}{g} = \frac{2}{k^2} \left(\frac{h}{B} \right)^{3/2}, \quad \theta_m = \frac{2\psi_b}{k_1 k^2} \left(\frac{h}{B} \right)^{3/2}. \quad (8.7)$$

Таким образом, как следует из выражений (8.3) и (8.6), δ_m и r' зависят от относительной метацентрической высоты k при кренности

значений A/B и φ_0 можно сказать, что у симметрических судов $b_{\text{ср}} = A/B$ и $\varphi_0 = 0$. Поскольку амплитуды качки и линейные ускорения определяющим образом влияют на вероятность всплытия воды на палубу судна и на возможность опасного смещения грузов под действием сил кренения, такие же на величину напряжения, возникающих в конструкциях судна, и на самоустойчивость листов, находящихся на его борту, эти параметры качки выступают в качестве основных признаков характера качки судна. Следовательно, можно сказать, что при $A = B$ судна примерно равноправны в отношении их поведения на изолированном море.

Кроме того, относительная метацентрическая высота пригодна в качестве критерия и для суждения о способности судна противостоять кренящим моментам, создаваемым силой p с плечом действия l_p . Действительно, из соотношения

$$pV_t = D\delta g$$

для каждого конкретного случая угол крена θ может быть выражен через относительную кренящую силу p/D и относительное плечо l_p/B :

$$\theta = (p/D)(l_p/B)(B/h). \quad (8.8)$$

где D – водоизмещение и B – ширина судна. Следовательно, если известно значение предельно допустимого угла крена судна $\theta_{\text{крн}}$, нетрудно найти минимально необходимое значение относительной метацентрической высоты A/B_{\min} :

$$(A/B)_{\min} \geq (p/D)(l_p/B)(1.0/\theta_{\text{крн}}). \quad (8.9)$$

Из сказанного выше становится очевидной возможность использования в процессе определения основных элементов судов относительной метацентрической высоты в качестве основного критерия, характеризующего остойчивость проектируемого судна.

5.8.2. Верхний и нижний пределы остойчивости судов

Установив критерий остойчивости, необходимо определить и его количественные значения. Естественно ожидать, что они должны находиться между линиями и верхними пределами остойчивости, допустимыми в эксплуатации конкретного судна. При этом руководствуются следующими соображениями.

Остойчивость судна должна быть достаточной, чтобы противостоять кренящим моментам, действующим на судно в процессе его эксплуатации. Силы и причины, обуславливающие эти моменты, многочисленны и разнообразны по своему характеру. Накренение судна вызывает, прежде всего, аксер и золинген, а также инерционные силы за циркуляции, склонение

пассажиров на одном борту, перевозимое расстояние судовых запасов из цистерн правого и левого борта, возможные смещения грузов при качке, одновременный подъем груза на судах, оснащенных машиными транзитными установками, и некоторые другие причины. Определение элементов судов исходит из необходимости противостоять наиболее тяжелой комбинации кренящих моментов, приведет бы к номинально чрезмерно остойчивым, немореходным судам. Поэтому ориентируются не на наиболее тяжелую, а на наиболее вероятную комбинацию внешних сил, действующих в будущую погоду на судне, остойчивость судна считают достаточной, если совместное действие этих сил не вызывает опасного крена, способного привести судно к гибели.

Практически этот принцип защищается в рекомендации о необходимости в достаточности того, чтобы проектируемое судно удовлетворяло требованиям Регистра СССР, предъявляемым к остойчивости судов (см. § 8.3).

Справедливость этого предположения подтверждается материалами мировой морской статистики, связанными с гибелем морских судов от потери остойчивости. Установлено, что 88,3% судов, потерпевших аварию за определенный период времени, не удовлетворяли требованиям Правил Регистра СССР, и лишь только 11,7% обследованных судов имели остойчивость, превышающую требуемую [2].

Вероятную границу остойчивости проектируемого судна определяют исходя из стремления избежать резкой, первичной качки при плавании этого судна на изолированном море. Отрицательные последствия первичной качки – в отношении безопасности, комфортомобильности и функциональной эффективности судна – можно коротко охарактеризовать следующим образом.

Первичная качка, характеризующаяся большой частотой и малыми периодами колебаний, приводит, как это следует из выражений (8.5) и (8.6), к высоким амплитудам ускорений, в следовательно, и инерционных сил, вследствие чего увеличивается вероятность смещения перевозимых грузов, что в свою очередь может привести к опрокидыванию судна или загружению грузовых отсеков водой, повреждению наружной обшивки и, в конечном итоге, к гибели судна. Повышенные ускорения и большие амплитуды качки чрезмерно остойчивых судов – см. формулу (8.3) – ухудшают самоустойчивость листов на борту, прежде всего пассажиров, вызывая приступы „морской болезни“, затрудняют выполнение служебных обязанностей членами экипажа. Вследствие этих причин пассажирские суда становятся неконкурентоспособными, а промысловое судо вынуждено ранены (по погодным условиям) прекратить производственную деятельность сравнительно с аналогичными судами, обладающими более благоприятными параметрами качки.

Кроме того, как уже отмечалось ранее, по мере роста размеров качки повышается и вероятность всплытия воды на палубу со всеми неприятными последствиями этого явления, связанными с накренением судна, смыканием за борт запутных грузов, повреждениями судовых конструкций и оборудования.

Подводя итог всему сказанному выше о гравитации, можно прийти к выводу о том, что при выборе значений метацентрической высоты проектируемого судна необходимо предохраняться известного положения, согласно которому остойчивость судна должна быть достаточной, но не чрезмерной.

5.8.3. Требования, предъявляемые Регистром ССР к остойчивости судов

Требования Регистра ССР к остойчивости судов, выполнение которых следует проверять при разработке проекта любого водотранспортного судна, изложены в Правилах [33]. Требования распространяются на общие, распространяющиеся на все суда, и дополнительные, дифференцированные применительно к судам различных типов и назначений.

Общие требования сводятся к следующему.

В качестве основного условия достаточной остойчивости судна формулируются требования о том, что судно должно, не опрокидываясь, противостоять одновременному действию динамически присоединенного давления ветра и бортовой качки. Затем приведены требования к параметрам диаграммы статической остойчивости и начальной метацентрической высоты.

Проверка выполнения основного условия практически сводится к вычислению критерия носоги K , представляющего собой отношение двух моментов: кренящего и опрокидывающего.

Кренящий момент $M_{\text{кр}}$ определяется воздействием динамически присоединенного давления ветра на переднюю часть корпуса судна, при этом ветер считается дующим под прямым углом к диаметральной плоскости судна:

$$M_{\text{кр}} = 0,01 \rho_{\text{в}} S_{\text{в}} z_{\text{в}},$$

где $\rho_{\text{в}}$ – расчетное удельное давление ветра, кг/м³; $S_{\text{в}}$ – площадь парусности, т. е. площадь проекции надводной части судна на диаметральную плоскость, м²; $z_{\text{в}}$ – шаг парусности, разное взаимною геометрического центра площадки парусности (центра парусности) и центра площадью затворения, м.

Числовые значения $\rho_{\text{в}}$ приведены в Правилах [33] и заменяются для судов неограниченного района плавания от 72 до 124 кг/м³ пропорционально величине $z_{\text{в}}$ (скорости, а следовательно, и давления, ветра) настолько же, насколько с высотой горизонтального действия волной поверхности. Для судов ограниченного района плавания, которых разрешается максимальная удаление от места убождения (т. е. порок, заинженерной бухты и т. п.) не более чем на 200 миль (1 район) или на 50 миль (II район), значения условного расчетного давления ветра снижаются до 0,567 и 0,275 соответствующих значений для неограниченного района.

В тех же Правилах содержатся подробные указания и способ учета парусности надводных поверхностей (порог, вант, систер и т. п.), неких предметов, конструкций крашного гребня (мачт, труб, антенниторов) и запущенных контейнеров.

Опрокидывающий момент $M_{\text{оп}}$ представляет собой максимальный восстанавливающий момент, определяемый по диаграмме динамической остойчивости с учетом бортовой качки судна. Вышение крена устанавливается путем внесения в схему определения $M_{\text{оп}}$ присоединения, что в момент динамического приложения ветровой нагрузки судно накренилось на креновый борт. Угол крена принимается равным расчетной амплитуде крена θ_0 , которая определяется по указанным, приведенным в Правилах [33], зависимостям от элементов судна.

При определении $M_{\text{оп}}$ по диаграмме динамической остойчивости проектируемого судна учет его накрениния выражается в том, что диаграмма продолжается в области отрицательных углов крена (рис. 8.1), а этой же области откладывается расчетная амплитуда качки и в точку B пересечения диаграммы с вертикальной прямой, соответствующей θ_0 , наклоняется начало координат. Затем из B проводится касательная к диаграмме динамической остойчивости, от новой оси ординат откладывается одна радиус-вектор AB из точки A проводится вертикаль до пересечения с касательной. Отрезок $AB = d_{\text{оп}}$ представляет собой максимальное плечо динамической остойчивости судна, т. е. плечо $M_{\text{оп}} = d_{\text{оп}} D$. По рис. 8.1 ясно видно, что для отрицательных углов накрениения судна, выпуклого краем, из величины опрокидывающего момента.

Правила [33] предполагают принимать во внимание еще один параметр судна, влияющий на его способность противостоять кренящим моментам – величину угла заложения $\delta_{\text{зл}}$, т. е. такого угла крена, при котором происходит заникание подводных внутренних помещений судна через отверстия, омыдающиеся открытыми (это отверстия в борту, верхней палубе и надстройках, закрытие которых не удовлетворяет требованиям Регистра ССР в отношении прочности, надежности и непроницаемости), или отверстия, которые могут оказаться открытыми по условиям эксплуатации судна. Диаграмма остойчивости считается действительной только

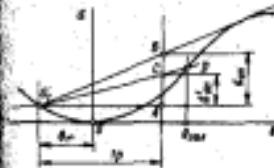


Рис. 8.1. Определение плеча опрокидывающего момента по динамической остойчивости

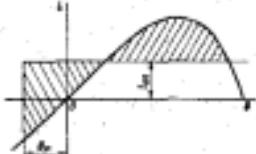


Рис. 8.2. Определение плеча опрокидывающего момента по диаграмме статической остойчивости

до угла захвата, что приводит к уменьшению пяты опрокидывающего момента до величины $AC = d_{\text{ex}}^2$ (см. рис. 8.1).

Определение пяты опрокидывающего момента I_{ex} по диаграмме статической остойчивости, построенной с учетом угла захвата, показано на рис. 8.2.

Определение кренящий и опрокидывающий моменты, находят критерий, который:

$$K = M_{\text{ex}} / M_{\text{ex}},$$

который должен быть не менее единицы, т. е. $K \geq 1,0$.

Если это требование соблюдено, переходят к проверке выполнения других общих требований, предъявляемых к остойчивости судов:

а) максимальную площ. диаграммы статической остойчивости I_{max} должно быть не менее 0,25 м для судов длиной $L \leq 80$ м и не менее 0,20 м для судов длиной $L > 105$ м (для промежуточных длин используется линейная интерполяция), при угле крена $\theta_{\text{ex}} \geq 30^\circ$ угол заката диаграммы должен быть не менее 60° (рис. 8.3);

б) начальная метацентрическая высота при всех вариантах нагрузки должна быть положительной.

Следует отметить, что определение всех характеристик остойчивости проектируемого судна производят с учетом возможного обводнения в районах свободных уровней жидкости во всех цистернах и танках судна. Проверка остойчивости по критерию потери и параметрам диаграммы статической остойчивости аналогична применительно к исходному, в отношении остойчивости, варианту нагрузки.

Дополнительные требования к остойчивости, как упоминалось ранее, дифференцированы по типам судов. В отношении сухогрузных судов и танкеров отговорены следующие состояния нагрузки, применительно к которым проверяется их остойчивость: судно в пустом грузу, с полными судовыми запасами и без балласта; судно как в первом варианте нагрузки, но с 10% судовых запасов и, если необходимо, с жидким балластом; судно без груза, с полными запасами; судно как в третьем варианте нагрузки, но с 10% судовых запасов.

Для судов, перевозящих в нормальных условиях эксплуатации грузы на палубе, проверяется остойчивость при следующих двух дополнительных вариантах нагрузки: судно с заполненными однородным грузом трюмами и танкераами, с грузом на палубе и полными судовыми запасами при осадке по грузовой марке; если необходимо — с жидким балластом; судно как в приведенных вариантах нагрузки, но с 10% запасов.

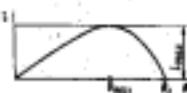


Рис. 8.3. Нормированные параметры диаграммы статической остойчивости

Особые требования предъявляют к остойчивости судов с лесным палубным грузом: начальная метацентрическая высота этих судов с полным грузом должна быть не менее 0,10 м, принимая во внимание обведение лесного груза зимой и намокание летом, а также его участие в создании дополнительного опрокидывающего момента на больших углах крена.

При частичном загружении грузом сухогрузных судов лесовыми грузами (руда, металлоконструкции и пр.) и при осадке по грузовой марке требуется проверять остойчивость судов по критерию ускорения K' : расчетное ускорение $a_{\text{расч}}$ (в доли g), вычисленное по указаниям Правил [33], не должно превышать 0,3; т. е. $K' = 0,3/a_{\text{расч}} \geq 1,0$.

В Правилах [33] содержатся также подробные требования к расчетным вариантам нагрузки и показателям остойчивости пассажирских и рыболовных судов, контейнеровозов, буксиров и судов других типов и назначений. Так, в частности, у пассажирских судов регламентируются углы крена от склонения пассажиров из одного борта ($\theta_{\text{ex}} \leq 10^\circ$) и угол крен-г/совместного действия кренящих моментов за установившейся циркуляцией и склонения пассажиров из одного борта ($\theta_0 \leq 12^\circ$), а у контейнеровозов — крен, возникающий под действием статически приложенного расчетного давления ветра или на циркуляции, в обоих случаях он должен быть не более 15° . Начальная метацентрическая высота контейнеровозов при перевозке контейнеров должна быть не менее 0,20 м.

8.4. Практические данные об остойчивости судов

Как отмечалось ранее, при разработке проекта любого судна анализируются его остойчивость в различных условиях эксплуатации. На этой основе уточняют элементы проектируемого судна, обеспечивающие попадание количественных характеристик остойчивости в необходимые — с точки зрения требований, и рациональные — с точки зрения поведения судна в море, пределы.

На начальных этапах проектирования — для определения основных элементов будущего судна — требуется принять какие-то вполне здравые показатели остойчивости, которые в дальнейшем могут быть уточнены и откорректированы по результатам проверочных расчетов. В качестве исходного показателя используют в большинстве случаев относительную метацентрическую высоту \bar{h} (см. § 8.1), значения которой отличаются различными, в зависимости от типа и назначения судна.

Применительно к универсальным сухогрузным судам рекомендуется принимать

$$\bar{h}/B = 0,04+0,05. \quad (8.10)$$

При этих значениях \bar{h} есть основания полагать, что будут обеспечены: безопасность плавания в навигационном состоянии, благоприятные

параметры качки и выполнение требований Регистра ССР, предъявляемые к остойчивости судна.

Следует подчеркнуть, что приведенные выше значения \bar{h} относятся к судну в полном грузу и с полными судовыми запасами, т. е. соответствуют состоянию нагрузки при выходе судна в рейс. По мере расходования и в результате жесткого топлива из некораблеводонесущих топливных цистерн и соответствующего погашения ЦТ судна остойчивость его будет постепенно уменьшаться и по прибытии в порт назначения относительная метастабильная яхта может упасть до значений 0,01–0,02.

О последствиях эксплуатации судов с повышенной или пониженной остойчивостью – сравнительно с рекомендованной по (8.10) – дают хорошее представление данные из работы К. Александрова [3]. Автор этой работы на основании наблюдений за поведением в море универсальных сухогрузных судов выполнил следующие четыре зоны остойчивости при плавании этих судов в полном грузу (рис. 8.4).

I зона, характеризуемая значением $\bar{h} \leq 0,02$, называется зоной опасности или недостаточной остойчивости судна. При повторах на полном ходу

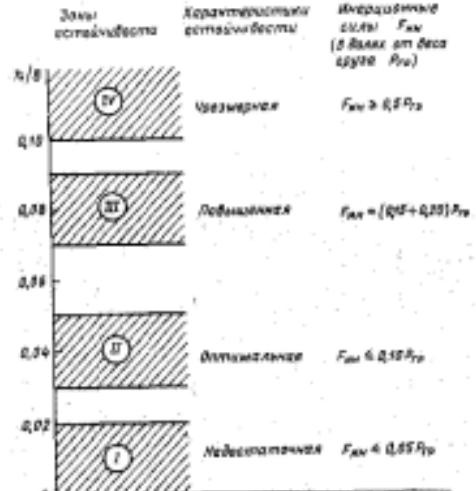


Рис. 8.4. Зоны остойчивости сухогрузных судов [3]

ярк может достигать 15–18°, что заставляет снижать скорость или угол наклона руля, а это в свою очередь, затрудняет маневрирование в густом потоке судов, при плавании в узостях, что неблагоприятно для судна. В то же время инерционные силы на качке весьма незначительны – не превышают 4–5% веса груза, поэтому необходимо лишь минимизировать кренение грузов на судне, что сокращает связанные с этим расходы.

II зона – зона оптимальной остойчивости, для которой характерны плавное хождение на волнах, приемлемые условия для труда и отдыха экипажа и умеренные значения инерционных сил ($\bar{h}^* \leq 0,1g$).

III зона – зона дискомфорта или повышенной остойчивости, характеризуемая величиной $\bar{h} = 0,07+0,09$. Уменьшается период поперечных колебаний, возникает резкая, порывистая качка; экипаж судна работает с повышенными напряжениями и испытывает нормального сна; растут силы накрени, достигая 15–20% веса груза.

IV зона – зона чрезмерной остойчивости или разрушения, в которой оказываются суда с $\bar{h} > 0,10$. Инерционные силы при качке достигают 50% веса груза и более, поэтому во время шторма лопаются витязи, уединяющие груз, разрушаются конструкции, в которых крепятся эти витязи. В результате смещение груза и нарушения целостности конструкций возможна серьезная авария судна.

Рекомендованные выше значения \bar{h} относятся к среднетоннажным и более крупным универсальным сухогрузным судам. В отношении более мелких сухогрузных судов шириной 12–15 м, создаются более трущие условия для удовлетворения требований, предъявляемых к остойчивости судов Регистра ССР. Объясняется это тем, что при уменьшении размеров судов кренящий момент, действующий на судно от давления ветра в процессе вспахивания, действует на судно от задней части ветра в противоположном направлении, чем кренящий момент.

Поэтому для таких сравнительно небольших судов считается необходимым поддерживать значение абсолютной метастабильной яхты \bar{h} в пределах 0,6–0,8 м, что приводит к более высоким значениям \bar{h} .

Отличия характеристики качки от рекомендаций (8.10) у судов разного типа и назначения, в частности у танкеров, пассажирских и легковозов, ясен.

Танкеры в массе своей значительно круче универсальных сухогрузных судов и при их проектировании, как правило, приходится сталкиваться с ограничениями максимальной допустимой осадки. Вследствие этого для получения необходимого водоизмещения требуется увеличить другие главные размерения. Обычно увеличивают ширину судна, что приводят к более высоким значениям B/T , в следствии и \bar{h} (см. следующий параграф). В результате для танкеров оказываются следующие повышенные значения \bar{h} :

$DW, тыс. т$	10	25	80	180
A/B	0,070	0,110	0,135	0,135

Однако когда у этих судов не отличается порывистость — ее считают демпфирующим действием жидкого трута.

Приদанные значения \bar{h} относятся к немодифицированной из условия свободных поверхностей жидкости метацентрической высоте. Поправки в большинстве случаев составляют $\Delta h/B = -0,025$.

У ледоколов стремится ограничить осадку и увеличить ширину для обеспечения проходки во льдах значительно более крутыми, чем ледоколы, судов. Поэтому для ледоколов, как и для танкеров, характерны высокие значения B/T и \bar{h} , где $\bar{h} = 0,145$, что приводит к очень резкой, вертикальной качке при плавании их по чистой воде из волнения.

Повышенная остойчивость и в соответствии с неблагоприятными параметрами качки сглаживаются и субъ, перевозящими малогабаритные грузы, в первую очередь различные руды. Общий объем подобного груза, соответствующего полной грузоподъемности судна, оказывается недостаточным для заполнения грузовыми помещениями по всей высоте, поэтому груз концентрируется в нижней части трюмов, что приводит к снижению ЦТ судна и избыточной остойчивости. Если суда конструированы не приспособлены для более высокого размещения рудного груза (увеличенная высота донного дна, загрузка судна через один трюм и др. — см. гл. 27), значения \bar{h} достигают 0,15–0,20.

На остойчивость лихенозов, т. е. судов, перевозящих легкий груз не только в подпалубных грузовых помещениях, но и на верхней палубе, существенное влияние оказывает палубный груз. Это влияние сглаживается двояко: поднимается ЦТ судна, что приводит к уменьшению метацентрической высоты, в следствии чего \bar{h} , но в то же время защищает надувной груз, позволяя рассматривать его как продолжение корпуса судна, обуславливающего увеличение остойчивости формы на больших углах



Рис. 8.5. Изменение линии плавучего груза на остойчивость судна:
а — изменение максимальной ординаты ветвей кривых в зависимости от угла крена байды; б — изменение элементов диаграммы статической остойчивости: максимального Абеля Абса, соответствующего углу крена байды, и угла заноса га.

— судно в грузе без линейного плавучего груза; — — — — — судно в грузе с линейным плавучим грузом. Индексом „А“ отмечены величины, относящиеся к судну с линейным плавучим грузом

кружи. В результате диаграмма плоск остойчивости приобретает за низшим участком з-образную форму, но отличается уменьшенной максимальной ординатой и смещением в сторону больших углов изменения максимума и заката диаграммы (рис. 8.5). Площадь диаграммы, как правило, увеличивается, что обесценивает безопасную эксплуатацию ледоколов несмотря на очень малые значения \bar{h} .

В заключение следует отметить, что в последние годы высказывались предложения повысить допустимые значения относительной метацентрической высоты у проектируемых судов примерно в два раза — до $\bar{h} = +0,10$ и соответствию $r_m' = 0,2g$. Однако эти предложения, как недостаточно мотивированы, не нашли широкой поддержки. Большинство специалистов считает допустимым верхним пределом относительной метацентрической высоты универсальных сухогрузовых судов значение $\bar{h} = 0,07+0,08$ и максимальных линейных ускорений $r_m' = (0,15+0,17)g$.

§ 8.5. Уравнение остойчивости в алгебраической форме и его использование для определения основных элементов проектируемых судов

При определении основных элементов проектируемого судна возникает два основных вопроса, связанных с остойчивостью: какой должна быть остойчивость и как ее обеспечить. Общий подход к ответу на первый вопрос был дан в предыдущих параграфах, а конкретизировать необходимые значения относительной метацентрической высоты для данного судна и выбрать путь для ее достижения помогает уравнение остойчивости в алгебраической форме.

Вход этого уравнения базируется на трехчленном выражении начальной метацентрической высоты:

$$\bar{h} = z + \rho - r_g, \quad (8.1)$$

в котором возвышение ЦВ на крене z , поперечный метацентрический радиус ρ и возвышение ЦТ r_g связывают с основными элементами судна, используя с этой целью приближенные формулы теории корабля и значение (5.1).

По Норгу $z = k_1(a/\delta)^{1/3}T = k_1T$;

по Фан-дер-Флиту $\rho = (1/k_2)(a^2/\delta)(B^2/T) = k_2(B^2/T)$;
по (5.1) $r_g = kH$.

Подставив эти выражения в (8.1) и поделив на B , получим алгебраическое уравнение остойчивости судов в бесразмерной форме:

$$k/B = \kappa(T/B) + \kappa(B/T) - \xi(H/T)(T/B), \quad (8.12)$$

Если известны водонемешение проектируемого судна D , принятые соотношения главных размерений и коэффициент общей полноты δ , то можно перейти от относительной к абсолютной метацентрической высоте:

$$h = (h/B)B,$$

в свою очередь, $B = hD^{1/3}$, где h — относительная ширина судна; $b = B/D^{1/3} \approx \left[\frac{1}{\gamma_0} \left(\frac{L}{B} \right)^{-1} \left(\frac{B}{T} \right) \right]^{1/3}$.

Уравнение (8.12) может быть использовано для оценки влияния элементов проектируемого судна на его остойчивость, что приведет к следующим результатам.

Абсолютные длины судна L и отношение L/B на \bar{h} не влияют, а на абсолютную остойчивость оказывают очень слабое влияние. Так, при $\Delta(h/B) = \pm 10\%$ вариации h составят немногим более 2%.

Линейное и замедленное влияние на \bar{h} оказывает отношение H/T , а δ и α оказывают влияние через коэффициенты k_1 и k_2 . Однако регулировать остойчивость проектируемого судна с помощью первых коэффициентов затруднительно, так как значение H/T выбирают исходя из требований грузоподъемности, мореплаваемости в надводном борту, а на выбор δ и α влияют, прежде всего, условия плавания судна, хотя некоторые изменения α оказываются все же возможными.

Но основное влияние на остойчивость судна, как это следует из (8.12), оказывает отношение B/T . Его увеличение приводит к росту \bar{h}/B и \bar{h} , а следовательно, и h . Уменьшение этого отношения снижает остойчивость судна. Поскольку величина отношения B/T с практической целью влияет на другие характеристики и качества судна оказывается возможным добиваться желаемой остойчивости проектируемого судна путем выбора задаваемого значения отношения ширины судна к осадке.

Таким образом, отношение B/T оказывается тем элементом, с помощью которого проектант обеспечивает остойчивость судна при выборе его основных элементов, что может быть сказано по следующей схеме:

а) по уравнению mass определяют водонемешение проектируемого судна D ;

б) исходя из заданной скорости находят относительную длину судна L (см. 10), а затем и абсолютную длину $L = D^{1/3}$;

в) по найденной длине и глубости определяют относительную скорость (число Фруда) $Fr = u/\sqrt{g}d$, где u — скорость судна в м/с, и d , $a = f(Fr)$ (см. 11);

г) преобразовав уравнение (8.12) к удобному для решения виду,

$$x^2 - (h/B)(x/x_1) + (x_1/x_1) - (h/x_1)(H/T) = 0, \quad (8.13)$$

где $x = B/T$, вычисляя значения x_1 и x_2 , и задавая значениями h/B , а также x и H/T , находят B/T , а затем и главные размерения судна.

Значение h/B может быть получено по общим рекомендациям или конкретизировано с учетом требований, предъявляемых к остойчивости проектируемого судна.

Так, например, если в задании оговорено значение минимально допустимого периода качки судна T_{min} , т. е. $T_0 \geq T_{min}$, это обстоятельство учитывают следующим образом:

Из (8.2) следует, что

$$h(B = (k^2 B)/r),$$

откуда вытекает ограничение:

$$\frac{h}{B} \leq \left(\frac{k^2}{T_{min}^2} \right) B \leq \left(\frac{k^2}{T_{min}^2} \right) h D^{1/3}. \quad (8.14)$$

Подставив правую часть соотношения (8.14) в уравнение (8.13) и решив это уравнение, получим верхний предел возможных значений B/T , при котором будет обеспечен требуемый период качки проектируемого судна T_{min} .

Другими примерами конкретизации значений h/B могут послужить случаи учета требований к максимальному углу крена в процессе эксплуатации судна — от давления ветра, на широту, от скольжения пассажиров на одном борту и пр. В последнем случае — при проектировании пассажирских судов — используется зависимость (8.9), в которой принимают: r — вес склонившихся у одного борта пассажиров, I — степень действия силы, барьер = B_{bar} — предельно допустимый угол крена. Тогда:

$$h(B \geq (p/D)(I/B)(1/B_{bar})), \quad (8.15)$$

где величины отношений (p/D) и (I/B) принимают либо по подсчетаму прототипа, либо по статистике. Использование правой части этого соотношения в формуле (8.13) позволяет получить верхний предел возможных значений B/T , при котором будет выполнено требование к допустимому углу крена от склонения пассажиров на одном борту.

Подобным же образом конкретизируются значение относительной метацентрической высоты исходя и из других требований, предъявляемых к остойчивости проектируемого судна. В результате получают ряд граничных значений B/T , отвечающих условиям выполнения этих требований.

Так, например, если у проектируемого судна регламентированы значения T_{min} и B_{bar} , а также β_{max} — крен на широту и β_{bar} — разворотный крен от несимметричного затопления отсеков (так называемый набор ограничений для пассажирского судна), то можно написать следующие

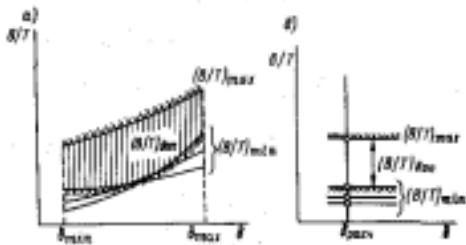


Рис. 8.6. Определение допустимых значений отношения B/T проектируемого судна, исходя из требуемой и его остойчивости α – при рассмотрении ряда вариантов судов с различной полнотой; δ – при рассмотрении одного варианта судов с $\delta = \delta_{\text{расч}}$

согласие:

$$(B/T)_{\min} = f(\alpha/B)_{\min} = f\left(\frac{\theta_{\min}}{\theta_{\text{расч}}}\right);$$

$$(B/T)_{\max} = f(\alpha/B)_{\max} = f(\tau_{\max}).$$

графически представленные на рис. 8.6. Пространство между границами кривыми (при разработке ряда вариантов судна, отличающихся, например, значениями коэффициента общей полноты δ) или промежуток между соответствующими точками оси ordinat (при рассмотрении только одного варианта проектируемого судна) представляет собой область допустимых – по требованиям к остойчивости – значений B/T .

8.8. Анализ степени влияния элементов проектируемого судна на его остойчивость

Уравнение остойчивости (8.12) несет представление о характере влияния элементов проектируемого судна на показатели его остойчивости. Однако в ряде случаев, когда возникает необходимость увеличить или уменьшить значение $\bar{\alpha}$ на определенную величину путем соответствующего изменения элементов судна, эти знания оказываются недостаточными. Ответ на вопрос о том, насколько потребуется изменить в этом случае плановые размерения или коэффициенты теоретического

корабля проектируемого судна, можно получить с помощью уравнения метацентрической высоты через ординаты метацентра и ЦТ судна:

$$h = m - z_g.$$

Тогда выражение dh :

$$dh = dm - dz_g.$$

Если $dz_g = 0$, то $dh = dm$, но т. к. $m = z + \rho$, то $dm = dz + d\rho$. Пользуясь, скажем иначе, для z и ρ приближенными формулами Ногида и Фин-дер-Финта, можем записать

$$z = k_1(\alpha/\delta)^{1/2}T = f(\alpha, \delta, T);$$

$$\rho = (1/k_2)(\pi^2/\delta)(B^2/T) = f(\alpha, \delta, T, B).$$

Откуда следует

$$dz = \frac{\partial z}{\partial \alpha} d\alpha + \frac{\partial z}{\partial \delta} d\delta + \frac{\partial z}{\partial T} dT = -\frac{1}{2} \frac{z}{\alpha} d\alpha - \frac{1}{2} \frac{z}{\delta} d\delta + \frac{z}{T} dT;$$

$$d\rho = \frac{\partial \rho}{\partial \alpha} d\alpha + \frac{\partial \rho}{\partial \delta} d\delta + \frac{\partial \rho}{\partial T} dT + \frac{\partial \rho}{\partial B} dB =$$

$$= 2 \frac{\rho}{\alpha} d\alpha - \frac{\rho}{\delta} d\delta - \frac{\rho}{T} dT + 2 \frac{\rho}{B} dB.$$

Правда подобные же, приведем к уравнению метацентра в дифференциальной форме:

$$dh = \left(2\rho + \frac{z}{2}\right) \frac{da}{a} - \left(\rho + \frac{z}{2}\right) \frac{d\delta}{\delta} + (z - \rho) \frac{dT}{T} + 2 \frac{dB}{B}. \quad (8.16)$$

Использование этого уравнения позволяет найти соотношения между изменениями элементов судна и метацентрической высоты

$$dh = dm = f(dL, dB, dT, da, d\delta),$$

что удобно сделать, рассматривая эти соотношения раздельно, при отдельных исходных предпосыпках.

$$1. dL = dT = da = dS = 0;$$

$$d\delta \neq 0.$$

При этом

$$d\alpha = -\frac{2\rho}{B} dB = \left(\frac{2}{k_2} \frac{d^2}{\delta} \frac{B}{T} \right) dB = adB,$$

$$\text{где } a = f(B/T).$$

При умеренных значениях $B/T = 2,2+2,8$, свойственных большинству сухогрузных судов, $a = 0,33+0,39$, при повышенных значениях $B/T = 2,8+3,6$, характерных для крупных танкеров, пассажирских судов и паромов, а также для военных кораблей $a = 0,45+0,60$. Иными словами, увеличение ширины судна первой группы приводит к подъему метацентра, а следовательно, к увеличению метацентрической высоты примерно на 0,3 м на каждый метрширинки судна, у кораблей и судов второй группы увеличение остойчивости может достичь полутора метров и более.

$$2. dL = dB = da = dS = 0;$$

$$dT \neq 0.$$

В этом случае

$$d\alpha = [(z - \rho)/T]dT,$$

откуда следует, что приведение $d\alpha$ может быть как положительным, так и отрицательным, — знак приведения определяется соотношением между величинами z и ρ , зависящими от осадки судна. Переход к относительной осицце T/B , связанный только с изменением масштаба по оси ординат, как это следует из рис. 8.7, позволяет сделать более общие выводы относительно знака $d\alpha(T) = f(B/T)$. Перемещение кривых z и ρ соответствует значению $B/T = 2,6+2,8$. Следование, для относительно широких судов, расположенным в правой части графика на рис. 8.7, увеличение осадки сопровождается снижением метацентра и остойчивости, а для относительно узких судов, напротив, будут обратными.

$$3. dL = dB = dT = dS = 0;$$

$$da \neq 0.$$

Следует, что

$$d\alpha = \left(2\rho + \frac{z}{2} \right) \frac{da}{a}.$$

Последние изменения аналогичны по характеру последующим изменениям B , но отличаются большей интенсивностью — численный

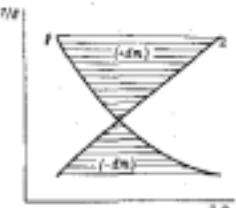


Рис. 8.7. Влияние изменения относительной величины T/B на знак приведения $d\alpha$

коэффициент, стоящий перед относительным приведением a , определяет величину коэффициента, стоящего перед относительным приведением B . Объясняется это тем, что приведение (положительное или отрицательное) оказывает влияние не только на ρ , как было в случае с приведением B , но также и на z .

$$4. dL = dB = dT = da = 0;$$

$$d\delta \neq 0.$$

Тогда

$$d\alpha = -\left(\rho + \frac{z}{2}\right) \frac{d\delta}{\delta}.$$

Отрицательный знак приведения $d\alpha$ в этом случае обусловлен характером изменения δ на z и ρ — с ростом δ обе эти величины уменьшаются. Таким образом, увеличение полноты прониструируемого судна сопровождается уменьшением его остойчивости.

Длина судна L не фигурирует в уравнении (8.16), поскольку ее изменение не оказывается на значениях z и ρ , следовательно, и на α . Это обстоятельство позволяет сохранить неизменным взаимошение судна при изменениях B , B и T , производимых для корректировки остойчивости, исходя из условия

$$d\delta/B + dL/L + dB/B + dT/T = dD/D. \quad (8.17)$$

Однако, и это следует подчеркнуть, при выводе и анализе уравнения (8.16) не ставится предварительные условия о неизменности взаимошения судна, поэтому все сказанное выше об этом уравнении остается справедливым и при исходном равенстве (8.17), когда

$$d\delta/B + dL/L + dB/B + dT/T = dD/D,$$

то есть при $D \neq \text{const}$.

Контрольные вопросы

1. Какие критерии остойчивости судов включаются в начальных этапах проектирования?
2. Чем отличаются морские и ледовые пределы остойчивости промышленных судов?
3. В чем выражаются общие и специфические требования Регистра ССРР к остойчивости судов?
4. Какими особенностями характеризуются остойчивость судов отдаленных районов и каботажных?
5. Что представляет собой конкретизация запаса остойчивости инженерной выхопки?
6. Какое значение оказывает изменение основных элементов проектируемого судна на его остойчивость?

Глава 9.

УЧЕТ ТРЕБОВАНИЙ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К НЕПОТОПЛЕМОСТИ И НАДВОДНОМУ БОРТУ СУДОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ИХ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

9.1. Общие положения к нормированию непотопляемости

У любого судна или военного корабля в процессе его эксплуатации или боевого использования вскоре нарушение герметичности корпуса и затопление забортной водой одного или нескольких отсеков. Очевидно, что это обстоятельство должно приниматься во внимание при проектировании судов и кораблей с тем, чтобы обеспечить им определенную степень непотопляемости. Что конкретно необходимо предусмотреть и выполнить, зависит от требований, предъявляемых в этом отношении к проектируемому судну или кораблю.

Естественно, что нет единственно международных требований или стандартов в отношении непотопляемости военных кораблей. Единые международные правила, регламентирующие требования к характеристикам непотопляемости, зафиксированы в Международной конвенции по спасению человеческой жизни на море, существуют только для пассажирских судов. И это понятно, так как гибель пассажирского судна почти всегда связана с человеческими жертвами. Приняты в международном масштабе определенные требования и к обеспечению непотопляемости различных грузовых судов-танкеров, что связано со стремлением предупредить опасность заграждения водой среды жидкими грузами, перевозимыми на этих судах. Применимые к судам остальных типов и назначений действуют национальные правила тех стран, в которых такие правила существуют. В Советском Союзе требования, предъявляемые

к характеристикам плавучести и остойчивости аварийных судов, сосредоточены в части У "Дополнение из отечества" [34]. Правила классификации и постройки морских судов Регистра ССРР.

Отсутствие общепринятых требований к эксплуатационной безопасности гражданских судов объясняется тем, что выполнение этих требований связано, как правило, с ограничением осадки судов и размеров судовых помещений (прежде всего, грузовых трюмов), а также с увеличением массы корпуса за счет дополнительных водонепроницаемых переборок. В отдельных случаях оказывается необходимым увеличить главные размеры судна — высоту борта, длину. Все это вместе взятое ведет к уменьшению полезной грузоподъемности или увеличению размеров судов, повышению стоимости их постройки и эксплуатации, а следовательно, ухудшает их экономическую эффективность. Поэтому в ряде стран, которые определенного количества судов при сохранении максимальной достоверной экономической эффективности у аварийных считается предпочтительнее, нежели уменьшение потерь за счет ухудшения экономических показателей всех судов. Более общий характер имеет регламентация предельно допустимой осадки судна (минимального плавсостояния борта), содержащаяся в Международной конвенции о грузовой марке 1956 г., которая распространяется на все морские гражданские суда, совершающие заграницные рейсы, за исключением очень небольших судов (длина менее 24 м), а также рыболовных судов и спортивных яхт. Выполнение требований этой конвенции не обеспечивает непотопляемость судна при аварии, так непотопляемым случается повреждение корпуса, но гарантирует определенную защиту от попадания воды на верхнюю открытую палубу и занятие какого-то, пусть минимального, зоны плавучести. А это, в свою очередь, способствует уменьшению вероятности возникновения нарушенной прочности и герметичности конструкций, закрывающих трюмы в палубе или антитанковых толщинах, сквозь ямы, что связано с попаданием воды внутрь корпуса судна, и замедлению процесса погружения судна при серьезной аварии.

Наглядное представление о соотношении между требованиями к непотопляемости и надводному борту, обусловливающими соответствующие характеристики судна, дает следующий пример, относящийся к судну для перевозки массовых грузов (СМГ) — каменного угля, зерна, минеральных удобрений. При осадке по грузовой марке $T_{max} = 11.21$ м, подает судна $DW_{max} = 38\,250$ т, а выполнение требований к непотопляемости возможно при осадке $T = 10.67$ м, чему соответствует подает $DW = 35\,800$ т. Следовательно, $\Delta DW = 2450$ т или около 6%. Соответственно, в еще большей степени уменьшается и количество перевозимого груза, так как количество судовых запасов остается прежним. А поскольку единственным источником дохода для транспортных судов — плата за перемещение груза, то и доходность этого судна при выполнении требований предъявляемых к непотопляемости, уменьшится в том же объеме.

Более детально требования Международной конвенции о грузовой марке и соответствующих ей правил Регистра ССРР будут изложены

в § 9.6, а ниже пойдет речь о требованиях к непотопляемости, принимаемых за внимание при определении основных элементов проектируемых кораблей и судов.

Применительно к военным кораблям регламентируются, обычно, допустимые края, надводный борт и остойчивость при боевых повреждениях подводной части корпуса. Размеры поврежденный и их возможные могут быть заданы различными способами: указывается абсолютная или относительная продолжительность погружения по длине корабля и их распространение по ширине и высоте борта, или фиксируется количество смежных поврежденных отсеков, или приводятся характеристики боевого действия противника на корабль [8, 22, 52]. Требования к непотопляемости проектируемого корабля должны быть выполнены при наиболее тяжелом — по своим последствиям — из всех теоретически возможных случаев повреждений.

§ 9.2. Требования Регистра СССР к непотопляемости судов

Требования Регистра СССР к непотопляемости гражданских судов отличаются большими разнообразием в зависимости от назначения, района эксплуатации и размеров судов.

Как упоминалось ранее, на пассажирские суда ограничено плавание, а к пассажирским относятся любые суда, перевозящие на борту 15 пассажиров и более, распространяются положения Международной конвенции по охране человеческой жизни на море. Основы этой конвенции были выработаны на международной конференции в 1914 г., к чьему побудила катастрофа парохода „Титаник“, происшедшая в 1912 г., во время которой погибло более 1500 человек. Конвенция несколько раз пересматривалась, и в настоящее время действует редакция 1974 г. и Протокол к ней 1978 г., поэтому сокращенно ее обозначают как конвенцию SOLAS 1974/78 (SOLAS 1974/78). В соответствии с Конвенцией сформулированы требования к непотопляемости пассажирских судов (в том числе и не совершающих заграничных рейсов) в части V Правил классификации и постройки морских судов Регистра СССР „Длинные на отсеки“ [34].

Основное требование к непотопляемости пассажирских судов заключается в том, чтобы фактические длины отсеков $l_{\text{отс}}$ не превосходили допустимых длины $l_{\text{доп}}$:

$$l_{\text{отс}} \leq l_{\text{доп}} \quad (9.1)$$

Определение $l_{\text{доп}}$ производится в соответствии с указаниями Правил, при этом за исходную величину принимается значение предельной длины затопления $l_{\text{зат}}$. Для $l_{\text{зат}}$ подразумевается такая наибольшая длина затопленного отсека, середина которого расположается в рассматриваемой точке по длине судна, при затоплении которой аварийная категрия

остается предельной линии погружения, т. е. линии пересечения настила палубы, по которой пролегают поперечные водонепроницаемые переборки (переборки переборки), с поверхностью бортовой обшивки.

Допустимая длина отсека составляет определенную часть предельной длины или совпадает с ней:

$$l_{\text{отс}} = \eta l_{\text{зат}} \quad (9.2)$$

где $\eta \leq 1,0$ — численный коэффициент, называемый фактором затопления (длины), величина которого зависит от размеров судна, мощности энергетической установки и количества людей на борту. Величина η определяет так называемый стандарт непотопляемости проектируемого судна, равный количеству отсеков, при затоплении которых судно теряет способность отходить из плаву. Поскольку $l_{\text{отс}} = l_{\text{доп}}/\eta$, сказав между η и относительной судне выражается следующим образом: $0,5 \leq \eta \leq 1,0$ — одноточечный стандарт непотопляемости, $0,33 \leq \eta \leq 0,5$ — двухточечный стандарт непотопляемости, $\eta \leq 0,33$ — трехточечный стандарт непотопляемости.

Формулы для определения фактора затопления сконструированы таким образом, что величина этого коэффициента уменьшается по мере роста размеров судна, мощности их энергетической установки и количества перевозимых пассажиров, что отражает стремление к обеспечению большей степени безопасности более дорогих и насыщенных судов.

В дополнение к требованиям (9.1) СОЛАС 1974/78, Правилами [34] Регистра СССР предусматриваются выполнение расчетов посадки пассажирского судна с затопленными отсеками, подтверждающие, что аварийная категрия ни в одной точке не пересекает предельную линию погружения.

Определенные требования предъявляются и к остойчивости аварийного судна: регламентируется параметры диаграммы статической остойчивости и минимальное значение начальной метапортового вылета непаксимального судна, а также максимальные допустимые углы крена до и после срабатывания при несимметричном затоплении отсеков.

В отношении обеспечения непотопляемости пассажирских судов Правилами Регистра СССР [34] исходят из следующих основных положений: суда должны иметь возможно более эффективное деление на отсеки с учетом характера эксплуатации, для которой они предназначены; степень плавания судна на отсеки должна изменяться в зависимости от района плавания и размеров судна таким образом, чтобы высшая степень деления соответствовала судам, имеющим наибольшую длину, а также судам, совершающим рейсы в Арктике и Антарктике.

В соответствии с этими положениями предусмотрено распространение требований к подразделению на отсеки, иными словами — к обеспечению непотопляемости, на суда следующих типов и размеров: судоходные суда, эксплуатируемые в симметричных классах зонки категорий лесных условий УДА и УЛ, последние длиной 90 м и более; нефтяные суда газовозы

и суда, перевозящие химические грузы наливом; пассажирские суда длиной 170 м и более; рыболовные суда длиной 100 м и более; ледоколы длиной 50 м и более, буксиры длиной 40 м и более, спасательные суда, а также на некоторые другие суда.

Важно отметить, что среди судов, на которые не распространяется действие Правил [34], оставлены универсальные и специализированные сухогрузные суда (танкеры, рефрижераторные суда, рулевые и др.), если они не имеют усиленных ледовых подкреплений и не предназначены для эксплуатации в Арктике и Антарктике. Вопрос о применении к ним требований Правил [34] решается аддитивами этих судов, что находит отражение в заданиях на разработку проектов.

К судам, подпадающим под действие Правил [34], предъявляются требования, аналогичные тем, которые предъявляются к пассажирским судам, но в ряде отношений более мягкие. Так, например, двухосечный стандарт избыточности требуется лишь для немногих судов (в том числе для сухогрузных судов с повышенными подкреплениями категории УЛА длиной 100 м и более при автономном ледовом плавании), для большинства – лишь односекционный. Трехосечный стандарт вообще не предусматривает. Далее, для пассажирских судов проверка соответствия фактических и допустимых для отсеков может быть заменена расчетом посадки поврежденного судна при затоплении различного количества отсеков, причем допускается, при выполнении определенных условий, пересечение изображений астероидной и преломленной линий погружения. Менее жесткие требования предъявляются и к изыскам остойчивости.

В отношении судов меньших размеров, не подпадающих под действие Правил [34], Регистр СССР рекомендует принимать все меры, допускаемые назначением к условиям эксплуатации, для достижения изысканной остойчивости характеристик деления на отсеки.

В заключение следует остановиться на том, что Конвенцией СОЛАС 1974/78 и Правилами Регистра СССР предусмотрена возможность вероятностного подхода к проверке эффективности водонепроницаемого деления судна на отсеки. Различие заключается в том, что Конвенцией расчет вероятностных индексов рассматривается как допустимая замена традиционной процедуры проверки, а то время как в Правилах [34] вероятностный расчет считается основным, а традиционный способ проверки рассматривается как допустимый. Применение вероятностного способа оценки непотопляемости не освобождает от необходимости проверки выполнения требований к остойчивости поврежденного судна.

5.9.3. Запас плавучести и его зависимость от элементов судна

Отсеки изысканного судна определяются соотношением между объемами затопляемых отсеков и запасом плавучести, создаваемым непроницаемыми для воды объемами надводной части судна: судно может выдержать тем большей объем затопления (бóльшее количество

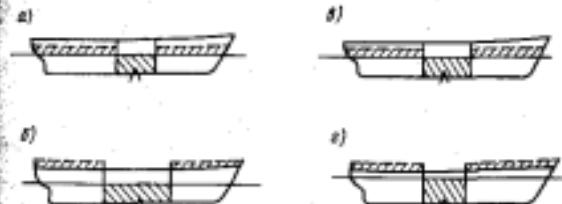


Рис. 9.1. Соотношение между запасом плавучести V_{AH} и объемом затопляемого отсека V_H а, к – запас плавучести достаточен, судно остается на плаву; б, г – запас плавучести недостаточен, судно тонет

запаса) в корпус судна), чем больше запас плавучести (рис. 9.1). Таким образом, создание надлежащего запаса плавучести, наряду с водонепроницаемым подразделением корпуса, является важнейшей мерой по обеспечению непотопляемости проектируемого судна. Вспомогательные проектные данные отчетливо представляют зависимость величины запаса плавучести от элементов судна.

При определении запаса плавучести военных кораблей принимают во внимание полный кипротивенный объем корабля, у гражданских судов в запас плавучести включается объем надводной части корпуса до палубы переборок, являющихся для грузовых судов, как правило, верхней палубой. Если объем корпуса и высоту борта до этой палубы обозначить, соответственно, через H_0 и H_0 , то, исходя из приближенных соотношений, основанные на представлении строевой по материнки в виде параболы, можно написать:

$$W_B = V(H_0/T)^{4/5},$$

где V – объемное водоизмещение судна во садку T , а α и δ – коэффициенты теоретического чертежа. Тогда запас плавучести V_{AH} выражается следующим образом:

$$V_{AH} = W_B - V[(H_0/T)^{4/5} - 1]. \quad (9.3)$$

Переход к относительному запасу плавучести V_{AH} , равному отношению абсолютного запаса плавучести к объемному водоизмещению, получим

$$V_{AH} = (H_0/T)^{4/5} - 1. \quad (9.4)$$

Из структуры формул (9.3) и (9.4) следует вывод о том, что величина абсолютного и относительного запасов плавучести зависит от относитель-

высоты борта к осадке и коэффициента огнестойкости ламмы. Поскольку коэффициенты B и α связаны между собой геометрически, возможность параллельного изменения их отношения несмысль ограничена. Поэтому основное влияние на величину $T_{\text{ш}}$ оказывает отношение H/T , за счет наименшего выбора которого и добиваются, в основном, удовлетворения требований к характеристикам непотопляемости проектируемых судов. В то же время это отношение нельзя принимать слишком большим – с запасом, так как это приводит к нерациональному увеличению объема и массы корабля за счет соответствующего уменьшения массы погруженного груза. Следствием этого является увеличение стоимости судна при одновременном уменьшении доходности, что приводит к снижению его экономической эффективности.

Поскольку величина отношения H/T влияет также на грузоподъемность судна (см. гл. 7), сплошной поиницальной рекомендации приводить значения этого отношения минимальными, исходя из требований к обеспечению грузоподъемности и непотопляемости.

Для большинства современных грузовых судов характерны значения H/T , лежащие в пределах от 1,30 до 1,55, чему соответствует сплошной запас плавучести $V_{\text{ш}} = (25-50)\%$. У пассажирских судов $V_{\text{ш}}$ достигает 80% и более; у военных кораблей – 100 и даже 150% [22]. В заключение этого параграфа уместно привести следующее положение, сформулированное известным кораблестроителем академиком А. Н. Крыловым: „Часто говорят: „непотопляемость корабля обеспечивается подразделением трума на отсеки“. Это выражение неправо. Непотопляемость обеспечивается запасом плавучести корабля. Подразделение трума на отсеки есть одно из средств для использования запаса плавучести“.

6.9.4. Определение главных размерений проектируемых судов исходя из требований к аварийной стойкости

Для решения поставленной задачи рассмотрим влияние отклонения B/T и протяженности затопления на стойкость аварийного судна.

Из соотношений выражений для начальной метацентрической высоты неповрежденного и аварийного судна, написанных применительно к методу последовательного волнистомешения

$$h = z + p - z_g \quad \text{и}$$

$$h_{\text{ш}} = z_{\text{ш}} + p_{\text{ш}} - z_{g\text{ш}},$$

получим

$$\Delta h = h_{\text{ш}} - h = (z_{\text{ш}} - z) + (p_{\text{ш}} - p) \quad (9.5)$$

или

$$\Delta h = \Delta z + \Delta p. \quad (9.6)$$

Использовав закономерности перехода элементов плавучести и начальной стойкости по протяжке при частичном подборе сопоставимых судов, можем написать:

$$\Delta z = \Delta z_0(T/T_0);$$

$$\Delta p = \Delta p_0(B^2/B_0^2) = \Delta p_0(B^2/B_0^2)(T_0/T);$$

откуда

$$\Delta h = \Delta z_0(T/T_0) + \Delta p_0(B^2/B_0^2)(T_0/T). \quad (9.7)$$

Поделив обе части этого уравнения на B , получим

$$\frac{\Delta h}{B} = (\Delta z_0/T_0)(T/B) + (\Delta p_0/B_0)(T_0/B_0)(B/T). \quad (9.8)$$

Так комбинация величин, относящихся к судну, принятому за прототип, и обозначенных индексом „0“, представляет собой членные коэффициенты при отклонениях T/B и B/T . Обозначив первый член полученной зависимости через A_1 , а второй – через A_2 и учитывая (9.5), можем написать

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= f(B/T) > 0; \\ A_2 &= f(B/T) < 0. \end{aligned} \right\} \quad (9.9)$$

Уравнение (9.8) перепишем следующим образом:

$$\Delta h/B = A_1 + A_2, \quad (9.10)$$

что графически можно представить так, как показано на рис. 9.2.

Взаиморасположение кривых A_1 и A_2 позволяет сделать следующие выводы:

- у стоякостемы узких судов стойкость после затопления отсеков может увеличиваться;

- у судов с объемными изменениями отклонения $B/T > 2$ стойкость после затопления отсеков уменьшается, причем в том большей степени, чем больше значение B/T .

* Крылов А. Н. Воспоминания и очерки. И., из-во АН СССР, 1956, с. 132.

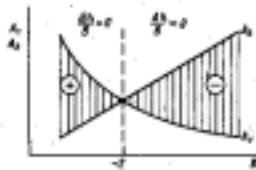


Рис. 9.2. Характер изменения величины в зоне $\Delta B/B$ в зависимости от относительной B/T

Нетрудно видеть, что отмеченная закономерность определяется соотношением между положительным приращением огнищины ЦВ Δr – возрастание углаения осицца аварийного судна, и уменьшением потерянного метacentрического радиуса Δr – возрастание уменьшения площади действующей затекиции, следовательно к с момента инерции относительно продольной оси. У сравниваемых судов $\Delta r > \Delta r$, у более широких отклонений обратное.

Подтверждением и развитием полученных выводов служат и материалы, связанные с выяснением влияния сплошности днища затопления $I_3 = I_3(B)$, где I_3 – абсолютная пропорциональность затонувшей части судна, на изменение остойчивости при различных значениях относительной B/T .

Получены экспериментальные статистики кораблей, можно сказать следующее: исходные выражения для приращения огнищины ЦВ и метacentрического радиуса, зависящие непосредственно от α , расположенного в пределах метacentрической астении судна, общим видом равны $\tau_{\text{ст}} = f(\alpha)$, пропорциональны I_3 , а изменение ЦВ над $\alpha = 0$:

$$\Delta r = f_{\text{ст}}(B) \cdot (T - T_{\text{ст}} + (\Delta r/2));$$

$$\Delta B = -\frac{\Delta r}{V} = -\frac{1}{12} \frac{B^2 I_3}{B/T},$$

где Δr – приращение осадки аварийного судна.

При этом во внимание, что

$$T_{\text{ст}} = (I/2) \cdot (T + h_{\text{ст}});$$

$$\Delta T = T_{\text{ст}}(B - x_{\text{ст}}) = (\Delta r/2) / (n - I_3),$$

где $x_{\text{ст}}$ – высота днища судна; n – коэффициент затеки до затопления; $x_{\text{ст}}$ – потерявшая площадь затеки, и потому $n > 1$, потому существо выражения для приращения относительной метacentрической высоты:

$$\frac{\Delta B}{B} = \frac{I_3}{36} \left(1 - \frac{h_{\text{ст}}}{T} \right)^2 \left(1 + \frac{I_3}{n - I_3} \right)^2 \frac{T}{B} - \frac{I_3}{12} \frac{B}{T}. \quad (9.11)$$

Результаты расчетов по формуле (9.11), выполненные применительно к судну, у которого $B = 0.65$, $n = 0.75$ и $h_{\text{ст}} = 0.16T$, а значение $I_3 = 0.05+0.40$ и $B/T = 2.0+4.0$, представлены на рис. 9.3. Оказавшись, что для

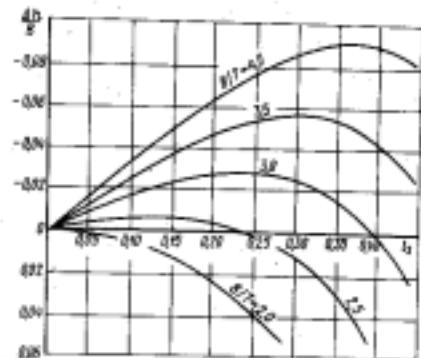


Рис. 9.3. Приращение остойчивости аварийного судна $\Delta B/B$ в зависимости от относительной пропорциональности затопления I_3 и относительной B/T

судна с различными значениями исходных величин кривые расположены несколько иначе, но характер их сохраняется, что позволяет сделать определенные общие выводы, в итоге:

чем больше относительное B/T , тем интенсивнее падение остойчивости аварийного судна;

хотя кривые $-\Delta B/B = f(I_3)$ имеют максимум, в практическом важном диапазоне значений I_3 расположены исходящие ветви этих кривых, поэтому можно почти однозначно утверждать, что с увеличением относительной пропорциональности затопления аварийная остойчивость судна ухудшается.

График, подобный изображенному на рис. 9.3, может быть использован для определения значений параметров проектируемого судна итога из требований к аварийной остойчивости.

Действительно, если известна величина относительной метacentрической высоты судна h/B (принято, например, по данным § 8.4) и минимально допустимое значение относительной метacentрической высоты после аварии $(h/B)_{\min}$, определяемое нормативными требованиями,

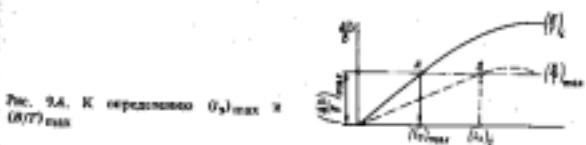


Рис. 9.4. К определению I_3 max из $(h/B)_{\min}$

то можно найти предельно допустимое падение остойчивости этого судна:

$$(\Delta h/B)_{\max} \leq (h/B) - (h/B)_{\min}. \quad (9.12)$$

Тогда, с помощью упомянутого графика, можно решить одну из следующих задач:

а) известны $(\Delta h/B)_{\max}$ и абсолютная протяженность затопления L_3 у судна с отношением $B/T = (B/T)_A$; по графику определяется предельное значение $I_3 = (I_3)_{\max}$ – соответствующее абсолютной точке А на рис. 9.4, тогда минимально допустимая длина этого судна $L_{\min} = L_3 + I_3$ (9.12) также.

б) при известных значениях $(\Delta h/B)_{\max}$, L_3 и длина судна I_3 , а следовательно и $(I_3)_A = L_3/I_3$, по графику определяется максимальное допустимое значение отношения $B/T = (B/T)_{\max}$, соответствующее кривой, проходящей через точку А на рис. 9.4.

Таким образом, с помощью графиков типа, представленного на рис. 9.3, можно определить минимальную необходимую длину проектируемого судна с выбраным отношением B/T или максимальное допустимое значение этого отношения при известной длине судна, позволяющие сказать, что требования к аварийной остойчивости рассматриваемого судна окажутся выполнимыми.

В этой связи необходимо обратить внимание на двойственный характер влияния отношения B/T на остойчивость аварийного судна.

Увеличение этого отношения понижает остойчивость поврежденного судна, и, соответственно, величину $(\Delta h/B)_{\max}$, как это следует из (9.12). Но, в то же время растет и значение $-\Delta h/B$, поэтому положительное или отрицательное влияние увеличения этого отношения на окончательный результат – остойчивость судна после аварии – трудно предвидеть, что может быть представлено следующим образом:

$$\frac{B}{T} \uparrow \rightarrow \begin{cases} (h/B) \downarrow \\ (-\Delta h/B) \uparrow \end{cases} \rightarrow \left(\frac{h}{B} \right)^{\text{**}} \uparrow \uparrow \quad (9.13)$$

Отсюда следует практическая рекомендация: стремиться к тому, чтобы необходимые значения h и B/T проектируемого судна были получены при минимальной величине отношения B/T за счет восмергового снижения ЦТ судна. Этот путь приводят, при сохранении независимой относительной метacentрической высоты, к следующим положительным результатам:

$$\begin{cases} \frac{h}{B} = \text{id}, \\ I_3 \downarrow \end{cases} \rightarrow \left(\frac{B}{T} \right) \downarrow \rightarrow \left(\frac{-\Delta h}{B} \right) \downarrow \rightarrow \left(\frac{h}{B} \right)^{\text{**}} \downarrow. \quad (9.14)$$

Особенно актуальна эта рекомендация для судов с высоким расположением ЦТ – пассажирских (с развитой надстройкой), лесовозов и

контейнеровозов (с высоким расположением грузом), у которых для достижения приемлемой остойчивости призывают повышенные значения B/T . Снижение ЦТ может быть достигнуто путем выносления надстроек из легких спален, тщательной обработки общего расположения судна и применения балластировки.

9.9. Выбор расчетных предельников и проверка выполнения требований, предъявляемых Регистром СССР к мореплаваемости судов

Проверка выполнения требований, предъявляемых к аварийной посадке и к аварийной остойчивости проектируемого судна, связана с выбором расчетных предельников, оговоренность которых приводит к наиболее высоким показателям затопления отсеков этого судна. Первым шагом за пути к установлению таких предельных величин определение размеров поврежденной коробки судна. Применительно к морским судам эти размеры регламентируются Правилами [34] Регистра СССР следующим образом.

Протяженность повреждений $I_{\text{повр}}$ по длине судов: пассажирских загружаемых плаваниями 3,0 + 0,03L, или 11,0 м; наливных (танкеров) 1/3L^{2/3}, или 14,5 м, и остальных судов 3,0 + 0,03L, или 0,10L, или 11,0 м.

В каждом случае принимается меньшая из соответствующих величин. Очевидно, что при расстоянии между потерченными переборками любого отсека, меньшем, чем $I_{\text{повр}}$, один из них должна считаться разрушенной даже в том случае, когда рассматривается судно с односторонним стандартом живучестиности.

Глубина повреждений $I_{\text{повр}}$ от борта к диаметральной плоскости судна для наливных судов (танкеров) составляет 0,28 или 11,5 м (принимается меньшая из этих двух величин); для остальных судов 0,28.

Протяженность повреждений по высоте принимается от основной плоскости настремления аварии.

Кроме того, в Правилах [34] приводятся особые указания о размерах повреждения днища наливных судов, а также о том, существует ли замечание о необходимости рассмотрения восходящей затопляемости в отношении угла крена и аварийной метацентрической высоты при повреждении корпуса машины, чем приведены выше, размеры, если они могут привести к более тяжелым последствиям. Это замечание относится в первую очередь к плаванию дну судна (считать ли его разрушенным или поврежденным), а также к плаванию палубам многощупльных судов, если эти палубы расположены ниже исходной кромки поврежденного судна.

Проверку выполнения требований, предъявляемых к живучестиности судов, можно осуществлять путем перебора всех возможных вариантов затопления отсеков в расчетах восстановлений аварийной посадки и остойчивости судна применительно ко всем рассмотренным

варианта. Такой путь, являясь достаточно трудоемким и длительным, не гарантирует в то же время от пропуска вариантов, которые могут оказаться как раз наиболее приемлемыми. Поэтому возникает необходимость в акцентном определении такого наиболее приемлемого по своим последствиям варианта. Задача выбора расчетных предположений заключается в том, чтобы найти такое их сочетание, при котором можно сократить наиболее неблагоприятные последствия затопления отсеков. Такой вариант и является расчетным при проверке выполнения требований, предъявляемых к аварийной плавости и аварийной остойчивости судна.

При этом следует выбрать следующие исходные предположения: а) составная нагрузка судна; б) положение заготовленного отсека по длине корпуса судна; в) положение пробочки в пределах отсека.

Поскольку расчетные комбинации исходных предположений зависят от условий затопления – симметричного или несимметричного, их следует рассмотреть по отдельности.

В случае симметричного затопления отсеков нормируются минимально допустимые значения аварийного надводного борта (F_{av})_{min} и метacentрической высоты (θ_{av})_{min}.

Нормируемые значения F_{av} определяют при следующем сочетании исходных предположений:

а) принимают наибольшие из всех возможных водонепроницаемые судна, которое соответствует минимальный надводный борт в киповреждном состоянии;

б) уменьшение исходного надводного борта зависит от увеличения средней осадки и дифферента. Поскольку одновременно (если она предусмотрена у просекированного судна) в корме всегда меньше, чем в носу, рассматривают затопление кормовых отсеков. Величина дифференцирующего момента зависит от объема отсека и его удаления от середины длины корпуса судна. Отметим, что максимальное значение этого момента соответствует расположению середины длины затопления на расстоянии примерно $L/6$ от кормовой оконечности судна;

в) количество лежащей в отсеке воды оказывается наибольшим в предположении разрушения и затопления двойного дна, всех щитов и шторок в пределах аварийных отсеков.

Максимальному значению b_{av} соответствуют уже иные исходные предположения:

а) при выборе расчетного состояния нагрузки предполагают то, которому соответствует наименьшее значение K . У грузовых судов это, обычно, водонаполнение с грузом и остатками судовых запасов. Кроме того, при водонаполнении, отличающемся от полного, уменьшающей осадки, возрастает отношение B/T , а следовательно, более интенсивно уменьшается остойчивость аварийного судна;

б) рассматривают затопление отсеков, расположенных в средней, наиболее широкой части судна, что предопределяет максимальную потерю площади действующей ватерлинии и, как следствие – метacentрического радиуса и начальной метacentрической высоты;

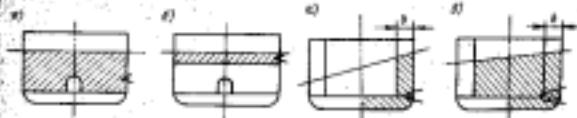


Рис. 9.5. Равнотное заливание пробочки в отсеке одновалубного (а) и двухвалубного (б) судна

в) пробочку сдвигают расположенной так, что двойное дно и коридор гребного вала или даже наклонная палуба остаются непоницаемыми (рис. 9.5). Такое предположение приводит к тому, что по сравнению со случаем разрушения этих конструкций значительно уменьшается количественное проникновение газа при неизменной величине отрывистого проникновения α ; в результате аварийная метacentрическая высота уменьшается, поскольку

$$h_{av} = h + \Delta z = -d_r. \quad (9.15)$$

В случае несимметричного затопления отсеков нормируются минимально допустимый надводный борт и максимально допустимый угол крена, т. е. (F_{av})_{min} и (θ_{av})_{max}.

Рассмотрим условия, при которых $F_{av} = (F_{av})_{min}$:

а) Определенно сказать, при каком состоянии нагрузки и соответствующему этому состоянию водонепроницаемым – в данном случае или с грузом и остатками судовых запасов аварийный надводный борт окажется наименьшим, не представляется возможным, так как в первом случае меньше, чем во втором, исходный надводный борт, но меньше и угол крена, во втором случае картина обратная. Поэтому проверку необходимо проводить применительно к обоим состояниям нагрузки;

б) рассматривается затопление отсеков, расположенных в кормовой оконечности судна, когда складывается проникновение средней осадки, влияние крена и дифферента;

в) несимметричность затопления может обусловливаться или только вертикальным креном, или креном и продольными переборками. Первый случай очевиден, во втором продольные переборки, близящие к кормовому борту, можно рассматривать как целую или как разобщенную (рис. 9.6). Если переборка отсека от борта на расстояние $b > b_{av}$, то она должна считаться неразрушенной. В случае $b < b_{av}$, вопрос не столь ясен, так как в краине затопления с большой угловой скоростью, варьируя b соответствует больше проникновение средней осадки. В этом случае поддается проверке оба возможных варианта.

Максимальный угол крена при несимметричном затоплении отсеков (θ_{av})_{max} можно сократить при следующей комбинации исходных предположений:

а) состояние нагрузки пакетом соответствовать минимальному значению коэффициента поперечной остойчивости, т. е. произведению $D\lambda$. Обычно это наступает при прибытии судна в порт назначения — с грузом и остатками судовых запасов;

б) рассматривают последовательно затопления наиболее широких отsekов, расположенных в средней части судна, что соответствует минимальному времени краиному и максимальной аварийной остойчивости;

в) проблему считают такого размера и расположения так, как в варианте в рис. 9.6.

Предложенный выше подход к выбору расчетных предрасчетов используется при выполнении проверочных расчетов аварийной посадки и остойчивости проектируемого судна, о чем говорилось в § 9.2.

Вероятностная оценка непотопляемости проектируемого судна (оценка давления на отсеки — по терминологии Регистра СССР) заключается в расчете фактического индекса давления A и сопоставлении его с требуемым индексом давления R .

С этой целью подсчитываются вероятность σ затопления каждого отсека (или группы смежных отсеков) в зависимости от его положения по длине судна и протяженности отсека, которая умножается на вероятность σ сохранения судна на плаву при прорывании данного отсека (группы отсеков). Суммирование полученных величин по всем отсекам (группам отсеков) судна дает фактический индекс A :

$$A = \Sigma \sigma_{ij} \quad (9.16)$$

Требуемый индекс давления R , определяемый для всего судна в целом, зависит от его размеров и количества людей на борту.

Расчет общего индекса вероятности по формулам, приведенным в Правилах [34], структура и числовые коэффициенты которых дифференцированы по типам и размерам судов.

Давление судна на отсек считается удовлетворительным (требования к непотопляемости выполняются), если $A > R$ и аварийная посадка и остойчивость удовлетворяют требованиям в Правилах [34] требованиям.

Поскольку вероятностные расчеты весьма громоздки, допускается проверка выполнения требований к непотопляемости судов путем сопоставления индексов, а давки отсеков с помощью графо-аналитического способа, судя которого изложено в § 9.2, а последовательность построений и расчетов, базирующихся на Международной конвенции СОЛАС, приведены к пассажирскому судну сведены к следующему [51].

Расчет начинается с определения коэффициентов проницаемости μ для каждого из следующих частей корпуса судна: МО в частях, расположенных от носа к носу и корме. Вычисление производится по формулам, приведенным в [51], и в большинстве случаев приводят к одинаковым значениям μ : для МО — 0,85; для других частей судна — 0,65.

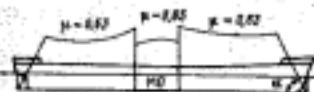


Рис. 9.7. Кривые предельных давлений



Рис. 9.8. Кривые допустимых давлений

Затем производится расчет предельных давлений затопления (пределных давлений отсеков). Вследствие различия коэффициентов проницаемости во длине судна кривая $I_{\text{пред}} = f(L)$ получает склон (разрывы) на переборках МО (рис. 9.7). При одинаковом масштабе построений во длине и высоте через каждые наливные прямые, ограничивающие кривую в носу и в корме, проводятся под углом $\alpha = \arctg 2$.

По приведенным в [51] зависимостям подсчитываются кратный склон c_p , затем — фактор подразделения $\eta = f(c_p, L)$, позволяющей перевести от предельных к допустимым давлениям отсеков (см. § 9.2).

На заключительном этапе проверки строится кривая допустимых давлений отсеков (рис. 9.8). На базовой палубе, равной в высоте давле судна, отмеченные места расположения поперечных водонепроницаемых переборок, и из этих точек под углом α проводятся до взаимного пересечения отрезки прямых. Высоты образовавшихся таким образом равнобедренных треугольников оказываются равными их основаниям, поэтому расположение всех вершин треугольников под кривой $I_{\text{доп}}$ напрямую связывается с выполнением требований (9.1) — $I_{\text{доп}} \leq I_{\text{пред}}$. При этом на судах длиной 100 м и более суммарная протяженность форсума спускающего давления в корму отсека не должна превышать допустимой длины.

Построение кривой допустимых давлений отсеков пассажирских судов отличается тем, что в соответствии с Правилами [34] применяются иные значения коэффициентов проницаемости μ , не выполняются кратный склон c_p , а коэффициент подразделения η принимается равным 1,0 или 0,5 в зависимости от типа, размеров и района плавания судна.

5.8.8. Учет требований Правил о грузовой марке

Правила о грузовой марке морских судов Регистра СССР [37] основаны на требованиях Международной конвенции о грузовой марке 1966 г. и определяют порядок и условия расчета минимального допустимого борта F_{\min} морских грузовых судов (за исключением прогулочных яхт). В отличие от Международной конвенции Правила Регистра распространяются и на суда, не совершающие международных рейсов, а также на суда длиной менее 24 м.

Регламентация надводного борта означает ограничение максимальной допустимой осадки судна

$$T_{\max} = H - F_{\min}, \quad (9.17)$$

а следовательно и предельных значений его водонепроницаемых поддектов. Естественно, поэтому, проектировать суда, в первую очередь грузовые, так, чтобы обеспечить получение минимально возможного надводного борта и максимальной осадки, для чего необходимо знать и применять рекомендации основных положений Правил [37].

Обязательной предпосылкой для получения минимального надводного борта является выполнение следующих требований:

а) прочность и стойкость судна достаточны для эксплуатации его с F_{\min} и T_{\max} ;

б) выполнены предписания Правил [37] к деталям конструкции и расположению рубок, надстроек, грузовых лифтов и трубоходных портков, сходных и зрачков спиральных на палубе надводного борта и надстроек, секторальных головок, пандусов, клеммников, ширмовых пертиков, фальшбортов, переходных мостиков и лестничных ограждений.

Если судно проектируется в классе Регистра СССР в соответствии с его правилами, то специальная проверка выполнения требований пункта а не требуется, предполагается, что в этом случае они выполняются автоматически. Требования пункта б должны быть приняты во внимание в процессе проектирования судна.

Определение величины минимального борта F_{\min} складывается из двух этапов. Сначала по таблицам, приведенным в Правилах [37], определяют базисный надводный борт F_0 в зависимости от типа и длины судна. Затем вносятся поправки к F_0 , учитывающие отклонение характеристик проектируемого судна от аналогичных характеристик стандартного судна, для которого приведены табличные значения F_0 .

Таблицы $F_0 = f(L)$ даны для судов двух типов: танкеров (суда типа А) и всех остальных (суда типа В). Поскольку танкерам присущее более эффективное деление корпуса на отсеки, а вороты в палубе для доступа в трубоходные лифты значительно меньших размеров и снабжены более надежными застежками, чем вороты в верхней палубе секторальных и зрачков судов, базисный надводный борт судов типа А существенно меньше, чем у судов типа В. Расхождение увеличивается пропорционально размерам судов в составе: около 12% для судов длиной 100 м, 25% для судов длиной 200 м и 33% для судов длиной 250 м.

Предусмотрен возможность уменьшения надводного борта судов типа В длиной 100 м и более при выполнении определенных требований к их конструкции и эксплуатации, включая до назначения на базисного надводного борта как судам типа А. Так, например, надводный борт судов типа В может быть уменьшен на 60% различия табличных значений F_0^A и F_0^B , если судно остается на плаву при затоплении водой одного любого поврежденного отсека, кроме МО, а при $L > 225$ м также и МО.

Уменьшение базисного надводного борта F_0^B по значению F_0^A возможно при достижении двухэтапного стандарта непотопляемости (исключая МО) и обеспечение безопасности экипажа при переходе во все районы судна, погружая в которые необходимы при его эксплуатации. Последнее требование налагается путем устройства переходного мостика на уровне первого яруса надстроек, или подпалубных проходов, что характерно для судов, перевозящих массовые грузы, из которых такие проходы располагаются выше борта.

Стандартное (базовое) судно, для которого приведены значения F_0 , отличается следующими характеристиками: коэффициент общей полноты δ_p , соответствующий расчетной осадке $T_p = 0,8H$, равен 0,68; судно гладкопалубное, т. е. без надстроек; высота борта $H = 1/15$; сидячность верхней палубы стандартная, а для судов типа В дополнительно предполагается, что закрыты люки стальных, непроницаемые при воздействии моря, склонными трещинами и устройствами для задержания.

Введение поправок к F_0 на отступление от первоначальных характеристик должно обеспечивать у проектируемого судна та же относительная залес плавучести и аналогичная степень защищенности от попадания воды внутрь корпуса судна через отверстия в верхней открытой палубе (т. е. палубе надводного борта), как и у стандартного судна, у которого они называются достаточными.

В заключение этого параграфа необходимо обратить внимание на специфический подход Правил [37] к определению расчетной длины судна и надстроек, а также на регламентацию минимальной высоты надводного борта на основе принципиальной (но терминологией Регистра "длина в плюсе"), которая может быть обеспечена за счет сидячности и носовой надстройки, т. е. бака. Особые грузовые марки назначаются пассажирским судам и судам-ливоварям.

Контрольные вопросы

1. В чём заключаются специальные межотраслевые и наименованные требования к надводности судов?
2. От каких элементов судов зависит величина залес плавучести?
3. Как влияет сужение Б/Г и относительная длина затопления на изгибную стойкость судов?
4. На чем базируется выбор расчетных предположений при проверочных расчетах надводности?
5. С какой целью вносятся поправки к базисному надводному борту?

**СВЯЗЬ МЕЖДУ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ
ПРОЕКТИРУЕМЫХ СУДОВ
И СОПРОТИВЛЕНИЕМ ВОДЫ ИХ ДВИЖЕНИЮ**

5.10.1. Правдивительские замечания

При определении элементов проектируемого судна, а также при их корректировке, производимой для улучшения какихлибо показателей судна, необходимо учитывать взаимосвязь элементов судна с его пропускными (ходовыми) характеристиками. Проектант должен уметь выбирать элементы судна, обеспечивающие при прочих равных условиях минимальную потребную мощность СЭУ, и иметь представление о том, в каком последствии (увеличении или уменьшении мощности СЭУ и с какой интенсивностью) приведет изменение рабочих выбранных элементов. Чтобы выполнить эти требования необходимо знать и учитывать основные закономерности, связывающие величину сопротивления воде движения судна с его элементами.

Длительным изысканием этих вопросов занимается гидромеханика и теория корабля, в проектировании судов используются основные выводы в положения подобных исследований с акцентом на физической стороне рассматриваемых явлений. Это позволяет выделить принципиальные взаимосвязи элементов судов с их пропускными характеристиками, опускать многие детали и частные вопросы, существенные с точки зрения гидромеханики, но не представляющие интереса в проектировании судов.

Закономерности, связывающие величину сопротивления воды и элементы судов, различны в различных диапазонах относительных скоростей (т. е. числа Фруда $Fr = \frac{v}{L} \sqrt{\frac{g}{L}}$, где v — скорость судна, м/с; g — ускорение свободного падения, м/ s^2 ; L — длина судна). Выделяют три таких диапазона и соответственно различные суда на три категории: относительно тихододные суда, плавающие в диапазоне числа Фруда $Fr < 0,23+0,25$; среднекороткие суда, $Fr = 0,25+0,35$; относительно быстроходные суда, $Fr > 0,35$.

Ниже приведены значения относительных скоростей (чисел Фруда), характерные для современных судов и кораблей.

Суда и корабли	Число Фруда
Тихододные грузоотправные суда	0,17—0,26
Танкеры и суда для перевозки массовых грузов	0,13—0,22
Пассажирские суда и паромы	0,23—0,33
Буксиры и рыболовные суда	0,25—0,35
Боевые корабли	0,35—0,60

Сопротивление воды движению судов R складывается из трех основных компонентов: сопротивление трения R_{tr} , сопротивление формы

R_f и вспомогательного сопротивления R_a :

$$R = R_{tr} + R_f + R_a. \quad (10.1)$$

При расчетах сопротивления его разбивают обычно на два слагаемых — сопротивление трения R_{tr} и остаточное сопротивление R_{rest} , объединяющее все компоненты: $R_{rest} = R_f + R_a$. Таким образом,

$$R = R_{tr} + R_{rest}. \quad (10.2)$$

Такое членение R соответствует различным подходам к определению R_{tr} и R_{rest} : первое слагаемое рассчитывают аналитическим путем, а второе — определяют с помощью графиков (или таблиц), полученных по результатам систематических модельных испытаний, или путем пересчета с модели движущего судна, испытанной в опытном бассейне. Другие, более мелкие компоненты полного сопротивления движения судна (так называемые дополнительные виды сопротивления) — сопротивления широковатости в выступающих частях, сопротивления воздуха удаляющихся от судна струйками.

В дальнейшем изложения будем употреблять для краткости термин „полное сопротивление“, соответствующий (10.1) и (10.2).

Основная значимость отдельных компонентов полного сопротивления R зависит от относительной скорости в форме корпуса судна. Представление о характеристиках сопротивления между R для судов каждой из трех категорий позволяет проектанту заранее определить — на выбор каких элементов проектируемого судна, связанных с его обводами, следует обратить первостепенное внимание для снижения сопротивления и мощности энергетической установки этого судна.

На рис. 10.1, представлена график, построенный на основе данных, содержащихся в [42], и иллюстрирующий соотношение между тремя основными компонентами полного сопротивления транспортных судов. Исходные данные относятся к судам с хорошо отработанной формой обводов. Из графика следует, что окончательный сопротивления подобных судов является сопротивлением трения (с включением надбавки за широковатость), почти которого практически не меняется в зависимости от числа Фруда относительных скоростей. У относительно тихододных судов, отличающихся большой полнотой обводов, очень мало волновое сопротивление. Для этого сопротивление непрерывно уменьшается с увеличением относительной скорости, вплоть до 5—7% от R . Существенную роль у подобных судов играет сопротивление формы. С увеличением относительной скорости до значений, соответствующих среднекоротким судам, непрерывно увеличивается доля волнового сопротивления при уменьшении сопротивления формы.

Продолжение графика до области относительно быстроходных судов возможно бы установить снижение доли R_{tr} и R_f при существенном увеличении доли R_a .

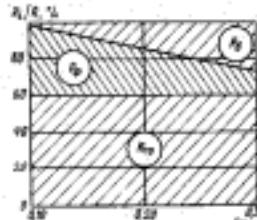


Рис. 10.1. Соотношение между составляющими полного сопротивления объемом движению транспортных судов и различными относительными сопротивлениями: R_{tr} — сопротивление трения; $R_{\text{ост}}$ — сопротивление формы; R_k — базовое сопротивление.

Переходя к разделению полного сопротивления на две составляющие R_{tr} и $R_{\text{ост}}$, можно конструировать следующее. В области относительно тонких судов преобладающей ролью играет сопротивление трения, с уменьшением числа Фруда роль его понижается у судов с менее полными, чем это обычно принято, или с хорошо отработанными обводами — за счет уменьшения сопротивления формы, а следовательно и остаточного сопротивления в целом. У относительно быстроходных судов заметно увеличивается полное сопротивление, а с ним и остаточное сопротивление в целом, при уменьшении длии сопротивления трения. При этом процесс роста R_k с увеличением L/t протекает тем интенсивнее, чем более полными являются обводы судна или лучше отработана его форма. У среднескоростных судов обе составляющие полного сопротивления примерно равновесны. Отмеченные закономерности отражены на рис. 10.2.

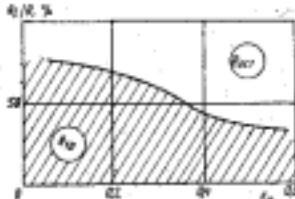


Рис. 10.2. Соотношение между сопротивлением трения R_{tr} и остаточным сопротивлением $R_{\text{ост}}$.

судна L и его смоченной поверхности S ; f_f — коэффициент, учитывающий надбакку за широковатость подводной поверхности реального судна; ρ — плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$; v — скорость движения судна, $\text{м}/\text{s}$.

Поскольку значения $f_{\text{ост}}$ и ρ не склонны к изменениям проектируемого судна, а v — заданные величины, то изменение сопротивления трения в процессе разработки профилей возможно лишь за счет f_f и S .

Коэффициент f_f является функцией числа Рейнольдса ($Re = L \cdot v / \nu$, где ν — коэффициент кинематической вязкости жидкости, $\text{м}^2/\text{с}$). При разработке элементов проектируемого судна для выбора оптимального разреза его длина изменяется сравнительно незначительно — обычно не более, чем на 15–20%, что предопределяет относительное постоянство числа Рейнольдса. Кроме того, зависимость f_f от Re является достаточно слабой — примерно обратно пропорциональной $Re^{1/4} + Re^{1/7}$. Следовательно, можно считать, что у всех вариантов проектируемого судна эти коэффициенты примерно равны, т. е. $f_f = \text{const}$.

Величина смоченной поверхности S существенно зависит от основных элементов судна. Для уточнения характера этой зависимости воспользуемся одновременной формулой Тайтора

$$S = k\sqrt{D},$$

где k — численный коэффициент, практически постоянный для судов одного типа или кораблей одного класса, а D — водозмещение судна. Выразив абсолютную длину судна L через относительную длину

$$l = \frac{L}{D^{1/3}} = \left[\frac{1}{\gamma_0^3} \left(\frac{L}{B} \right)^2 \frac{B}{T} \right]^{1/3}, \quad (10.4)$$

широко используемую в теории проектирования судов, и его водозмещение, получим

$$S = k l^{1/3} D^{2/3}$$

Тогда для двух сопоставимых судов или для двух вариантов проектирования судна, один из которых обозначен индексом „ α “), в предположении, что $D = D_0 = \text{const}$, окажется справедливым соотношение:

$$\frac{R_{tr}}{(R_{tr})_\alpha} = \left(\frac{l}{l_0} \right)^{1/2} = \left(\frac{\beta_0}{\beta} \right)^{1/6} \left[\frac{L_0 B}{(L/B)_0} \right]^{1/3} \left[\frac{B/T}{(B/T)_0} \right]^{1/3}. \quad (10.5)$$

Пополнив соотношением (10.5), можно записать следующие цепочки взаимозависимостей, на основе которых записать зависимость R_{tr} от элементов проектируемого судна:

$$\begin{aligned} & \left. \begin{aligned} & S \rightarrow l \rightarrow S \rightarrow R_{tr} \\ & L/B \rightarrow l \rightarrow S \rightarrow R_{tr} \\ & B/T \rightarrow l \rightarrow S \rightarrow R_{tr} \end{aligned} \right\} \\ & \left. \begin{aligned} & S \rightarrow l \rightarrow R_{tr} \\ & L/B \rightarrow l \rightarrow R_{tr} \\ & B/T \rightarrow l \rightarrow R_{tr} \end{aligned} \right\} \end{aligned} \quad (10.6)$$

Поскольку связь между R_{tp} , с одной стороны, и δ в B/T , – с другой, является значительно сильнее, чем между R_{tp} и L/B , то можно выделить следующую цепочку зависимостей:

$$R_{tp} = f(S) \approx f(\delta) = f(L/B), \quad (10.7)$$

хотя взаимосвязь R_{tp} и δ тоже имеет значение, о нем будут скажено позже.

§ 10.3. Взаимосвязь элементов судна и остаточного сопротивления

Компоненты остаточного сопротивления – сопротивление формы и волновое – не могут быть выражены простыми однозначными зависимостями от элементов судна. В этом случае можно использовать положения и рекомендации, выработанные опытом пристальной гидромеханики.

Под термином сопротивление формы подразумевается совокупность нескольких видов сопротивлениям движений, обусловленных свойствами жидкости (влияние составляющих сопротивления движений): сопротивления, обусловленного конечностью толщины пограничного слоя и его отрывом (сопротивление формы); сопротивления, обусловленного краиной судовой поверхности и сопротивления, связанного с разрушением носовой подводной волны.

Основным компонентом сопротивления формы R_f является сопротивление, вызванное изменениями давлений в потоке воды, перемещающейся по длине корпуса судна, и появлением вихрей в кормовой оконечности, называемое поэтому ахирским сопротивлением.

При определении элементов проектируемого судна необходимо выбирать их так, чтобы избежать интенсивного всхребтования, вызывающего рост сопротивления формы. В первую очередь это требование относится к подъемам стилюститично тихоходным судам, у которых остаточное сопротивление состоит практически из сопротивления формы (см. § 10.1). Геометрическим параметром, определяющим интенсивность всхребтования, является краинка кормовая касательная кривизны [16], которая непосредственно связана с протяженностью кормового заострения судна I_K , измеренного от кормовой грани эллиптической установки (рис. 10.3). Чем больше протяженность I_K , тем, очевидно, более

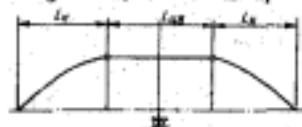


Рис. 10.3. Протяженность кормового I_K и кормового $I_{L/D}$ заострений и цилиндрической установки $I_{D/d}$.

воздухом охвачены в корме ватерлинии и тем меньше вероятность срыва вихрей при данной скорости судна. С повышением скорости и стилем краинки обшивки интенсивность всхребтования увеличивается, поэтому и I_K .

Для определения минимально допустимого значения $(L_K)_{min}$, характеризующего отсутствие кормового всхребтования, используется формула Бикера

$$(L_K)_{min} \geq 4,1\sqrt{B} = 4,1\sqrt{B/T}, \quad (10.8)$$

предложенная еще в 30-х гг. и с тех пор многократно проверенная в экспериментах, хотя и признается некоторыми специалистами чересчур жесткой [16, 42].

Относительная протяженность минимального кормового заострения $(I_K)_{min}$ связана с основными элементами судна:

$$(I_K)_{min} = (L_K)_{min}/L = 4,1(B/L)\sqrt{B(T/B)}. \quad (10.9)$$

Таким образом

$$(I_K)_{min} = f(L/B, B/T, B),$$

причем

$$(L/B) \uparrow \rightarrow (I_K)_{min} \downarrow \quad (B/T) \uparrow \rightarrow (I_K)_{min} \downarrow \quad (10.10)$$

$$\beta \uparrow \rightarrow (I_K)_{min} \uparrow$$

Знаки этих соотношений позволяют выполнить условие $(L_K) \geq (L_K)_{min}$ наиболее приемлемым способом.

Другие составляющие сопротивления формы обусловлены тем, что очи носовых судов на ходу тянут перед собой большую массу воды – подпорную волну (рис. 10.4). Эта волна непрерывно обрушивается (разрушается), что и обуславливает название сопротивления – сопротивление от обрушения (разрушения) носовой подводной волны. Для уменьшения этого сопротивления необходимо соответствующая обработка обшивки носовой оконечности судна, в частности, применение носовых бульб, позволяющих заострить косовую часть корпуса судна в районе грузовой аппарели, что приводит к снижению давления и уменьшению размыва подпорной волны.

Сопротивление, обусловленное краинкой судовой поверхности (равнительно с поверхностью эллиптической пластины) зависит, в основном, от отношения L/D . Важную вспомогательную роль, которую играет эта составляющая сопротивления формы, влиянием элементов проектируемого судна на ее величину обычно пренебрегают.



Рис. 10.4. Подпорная волна перед носовой оконечностью плавного судна.

Расчетная формула волнового сопротивления R_w во своей структуре аналогична формуле для определения величины сопротивления трения (10.3):

$$R_w = f_w \cdot \frac{\rho}{2} \cdot S \cdot U^2. \quad (10.11)$$

Как и сопротивление трения, волновое сопротивление зависит от коэффициента сопротивления f_w и смоченной поверхности судна S . Отличие заключается в том, что коэффициент волнового сопротивления f_w зависит не только от скорости судна, как коэффициент f_f , но и от его, т. е. судна, элементов, причем, значение f_w изменяется в значительно большем диапазоне, чем значение коэффициента сопротивления f_f . Не удастся

сделать коэффициент f_w с элементами судна какой-то простой однозначной зависимостью, поэтому можно лишь выделить основные факторы, влияющие на величину f_w . Помимо относительной скорости, то есть числа Фруда, эта форма носовой оконечности, коэффициент продольной полноты φ и относительная длина судна L .

Увеличение относительной скорости (до $Fr \leq 0,5$) и пропускание волновой оконечности всегда сопровождается ростом f_w и R_w . К аналогичным последствиям приводят увеличение φ и уменьшение L , однако степень влияния этих параметров формы корпуса судна на коэффициент волнового сопротивления зависит от числа Фруда относительных скоростей, в котором плавает судно. Так, применительно к относительно быстродействующим судам, основное влияние на f_w и R_w оказывает коэффициент продольной полноты φ , а изменение относительной длины оказывается значительно меньше. Это обстоятельство позволяет принимать сравнительно низкие значения L — с целью уменьшения сопротивления трения — без существенного увеличения волнового сопротивления.

В диапазоне чисел Фруда, характерном для относительно быстродействующих судов, основная роль в определении величины f_w и волнового сопротивления переходит к L , а изменение φ в довольно широком диапазоне — от 0,60 до 0,72, оказывается сравнительно слабо.

Применительно к среднескоростным судам антилобковое влияние на f_w и R_w оказывают оба параметра формы корпуса судна — и φ и L .

Существенное влияние на величину волнового сопротивления оказывает интерференция (взаимодействие) молчаний и короткой системы поперечных волн, образующихся в оконечностях судна. При благоприятной интерференции, когда гребень молчаний попадает к передней кормовой, вместе с суммарной волновой профилью уменьшается, при неблагоприятной интерференции — увеличивается. Соответственно этому на краевой волновой сопротивлении образуются малогромоздкие всплытия и более четко выраженные бутры (рис. 10.5), положение которых зависит от особенностей формы корпуса и относительной скорости судна. При невысоких относительных скоростях бутры и всплытия располагаются близко друг от друга и характеризуются незначительной амплитудой. Надежное определение их местоположения возможно лишь путем модельных испытаний. Отличию различны и стабильны по положению бутры при $Fr = 0,30$, а также при $Fr = 0,50$ — когда краевая $f_w = f_w(Fr)$ достигает максимума.

Рекомендуется выбирать основные элементы проектируемых судов так, чтобы они не оказывались на буре сопротивления. В принципе это результат рекомендации, но ее выполнение связано со следующими трудностями практического характера: во-первых, не всегда возможно при заданной скорости выбрать длину судна такой, чтобы уйти от неблагоприятной относительной скорости и, во-вторых, скорость судов в эксплуатации не остается постоянной, она постоянно меняется в зависимости от загрузки, гидрометеорологических условий, состояния главного двигателя и чистоты корпуса судна. Минимум, следовательно, и относительная

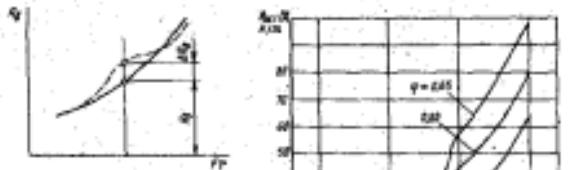


Рис. 10.5. Нестационарный буфер на кривой полного сопротивления: R_B – полное сопротивление; ΔR_B – дополнительные сопротивления, обусловленные нестационарностью линий и кирзовской системой поперечных волн

Рис. 10.6. Кривые удаления остаточного сопротивления при различных значениях коэффициента продольной податливости судна φ

скорость, благодаря этому судно может какое-то время находиться в области неблагоприятных – в отношении сопротивления – чисел Фруда. Более рациональным является другой возможный путь, позволяющий избежать экспоненциальный рост сопротивления судна – уменьшение коэффициента продольной податливости φ , что сопровождается спаджеванием буров на кривых сопротивления, как это показано на рис. 10.6.

Помимо выбора надлежащих параметров формы корпуса проектируемого судна наиболее общим путем снижения акваториального сопротивления является применение носовых бульбов и носовых обводов (форштевней) цилиндрической формы.

§ 10.4. Полное сопротивление. Гидромеханический и проектный подходы к определению оптимальных элементов судов

Рассмотрим теперь влияние изменения элементов проектируемого судна на полное сопротивление воды его движению. При этом будем исходить из постоянства волноподъемности и скорости судна, считая, что $D = \text{const}$ и $r = \text{const}$.

Влияние изменения коэффициента общей податливости δ . Положим для определенности, что отношения L/B и B/T остаются неизменными, т. е. $L/B = \text{const}$ и $B/T = \text{const}$.

Тогда

$$\delta_0 = (\delta_0/\delta)^{1/3}$$

$$R_{sp}/(R_{sp})_0 = (L_0)^{1/2} = (\delta_0/\delta)^{1/6}. \quad (10.12)$$

Таким образом, как уже отмечалось, изменение δ оказывает незначительное влияние на R_{sp} : при $\delta\delta = \pm 10\%$ получаем $\Delta R_{sp} \approx \pm 1\%$. Но направленность этого влияния всегда одна и та же – увеличение δ оказывается положительно на величину сопротивления трения и, наоборот, т. д.

$$\delta \downarrow \rightarrow R_{sp} \uparrow. \quad (10.13)$$

Более дифференцированно следует подходить к анализу последствий изменения δ применительно к остаточному сопротивлению судов различных скоростных групп.

Особенностью относительно быстроходных судов являются высокие значения коэффициента плавкости модель-изделия β , близкие к единице. Следовательно

$$\varphi = \beta/3 \approx 1,$$

поэтому влияние δ на волновое сопротивление в данном случае равнозначно влиянию β . Изменение β влияет на волновое сопротивление еще и косвенно – через изменения длины и относительной скорости. Отмеченные влияния можно представить следующим образом:

$$\left. \begin{array}{l} \delta \downarrow \rightarrow \varphi \downarrow \rightarrow L_B \downarrow \rightarrow R_B \downarrow; \\ \delta \downarrow \rightarrow \beta \downarrow \rightarrow L \downarrow \rightarrow R_{sp} \downarrow \rightarrow L_B \downarrow \rightarrow R_B \downarrow. \end{array} \right\} \quad (10.14)$$

Поскольку изменение δ практически не оказывает влияния на сопротивление форм, изменения волнового сопротивления R_B можно отнести только к изменению остаточного сопротивления R_{sp} .

Рассчитав положение δ уменьшения R уменьшается с уменьшением δ вплоть до критических низких значений Fr , когда волновое сопротивление спадает мало и выигрыш в уменьшении R_{sp} перекрывается ростом R_{sp} , что иллюстрируется зависимостью кривых полного удельного сопротивления R/D на рис. 10.7.

У относительно быстроходных судов $\beta \neq 1$ и $\delta \neq \varphi$. Однако изменение δ вызывает изменения относительных длины L , оказывающие существенное влияние на волновое сопротивление подобных судов. Поэтому в данном случае справедливы следующие закономерности:

$$\left. \begin{array}{l} \delta \downarrow \rightarrow L \downarrow \rightarrow \varphi \downarrow \rightarrow R_B \downarrow; \\ \delta \downarrow \rightarrow L \downarrow \rightarrow R_{sp} \downarrow \rightarrow L_B \downarrow \rightarrow R_B \downarrow. \end{array} \right\} \quad (10.15)$$

Поскольку доля волнового сопротивления у относительно быстроходных и среднескоростных судов значительно выше, чем у относительно



Рис. 10.7. Зависимость коэффициента общей вязкости δ на удельных сопротивлении относительной длины l для палубных судов $A_1 < A_2 < A_3$

тиходовых, положительное влияние уменьшения коэффициента общей вязкости оказывается, пропорционально к этим судам, значительно меньше. Широкое сопротивление среднескоростных и относительно быстроходных судов уменьшается с уменьшением l из-за очень малых значений этого коэффициента (менее 0,50), не находящих практического применения в практике проектирования судов.

Влияние изменения относительной длины судна l . В соответствии с (10.12) увеличение относительной длины всегда сопровождается увеличением сопротивления трения, т. е.

$$B \rightarrow R_{tr} \uparrow.$$

Влияние сопротивления относительно палубных судов медленно убывает по мере увеличения l , что при постоянстве сопротивления формы позволяет написать:

$$B \rightarrow R_{tr} \downarrow l.$$

В итоге кривая полного сопротивления, абсолютного или удельного, построенная в функции относительной длины, должна иметь минимум,

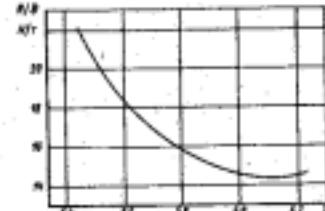


Рис. 10.8. Изменение удельного сопротивления судна в зависимости от относительной длины

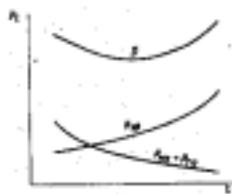


Рис. 10.9. Влияние относительной длины на изменение нагрузки и в сопротивлении проектируемого судна

что подтверждается соответствующими расчетами (рис. 10.8). Сравнительно неподвижный максимум подобной кривой располагается, обычно, в интервале значений l от 4,5 до 6,5, что совпадает с практикой выбора этого параметра формы корпуса проектируемых судов.

У относительно быстроходных судов наблюдается поскольку иная картина. Ввиду другого соотношения между R_{tr} и R , а также интенсивного влияния относительной длины на величину полного сопротивления, максимум кривой $R = f(l)$ сдвигается в область очень высоких значений l , порядка 14–15, чисто выходящих за практические пределы. В этом случае значение l , соответствующее с точки зрения практической гидромеханики и проектирования судов, оказывается изогнувшимся, поскольку при гидромеханическом подходе к определению l_{opt} принимается во внимание влияние относительной длины только на сопротивление судна и сопротивление не учитывается влияние этого параметра на массу корпуса судна, о чем подробно сказано ниже.

Влияние изменения отношения B/W и B/T . При неизмененных значениях B и B/T значение l всегда определяется величиной отношения L/B , поэтому все сказанное ранее относительно влияния l в разной степени относится и к L/B . То же самое можно сказать и о последствиях изменения отношения B/T , если считать неизменным B и L/B . Правда, значение отношения B/T из l оказывается значительно слабее, чем аналогичное влияние отношения L/B , что следует из (10.4), откуда яснее заметнее влияние B/T на сопротивление полного движению судна.

Несколько иными будут последствия изменения отношения B/T , если подойти из состояния значений B и B . В этом случае любые изменения B/T должны компенсироваться обратными по знаку пропорционально L/B . Такие изменения B/T и L/B при $l = id$ практически не окажутся на сопротивлении трения, а остаточное сопротивление будет изменяться с тем же знаком, что и B/T . Поскольку уменьшение этого отношения приведет к пропусканию волевой оконечности и наоборот. Таким образом, увеличение отношения B/T приведет в данном случае к росту сопротивления. Сказанное можно записать в таком виде:

$$\frac{B}{T} \uparrow \rightarrow \frac{L}{B} \downarrow \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} R_{tr} = id \\ R_{tot} \uparrow \end{array} \right\} \rightarrow R_{tot}. \quad (10.16)$$

Кроме того, необходимо отметить, что увеличение отношения B/T при всех условиях приводит к повышению сопротивления при движении судна на волнении. Это обстоятельство заставляет очень осторожно подходить к увеличению отношения B/T сверх минимально необходимых значений, действующими требованиями к остойчивости проектируемого судна (см. гл. 8).

Как отмечалось ранее, рекомендации по выбору оптимальных элементов судов, полученные на основе гидромеханического подхода, не всегда согласуются с практикой выбора этих элементов, так как не учитывают

ак фамилии не составляющие нагрузки проектируемых судов. Действительно, при изменении δ , I , L/B и других элементов судна изменяются не только величины сопротивления воде, но и массы ряда компонентов нагрузки.

С этой точки зрения можно выделить две основные группы разделов нагрузки, зависящие, в основном, или от величины сопротивления воды движению судна R – это массы механизмов $P_{\text{мех}}$ и топлива $P_{\text{топ}}$, или от величины изгибающего момента, действующего на судно – масса корпуса $P_{\text{кор}}$. Влияние таких элементов судна, как, например, δ и I на массу этих разделов, может быть представлено следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\delta}{\delta_0} &\rightarrow R \downarrow \rightarrow \left(\begin{matrix} P_{\text{мех}} \\ P_{\text{топ}} \end{matrix} \right) \downarrow; \\ \frac{I}{I_0} &\rightarrow L \uparrow \rightarrow M_{\text{изг}} \uparrow \rightarrow P_{\text{кор}} \uparrow. \end{aligned} \right\} \quad (10.17)$$

Направленность этого влияния противоположна, поэтому должны существовать значения δ и I , соответствующие минимуму края $D = f(\delta)$ и $D = f(I)$, что применительно к последней зависимости схематично представлено на рис. 10.9. Поскольку эффективность проектируемого судна определяется в концепции этого экономические показатели, а они, как правило, зависят от D , то можно сказать, что варианты судна с минимальным изгибающим моментом будут совпадать или окажутся близкими к варианту с наименьшей экономической эффективностью.

Характер краев на рис. 10.9 дает ответ на вопрос, почему значения I_0 , оптимальные с точки зрения сопротивления относительно быстрходовых судов, не совпадают с приемлемыми значениями I , соответствующими минимуму изгибающего момента или близкими к нему.

В более общем плане можно сделать вывод о том, что к выбору оптимальных значений элементов проектируемого судна необходимо подходить комплексно, с системными позиций, учитывая с отдельно большой вклад в общую постановку приемлемых решений и их влияние на технико-экономические и экономические показатели каждого конкретного судна.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение судов из скоростных групп?
2. Какие параметры формы корпуса судна оказывают сопротивление движению течения? На сопротивление сопротивление?
3. В чем краевые решения в гидродинамическом и прочностном подразделах отличаются?
4. Какое физическое смысл математических символов dS , dI и $[dI]_0$ в диф-

5.11.1. Исходные положения и предварительному выбору параметров формы корпуса проектируемого судна

В результате решения уравнения масс находят в первом приближении задомогание проектируемого судна. Далее необходимо определить значения коэффициентов теоретического чертежа и главных размерений этого судна.

Простейший путь – принять значения δ_0 и I_0 , а также соотношения главных размерений по подразделению судна-прототипу α , или D_0 , определять и главные размерения. Однако при этом совершенно не применяются во внимание различия между судами в обобщении их размеров, скорости, условий эксплуатации. Следовательно, нечестно сказать, что полученные подобным образом основные элементы проектируемого судна будут хотя бы близки к оптимальным, а требование оптимальности разработок считается сейчас непременным.

Выполнить это требование в полном объеме возможно лишь путем разработки ряда вариантов проектируемого судна и выбора из них наилучшего, т. е. наиболее эффективного по принятому критерию оптимальности. Необходимые для этого технико-эксплуатационные и экономические расчеты длинных, трудоемких и требуют определенных значительного количества исходных данных и вспомогательных материалов. Между тем, примерные значения основных элементов будущего судна необходимо знать уже на ранних, проключочных этапах разработки проекта. Кроме того, эти элементы не должны существенно отличаться от окончательных, выбираемых на основе детальных расчетов. Подобные же требования – сравнительной простоты определения элементов судна, по возможности близких к их окончательным значениям, выдвигаются и применительно к этапу разработки задания. Кроме того, в подробные вариантовые расчеты по оптимизации основных элементов проектируемого судна вовлекутся при использовании исходных значений этих величин, определенных для цивильного конкретного судна.

Компромиссным решением является использование приближенных зависимостей, позволяющих определить элементы проектируемого судна, в том числе параметры формы корпуса, сравнительно просто, быстро и в то же время с большой вероятностью близкими результатов к оптимальным. Получены эти зависимости исходя из того, что различные элементы проектируемого судна оказывают основное влияние на какие-то определенные качества судна (ходьба, грузоподъемность, остойчивость и пр.) и в меньшей степени влияют на другие качества этого судна. В первую очередь, признаются во внимание взаимодействия элементов судна и сопротивления воды его движению, основанные на результатах систематических модельных испытаний.

Полученные таким путем элементы судна следует рассматривать как приближенные их значения, даже с точки зрения надежности, поскольку используемые зависимости совсем не отражают или отражают не в полной мере влияние выбираемых элементов — параметров форм корпуса судна — на эффективность работы агрегата и величину дополнительного сопротивления при движении судна из волнения в море. Кроме того, при конструировании сравнительно простых расчетных зависимостей невозможно в полной мере учесть возможность и необходимость отступления от оговариваемых в гидромеханическом смысле элементов судна для получения приемлемых показателей мореходности и утилизации излишеств, а также для удешевления и размещения судовых коммуникаций.

Необходимо также отметить, что для определения одних и тех же параметров форм корпуса предлагаются, как правило, не одно, а во множестве различных зависимостей. При выборе наиболее подходящей из них руководствуются двумя критериями отбора: приемлемость, предъявляемая для судна именно данного типа или назначения и наиболее полезная по времени, при создании которой учитывается наибольшие современные достижения в практике судостроения.

Подводя итог сказанному выше, в том числе и в предыдущем параграфе, можно отметить, что *важны* сложности и многообразие вопроса, связанные с выбором элементов проектируемого судна; невозможно создать достаточно простые и в то же время универсальные зависимости, дающие однозначный и точный ответ. Все предложенные для этих целей графики и расчетные формулы следует рассматривать, как инструмент для получения приближенных значений параметров формы корпуса проектируемого судна, подлежащих дальнейшему уточнению.

Другим немаловажным аспектом предварительного выбора этих параметров является выбор проектной скорости судна, приемлемой к которой производятся все расчеты. Нимите в виду две скорости судна: ее эксплуатационную v_a (т. е. во время одиночных испытаний на морской линии) и эксплуатационную v_s . Скорость судна, фиксируемая на испытаниях, соответствует максимальной действующей скорости при использовании плавной (или близкой к ней) мощности главного двигателя, чистой подводной поверхности корпуса в состоянии моря и ветра не выше трех баллов. В процессе последующей эксплуатации скорость судна непрерывно увеличивается вследствие обрастания подводной поверхности, расскока судна, воздействия ветра и волнения. Все эти факторы увеличивают сопротивление движению судна, в то же время постепенно снижается эффективность гребного колеса из-за обрастаний постепенно, а мощность главного двигателя уменьшается в результате износа.

Очевидно, что проектировать корпус и двигатель судна следует преимущественно к скорости на испытаниях, ориентируясь на среднюю скорость в реальных условиях эксплуатации.

Соотношение между v_a и v_s зависит от ряда факторов, в первую очередь таких, как размеры судна, район промышленной эксплуатации и частота докования. В среднем можно считать, что снижение скорости

$\Delta v = v_a - v_s$ составляет 5–7%, т. е.

$$v_a = (0,95 \pm 0,93)v_s.$$
(11.1)

При проектировании конкретного судна расчетное заданное скорость может быть учтено с использованием данных, приводимых в ряде изданий, в том числе в справочниках [48].

В зависимости от того, какая скорость указана в задании на разработку проекта, изменяется последовательность расчетов по определению необходимой мощности главного двигателя проектируемого судна N .

Если указана скорость v_a , то применительно к этой скорости определяется $N = N_a$. При этом считается, что при движении на такой воде соответствует мощность N_a , образуется запас мощности главного двигателя ΔN , достаточный для поддержания скорости хода v_s в условиях эксплуатации судна, т. е.

$$v_a + N_a = N_a + \Delta N = N.$$
(11.2)

При этом

$$v_s = v_a - \Delta v.$$

Запас мощности ΔN колеблется, большей частью, в следующих пределах:

$\Delta N = (12 \pm 15)\%$ — для крупнотоннажных быстролодочных судов;

$\Delta N = (15 \pm 20)\%$ — для сравнительно небольших тихоходных судов;

В том случае, когда в заданииговорена скорость v_s , к полученному значению N_a добавляют запас мощности главного двигателя ΔN , необходимый для устойчивого поддержания этой среднерейсовой скорости в условиях эксплуатации:

$$\left. \begin{aligned} v_a + N_a \\ N = N_a + \Delta N. \end{aligned} \right\}$$
(11.3)

Или идут по другому пути, приняв за расчетную скорость v_a :

$$v_a = (v_s + \Delta v) - N.$$
(11.4)

5.11.2. Выбор коэффициентов теоретического чертежа

Коэффициент общей полноты β . Этот параметр формы корпуса влияет на многие качества и показатели

проектируемого судна — ходкость, остойчивость, маневренность, грузоподъемность и грузовместимость, но выбирают его, прежде всего, исходя из гидромеханических соображений. При этом принимают во внимание:

- а) влияние δ на сопротивление судна при его движении по тихой воде;
- б) влияние δ на снижение скорости судна при его движении по волновому морю.

Анализ влияния δ на сопротивление при движении судна по тихой воде позволяет установить, что, начиная с некоторого значения этого коэффициента, сопротивление стремительно увеличивается. Такое пороговое значение δ принято называть критическим. Для определения δ_{cr} предложены разные способы, один из которых, основанный на совмещении δ_{cr} с абсциссой точек пересечения касательных, проведенных к обеим ветвям кривой $R = f(\delta)$, показан на рис. 11.1.

Значения δ_{cr} специфичны для каждой относительной скорости, причем, задаваемая «закономерностью» чем выше относительная скорость, тем меньше δ_{cr} (рис. 11.2).

Чтобы избежать чрезмерного увеличения сопротивления, мощности главного двигателя и, как следствие, массы механизмов и топлива целесообразно принимать значения δ в зоне критических. Но для уменьшения массы корпуса судна, упрощения технологии его постройки и улучшения конфигурации трюмов (чем блоки к ящиков форме, тем удобнее для перевозки грузов, операций) желательны максимальные значения δ . С учетом отмеченных обстоятельств принимают $\delta \approx \delta_{cr}$.

Относительное значение скорости при движении судна на волнении зависит от его величины и размеров, т. е. $\Delta t/\delta = f(\delta, D)$ при $N = \text{Негл}$. С увеличением δ падение скорости соответственно увеличивается, но чем крупнее судно, тем меньше склоняется это падение на величину $\Delta t/\delta$ (рис. 11.3). Это обстоятельство позволяет принимать более высокие значения δ у крупнотоннажных судов по сравнению с судами меньших размеров.

Для определения исходных значений δ проектируемых судов, находят и большинству случаев формулы следующей структуры:

$$\delta = a - b Fr, \quad (11.5)$$

где a и b — численные коэффициенты, а Fr — число Фруда, вычисленное по эксплуатационной скорости судна. Количественные значения коэффициентов зависят от типа судна, динамики числа Фруда, в пределах которого ведутся расчеты. Общий характер изменения $\delta = f(Fr)$ показан на рис. 11.4.

Конкретные значения коэффициентов a и b , полученные статистическим путем и отражающие практику выбора коэффициента общей полноты у современных морских судов, приводятся следующими.

Для определения проектных значений δ универсальных судоходных судов предложено довольно большое количество различных зависимостей

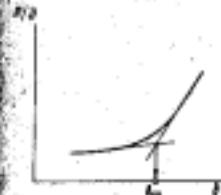


Рис. 11.1. К определению значений δ_{cr} по краю сопротивления

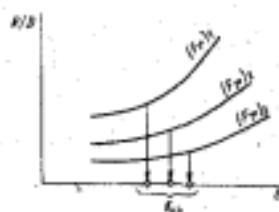


Рис. 11.2. Характер изменения значений δ_{cr} от относительной скорости Fr : $(Fr)_1 > (Fr)_2 > (Fr)_3$

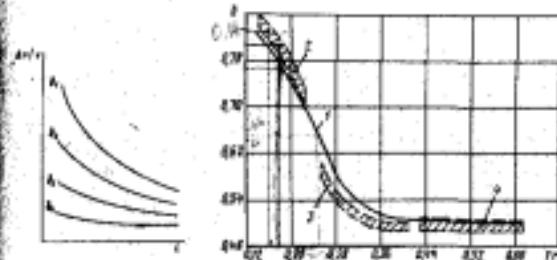


Рис. 11.3. Характер влияния δ и ϵ на относительное падение скорости при движении судна на волнении: $\delta_1 > \delta_2 > \delta_3 > \delta_4$

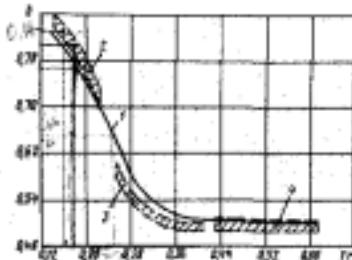


Рис. 11.4. Изменение коэффициента общей полноты δ в зависимости от числа Фруда Fr : 1 — определение края; 2 — область танкеров и судов для перевозки опасных грузов; 3 — область пассажирских судов и паромов; 4 — область быстродвижущих судов и кораблей

(см. [4, 24, 21, 48, 50]), в том числе и такие:

$$\text{при } Fr = 0,19 \div 0,25, \delta = 1,07 \div 1,68 Fr; \quad (11.6)$$

$$\text{при } Fr = 0,25 \div 0,29, \delta = 1,21 \div 2,30 Fr. \quad (11.7)$$

Таким образом отмечается значительный разброс реальных принимаемых величин коэффициента общей полноты в районе $Fr = 0,245 \div 0,255$. Значения δ универсальных сухогрузовых судов примерно соответствуют осязаемой кривой, приведенной на рис. 11.4.

Линии и близкие к ним суда для перевозки массовых грузов (рудовозы и подобные им суда – см. гл. 2.4) отличаются от универсальных сухогрузовых судов большими размерами, умеренной скоростью хода и значительной долей рейса без груза (в балласте), составляющей около половины всех переходов. Вследствие уменьшения осадки при ходе в балласте уменьшается и коэффициент общей полноты, поэтому среднее значение δ за круговой рейс оказывается меньше, чем величина этого коэффициента при проектном водонизмещении в полном грузу. Кроме того, у очень крупных судов жестатично возможно уменьшение главных размерений, в первую очередь осадки в грузу, что может быть достигнуто путем увеличения их полноты.

Все перечисленные обстоятельства приводят к тому, что значения δ для этих судов принимают более высокие, чем для универсальных сухогрузовых судов, примерно на 0,03–0,05, а для особо крупнотоннажных судов даже более 200 тыс. т еще выше.

При выборе коэффициента общей полноты пассажирских судов δ паромом учитывают возможность увеличения главных размерений этих судов, в первую очередь, длины и ширин, или размещения возможно большего количества пассажирских кают и общестенных помещений для пассажиров. По этой причине для подобных судов характерны несколько пониженные значения δ , отраженные, в среднем, зависимостью:

$$\delta = 0,77 - 0,78 Fr, \quad (11.8)$$

принадлежащей диапазону чисел Фруда $Fr = 0,25 \div 0,35$.

Для наиболее быстродвижущих пассажирских судов и паромов, движущихся с относительными скоростями, соответствующими $Fr = 0,30 \div 0,40$, хорошие результаты дают линейно модифицированный формула Нордга:

$$\delta = 0,40 Fr^{-0,35}. \quad (11.9)$$

При более высоких числах Фруда, начиная с 0,50, в качестве средних значений принимают $\delta = 0,50$.

Коэффициенты продольной полноты φ так же, как и δ , входят в пятый ряд показаний судна, но выбираются, в первую очередь, по соображениям ходости. Кроме того, поскольку $\varphi = \delta/\beta$, выбор

этого коэффициента необходимо согласовывать с величинами δ и β . Если исходить из того, что величина коэффициента общей полноты проектируемого судна уже фиксирована, то выбор того или иного значения φ однозначно определяет значение β . И наоборот – если сначала выбирается β , то автоматически получается φ . Поскольку коэффициент продольной полноты оказывает более интенсивное в разностороннем отношении на показатели проектируемого судна, чем коэффициент полноты изоляции машинно-двигательного, целесообразно выбрать именно φ , а полученные значения β сопоставлять с общепринятыми величинами этого коэффициента.

Первоначальному выбору φ посвящены многочисленные работы и исследования, обобщение которых приводит к следующим рекомендациям [23].

График на рис. 11.5, отражающий зависимость $\varphi = f(Fr)$, может быть разделен на три зоны, соответствующие трем различным формам этой зависимости.

В I зоне, отвечающей чиселам Фруда, превышающим 0,45, оптимальные в отношении ходости величины φ находятся, обычно, в пределах 0,62–0,65. Практически величина φ колеблется от 0,60 до 0,65. При этом, с одной стороны, принимают во внимание требования общего расположения проектируемого судна: при фиксированной величине коэффициента общей полноты увеличение φ за счет уменьшения β позволяет несколько упростить окончательную, что улучшает конфигурацию расположенных там помещений. С другой стороны, если предполагается эксплуатация проектируемого судна или корабля как с максимальной, так и со средней скоростью, уменьшение φ оказывается благоприятным с точки зрения сопротивления и снижения буроварочной мощности на повышенных скоростях. Учет обоих обстоятельств предопределяет выбор φ конкретного судна.

II зона соответствует относительным скоростям от 0,30 до 0,45. В этом интервале чисел Фруда оптимальные значения φ уменьшаются по линейному закону в среднем от 0,63 при $Fr = 0,45$ до 0,57–0,58 при $Fr = 0,30$.

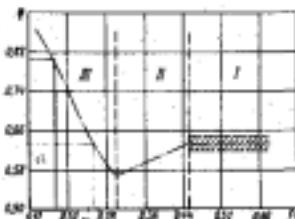


Рис. 11.5. К выбору коэффициента продольной полноты φ

Судам, попадающим в III зону, соответствующую $Fr < 0,30$, свойственны высокие значения β , близкие к единице, поэтому у них $\psi = \beta$. По этой причине кривая $\varphi = f(\beta)$ по форме и положению близка к кривой $\beta = f(Fr)$. Ориентировочные значения ψ в диапазоне относительных скоростей $Fr = 0,15\text{--}0,28$ дает формула

$$\varphi = 1,16 - 2,07 Fr. \quad (11.10)$$

Коэффициент полноты площади мидель-шпангоута δ принимают у относительно быстроходных и среднекоростных судов близкими к максимальному возможному значению, что наименее стремится к уменьшению сопротивления движению судна путем засорения оконечностей срывом потока и очистки носовых судов. Верхний предел принимаемых на практике величин этого коэффициента близок к единице и ограничивается возможностью построения гидравлического чертежа без заметных изломов изограний на границах цилиндрической ватерлинии.

Для определения значений коэффициента полноты площади мидельшпангоута судов, плавающих при числах Фруда не выше 0,30, предложены следующие выражения [23]:

$$\left. \begin{array}{ll} \text{при } \delta < 0,615 & \delta = 0,813 + 0,2678; \\ \text{при } 0,615 < \delta < 0,800 & \delta = 0,928 + 0,0806; \\ \text{при } \delta > 0,800 & \delta = 0,992. \end{array} \right\} \quad (11.11)$$

Для менее плавных относительно быстроходных судов, применительно к которым нет оснований к особому засорению оконечностей, а изобретение, как об этом говорилось несколько ранее, предполагают следующие средние значения δ :

$\delta = 0,34$	$0,38$	$0,41$	$0,46$	$0,50$
$\delta = 0,925$	$0,875$	$0,815$	$0,800$	$0,790$

Коэффициент полноты площади конструктивной ватерлинии (КВЛ) α изменяется, в основном, за счет прочности, износостойкости и грузоподъемности судов. В то же время он геометрически связан с формой шпангоутов, условиями засорения КВЛ и коэффициентами δ и φ , поэтому первоначально его принимают в зависимости от величины этих коэффициентов, уточняя затем при выполнении соответствующих расчетов к разработке гидравлического чертежа.

Для судов с U-образными и V-образными шпангоутами могут быть использованы следующие простейшие соотношения:

$$\alpha = 5 + 0,10 \text{ и } \alpha = 5 + 0,12 \quad (11.12)$$

соответственно.

Б. В. Ашником предложенная формула, дающая однозначные значения α в функции φ [4]:

$$\alpha = 0,664\varphi + 0,330. \quad (11.13)$$

5.11.3. Выбор относительной длины и соответствующих главных размерений

Относительная длина судна L связана, как отмечалось ранее, с его абсолютной длиной, водоизмещением, полнотой и соответствующими главными размерениями:

$$L = \frac{L}{P^2 T^3} = \left[\frac{1}{T^6} \left(\frac{L}{B} \right)^2 \frac{B}{T} \right]^{1/3}.$$

Поэтому, при данном водоизмещении выбор относительной длины одновременно определяет абсолютную длину судна L , а при фиксированном значении коэффициента общей полноты δ и отношении B/T , также жестко определяется и единственно возможное отношение L/B . На начальном этапе разработки проекта выбирают, обычно, относительную длину, предпредметом тем самым значением L , а во многих случаях и L/B .

Как параметр формы корпуса относительная длина влияет на величину сопротивления движению судна, и следовательно, на $P_{\text{мж}} \times P_{\text{тр}}$, а через L — на $P_{\text{кр}}$. С абсолютной длиной судна связана его макроэлементы качества, проекция узлериферта и возможность радиционного размещения куполов помещений. Кроме того, за счет увеличения длины может быть уменьшена осадка судна, что передко чрезвычайно желательно.

При выборе L необходимо учитывать все отмеченные многообразие длини и закономерности. Практически стремятся к минимально возможному значению L к соответствию L , предъявленным с точкой зрения сопротивления волн, утилизации краевого и общего расположения судна.

В формулах, предназначенных различными авторами для приближенного определения L , фигурирует, как правило, абсолютная скорость v , большей частью экспериментальная. Ниже приведены формулы, полученные на основе распространенных.

Формула Б. Л. Позднякова:

$$L = k \left(\frac{v}{2 + r} \right)^2, \quad (11.14)$$

в которой принимают для грузовых судов $k = 7,0 + 7,3$.

Формула Л. М. Ногина

$$L = k_1 v^{1/2}, \quad (11.15)$$

где k_1 для тех же судов составляет в среднем 2,20—2,33.

Точность обеих формул примерно одинакова, а для повышения надежности результатов целесообразно определять коэффициенты k_1 и k_2 по подводящему судну-прототипу.

Отношение ширин судна к осадке B/L оказывает сравнительно небольшое влияние на сопротивление судна, его грузоподъемность и на соотношение масс, входящих в нагрузку, но несомненно влияет на показатели остойчивости судна в некорабренном состоянии и после аварии. С учетом требований, предъявляемых к этим показателям проектируемого судна, и принимают величину B/L . В первоначальных расчетах ориентируются на значение этого отношения у судна-прототипа или на данные статистики.

Ниже приведены значения относительной длины и соотношений главных размерений, характерные для современных судов:

Суда	L/D	B/T
Крупнотоннажные танкеры	4,4–5,6	2,3–3,1
Универсальные сухогрузные	4,8–5,3	2,3–3,6
Контейнерные	5,3–7,0	2,5–3,5
Пассажирские	6,0–7,5	2,5–3,5

5.11.4. Выбор положения центра всплытия, наиболее полного шлангоута и аммигидрической установки

Положение центра величины (ЦВ) по длине судна x_0 оказывает влияние на продольное распределение объема подводной части корпуса, что, в свою очередь, влияет на величину сопротивления и мощность главного двигателя судна. Механизм влияния x_0 на R заключается в следующем. Смещение ЦВ в нос создаваяется препятствием обводов в носу и соответственным застопрением их в корме, что приводит, в конечном итоге, к увеличению локального сопротивления и уменьшению сопротивления формы. Смещение ЦВ в корму приводит к обратным последствиям. Исходя из этих основных закономерностей целесообразно смещать ЦВ относительно тихоходных судов – в нос от максимального шлангоута, а у относительно быстроходных судов – в корму.

На выбор оптимального положения ЦВ помимо относительной скорости оказывают влияние большинство параметров формы корпуса судна: коэффициенты теоретического чертежа ψ , δ и a , соотношения L/B и B/T , форма шлангоутов и ватерлиний. В процессе предварительного выбора относительного положения ЦВ – x_0/L , учитывают влияние лишь δ (или ψ) или F_F , а так как δ (или ψ) = $f(F_F)$, то выбор $(x_0/L)_\text{opt}$ сводится к определению положения ЦВ в функции δ (или ψ) или F_F . Характер этой зависимости показан на рис. 11.6, а определенные значения $(x_0/L)_\text{opt} = f(\delta)$ выражаются следующими цифрами:

δ	0,33	0,66	0,65	0,29	0,75	0,60
x_0/L_opt	-1,4	-1,0	0	1,0	1,9	2,2

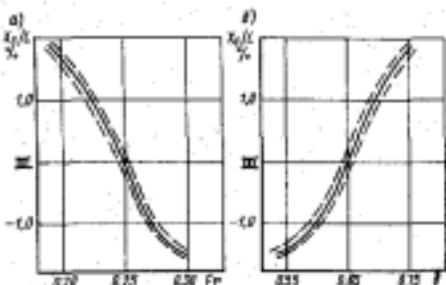


Рис. 11.6. Оптимальные (по сопротивлению) положения ЦВ в проектируемых судах

а – в зависимости от относительной скорости; б – в зависимости от коэффициента общей попутности

Поскольку положение ЦВ по длине судна оказывает влияние не только на сопротивление, но и на взаимодействие носа и корпуса судна, действительно оптимальное положение ЦВ, соответствующее минимальной мощности главного двигателя, может быть уточнен путем проведения числовых испытаний моделей проектируемого судна.

Кривые $R = f(x_0/L)$ попутки в районе минимума, что позволяет в исключительных случаях отступать от рекомендованных оптимальных значений x_0/L на $(0,5–0,8)\% L$, не опасаясь заметного возрастания сопротивления судна – ΔR составляет, обычно, не более одного процента. Отмечаемое облегчительство используется для того, чтобы облегчить унифицированку проектируемого судна или привести окончательную схему улучшенной конфигурации концевых отсеков, например в корме – для размещения СЗУ. Кроме того, смещение ЦВ исключительно в корму уменьшает задание скорости судна при движении на волнении, особенно у полных тихоходных судов, а у относительно быстроходных судов с $\delta = 0,60–0,65$ такое смещение улучшает взаимодействие корпуса и палубы, что ведет к снижению требуемой мощности главного двигателя [50].

Положение наиболее полного шлангоута по длине судна оказывает влияние на его сопротивление, аналогично влиянию положения ЦВ. При относительных скоростях $F_F < 0,30–0,32$ наиболее полный шлангоут располагают, обычно, на миделе, сдвигая его при дальнейшем увеличении относительной скорости в корму. При $F_F = 0,6$ наиболее полный шлангоут смещают, как правило, II-м теоретическим шлангоутом, т. е. сдвигают его на $(4–5)\% L$ в корму от миделя. Отступление от оптимального положения наиболее полного шлангоута на $(1,0–1,5)\% L$ практически не сказывается на сопротивлении судна.

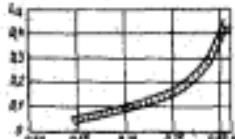


Рис. 11.7. Протяженность цилиндрической вставки [30]

На относительную ширину танкодромных судов с $\delta \geq 0,65$, плавающих при значении F_r , не превышающем 0,24–0,25, применяется цилиндрическая вставка, на протяжении которой форма поперечных сечений корпуса судна остается неизменной. Рассмотрим такую вставку в средней части судна. К достоинствам цилиндрической вставки относятся упрощение, а следовательно, и упешивание, постройки судна, применение грузовых помещениян с удобной конфигурацией и возможность защищать оконечности, что благоприятно отражается на интенсивности сопротивления воды движению судна. Однако протяженность цилиндрической вставки не должна выходить из рациональных пределов, т. к. при чрезмерной ее длине нарушается плоскость обводов, что приводит к росту сопротивления – возлеют в носовой части судна и сопротивление формы в корме.

Для первоначального выбора относительной протяженности цилиндрической вставки $I_c = L_d/L$, выраженной в доли длины судна, можно использовать график на рис. 11.7, для решения вопроса о расположении относительного моделя используя формулу Бакера (10.9), определяющую минимально допустимую протяженность кормового зондирования исходя из условий безотрывного обтекания корпуса судна:

$$I_c \leq 0,5 - 4,1(8/L)\sqrt{\beta/(7/B)}, \quad (11.16)$$

где $I_d = L_d/L$ – относительная, а B_d – абсолютная протяженность кормового участка цилиндрической вставки.

Ограничение в расположении цилиндрической вставки дано рекомендациями, согласно которым носовая часть цилиндрической вставки у очень полных танкодромных судов с $\delta \geq 0,75$ составляет около 60% ее полной длины, при увеличении относительной скорости и снижении коэффициента общей плотности до $\delta = 0,70$ сокращается к 50%, а при дальнейшем росте F_r и уменьшении δ середина длины цилиндрической вставки смещается несколько в корму от максимума.

6.11.5. Выбор формы обводов оконечностей судна

Форма обводов носовой и кормовой оконечностей пристройного судна выбирается так, чтобы обеспечивалась высокие показатели ходовых и мореходных качеств этого судна. Иными словами, стре-

мится к минимальной мощности главного двигателя и зарядке аккумуляторов. Кроме того, принимаются во внимание степень технологичности конструкций, образующих оконечности, и их удобство в эксплуатации.

В процессе выбора формы обводов носовой оконечности решают целый комплекс вопросов: выбираются форма носовой ветви строевой по цилиндру и носовой ветви конструктивной кромки (КВЛ), угол прымывания носовой ветви КВЛ к диаметральной плоскости (угол входа КВЛ), форма носовых цилиндров и форштевня.

Формы носовой ветви строевой по цилиндру (правая, выпуклая) и носовой ветви КВЛ, угол входа КВЛ и форма носовых цилиндров являются в подавляющей части корпуса судна (U-образные и V-образные) геометрические связки между собой и выбираются в зависимости от относительной скорости судна. Наиболее полные и интересные рекомендации по этому вопросу содержатся в монографиях [23] и [30], а также в справочнике [48] с учебником [4]. Возможные формы строевой, КВЛ и цилиндров показаны на рис. 11.8.

В заднедорожной части корпуса судна носовым цилиндрам следует предельять умеренный развал, способствующий вхождению судна в волну, что препятствует вытаскиванию большого количества воды из открытую ваду. Однако развал не должен быть чрезмерным, поскольку при быстром вхождении узкой передней части корпуса в воду, что является спиралью изогнутой кинесической кривой, часть вытаскиваемого корпусом объема воды выбрасывается извне и в воде брызги или водяной пепел попадают на палубу и килю судна. В результате упражнения судном судостроению усовершенствуется.

Формы седла и их подводной части выполняются, как правило, прямыми, обычно закругленными, реже вертикальными. Более подробно следует остановиться на формовании бульбообразной, цилиндрической и лепестковой форм.

Носовые бульбы применяются на судах с целью снижения сопротивления. Основными характеристиками бульб являются их форма, протяженность и развал. Формы бульб весьма разнообразны – существуют грушевидные и каплевидные бульбы, таранные, таранно-конические и цилиндрические. По протяженности и развалам они также могут быть очень различными. Протяженность бульба измеряется, обычно, в долях длины корпуса судна – $I_b = L_d/I_b$, где I_d и I_b – относительная и абсолютная протяженность бульба соответственно, а развал – коэффициент бульбообразности $B_b = B_d/I_b$, где B_d – площадь поперечного сечения бульба на носовом перпендикуляре, а I_b – ширина мидель-шпангоута (рис. 11.9).

У относительно быстroredомых судов, плавающих при значениях $F_r > 0,25$, положительное влияние бульб достигается за счет благоприятной интерференции волновых систем, создаваемых бульбами и корпусом судна, приводящей к уменьшению носовой волны, называемой судном. В результате уменьшаются волны, составляющие и волны сопротивления судна. Для таких судов характерны так называемые каплевидные бульбы.

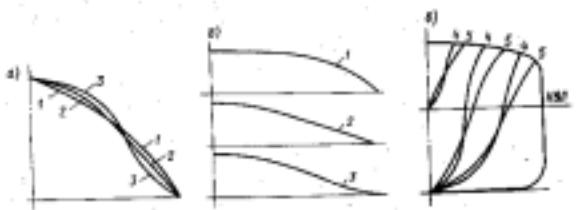


Рис. 11.8. Типовые формы: носовой ветвистой строевы по поперечине (1); носовой волны КВЛ (2); носовых планформ (3)

1 – выпуклые; 2 – прямолинейные; 3 – килевые; 4 – U-образные; 5 – V-образные

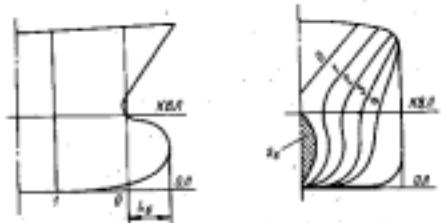


Рис. 11.9. К переданным характеристикам бульб

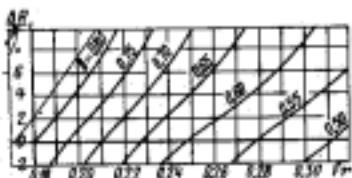


Рис. 11.10. Величина бульба на изменение величины относительных длин движущего судна

Максимальный избыток торпеды (13–15)% достигается при $f_b = (15–16)\%$ к $Fr=0.3$, однако на практике применяют значительно меньшие бульбы с $f_b = (5–6)\%$, обеспечивающие $\Delta R = (5–8)\%$. Объясняется это тем, что сильно развитые бульбы неудобны в эксплуатации – затрудняют маневрирование судов, их швартовку и отход от причала, небезопасны они и для оказавшихся рядом судов.

Рациональные носовые бульбы характерны для относительно пологоденных новых судов, эксплуатирующихся при $Fr < 0.2$. Применение бульб позволяет сократить часть объема в носу в прозонную область и за счет этого заслонить наверхом антенн КВЛ, что уменьшает размеры носовой палубной волны. Кроме того, улучшаются условия обтекания корпуса



Рис. 11.11. Носовой бульб на кильватере якоря

вследствие импингования избегающего потока воды и уменьшения интенсивности перетока воды от борта к днищу, что ведет к соответствующему уменьшению интенсивности обрацующихся при этом склонов. В результате сопротивление воды заметно уменьшается.

Ориентированное представление об эффективности бульбов дает диаграмма на рис. 11.10, построенная прямолинейно к коэффициенту дульбобразности $f_B = 5\%$. Из расчета следует, что при определенных



Рис. 11.12. Цилиндрический фартук с бульбом

условиях между полнотой и относительной скоростью судна прямолинейный бульб может привести к противоречивым результатам, т. е. к увеличению сопротивления.

Помимо упомянутых недостатков, вызываемых бульбами при эксплуатации судна, к недостаткам судна с бульбом относятся устремление и узарожение постройки корпуса судна, возникновение сопротивления при ходе в балласте, более тяжелые последствия съемника (т. е. ударов носовой части днища о воду при ходе в мелиорации) при частичной осадке. Кроме того, разный бульб затрудняет открытие люков, что вынуждает устраивать на судах довольно громоздкие надежды на якорных клюзах (рис. 11.11). Все отрицательные последствия применения бульбов возрастают пропорционально их размерам.

Альтернативой носовым бульбам являются притупленные носовые обводы, реализуемые, в частности, в виде цилиндрических носовых обводов или обводов с цилиндрическим фартуком (рис. 11.12). Такие обводы целиком обладают у очень малых числах Фруда свойствами симметрическими кривизнами носовых плаввателей, т. е. с возможностью выполнения более плавного перехода от носового застремления к килевидной вставке, что уменьшает интенсивность волнодобывания, возникающего в этой части корпуса судна. Радиус закругления цилиндрического фартука зависит от относительной скорости и изменяется от 0,07 до 0,12 от B/l . Более детальные рекомендации по профилированию носовых цилиндрических обводов содержатся в [42].

Равноконусные цилиндрические обводы являются так называемые цилиндрические носовые обводы, отличающиеся увеличенным радиусом закругления скруга и фартука (рис. 11.13), что благоприятно склоняет на сопротивление воды при ходе судна в балласте.

Применение цилиндрических носовых обводов через бульбовыми в отношении постройки и эксплуатации судов очевидно.

Проект разработки обводов корабельной оконечности связано с выбором формы кормовой матки КМП, угла приjemки КМП к цилиндрической плоскости (угла склона КМП), формы шпангоутов и тела корабля.

Кормовую матку КМП профилируют так, чтобы предотвратить отрыв пограничного слоя. По этой причине не применяют матки с вогнутой формой, а угол склона КМП стараются увеличить в пределах до 30° .

Форма кормовых шпангоутов оказывает влияние на сопротивление воды движению судна и на пропульсивный коэффициент. По результатам совокупного анализа на ходкость односекционных судов практическое значение имеют умеренно U-образные шпангоуты. У двухшпангоутовых судов лучшие результаты получают при V-образных шпангоутах.

Обводы крейсерской корабли, принятой у морских судов, отличаются разной полнотой, протяженностью и характером кривизны склона (рис. 11.14). Начиная с семидесятых годов находят применение крейсерско-гравитационная форма корабля (рис. 11.15), позволяющая упростить

Методология определения основных элементов проектируемого судна.
Разработка гидравлического чертежа

Глава 12.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОЕКТИРУЕМЫХ СУДОВ

§ 12.1. Общие представления о методах проектирования судов

Из этой совокупности величин, подлежащих определению при разработке проектов судов, выделяют так называемые основные величины, к которым относятся основные элементы судов, т. е. длиные размеры L , B , H , T и коэффициенты гидравлического чертежа δ , α и β , всего семь величин. Эти величины определяются в первую очередь, прежде всего, на самых ранних этапах разработки проектов. Все остальные элементы и характеристики судна — водоизмещение D , мощность главного двигателя $N_{\text{тр}}$ и прочее зависят от основных элементов судов и могут быть найдены на последующих этапах разработки проекта.

Обычный путь определения исключительно комбинированных величин заключается в составлении системы уравнений по числу неизвестных, т. е. в данном случае системы из семи уравнений, решением которой дают значения этих величин. Однако при современных состояниях теории проектирования судов задача определения их основных элементов не может быть полностью и однозначно решена чисто аналитическим путем.

Применяются этому следующие обстоятельства, характерные для проектных расчетов:

число исходных величин превосходит число уравнений; кроме того, большинство математических зависимостей, используемых в проектировании судов, являются не уравнениями, а неравенствами;

в расчетах наряду с аналитическими используются также зависимости, выраженные в графической или табличной форме;

в ураничных теориях проектирования судов наряду с одновременно определенными величинами фигурируют также величины, могущие изменяться в определенных пределах, численные значения которых принимаются проектантом по его усмотрению (например, значения магнитарической высоты, периода качки и пр.).

Чтобы упростить или обойти отмеченные трудности проектирования судов разработаны многочисленные способы и приемы, позволяющие все же решать поставленную задачу. Несмотря на большое разнообразие вышеназванных процедур, все эти способы и приемы укладываются

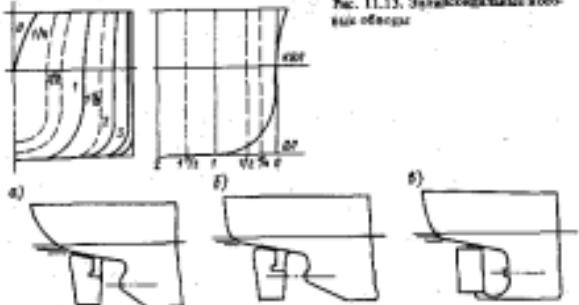


Рис. 11.14. Формы кормовых обводов: *a* — открытая крма с закругленным скошом; *b* — открытая крма с тупым трапециевидным скошом; *c* — закрытая крма трапециевидного типа

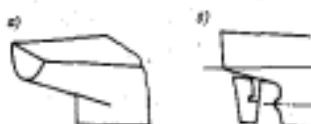


Рис. 11.15. Кормово-стernовые обводы: *a* — аскотипичная; *b* — корма по диаметрической линии

технологию постройки судна, уменьшить вибрацию кормовой оконечности (следствие укорочения кормового скоша) и увеличить площадь и объемы в краиней кормовой оконечности судна. Во избежание повышенных сопротивлений движению судна недопустим значительное погружение граней на ходу судна в воду.

Более распространены получают кормы открытого типа, имеющие определенные преимущества в отношении величины пропускаемого коэффициента и интенсивности ходовой вибрации по сравнению с традиционной "закрытой" кормой.

Описание способов форм кормовой оконечности, способствующих повышению пропускаемого коэффициента — скругленых, с бульбом, "барксового" типа, со "свободным" скошом и других можно найти в [16, 23 и 48].

Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность выбора параметров формы кормы судна?
2. Как влияет к выбору величины стоячей длины судна с учетом существования x_2 и x_4 ?
3. Какие факторы приводят к различию при выборе δ , α , x_2 , E , L , B и T ?

в рамках двух основных методов: метода последовательных приближений и метода вариаций.

Метод последовательных приближений основан на поэтапном подходе к определению основных элементов проектируемого судна. В результате применения этого метода некоторые величины могут быть получены и обоснованы с любой желаемой степенью, обеспечивающей выполнение всех требований к проектируемому судну, которые принимались во внимание при определении его основных элементов. Таким образом, расчеты по этому методу гарантируют получение допустимого, т. е. приемлемого, решения, но без всякой уверенности в том, что это решение — самое лучшее, поскольку разрабатывается и уточняется при переходе от этапа к этапу лишь одномерственный вариант проектируемого судна. Это обстоятельство — разработка лишь одного варианта — и является характерной чертой метода последовательных приближений.

Необходимость получения не просто допустимого, а оптимального варианта проектируемого судна, соответствующего совершенно определенному сочетанию основных элементов из множества возможных решений, обусловлена существованием метода вариаций. Этот метод основан на разработке пакета же поэтапным путем уже из одного, а ряда вариантов проектируемого судна в выборе из числа вариантов, удовлетворяющих всем поставленным требованиям и условиям, одному, оптимальному, т. е. замечательному. Таким образом, расчеты по этому методу требуют проработки и сопоставления обязательно нескольких вариантов.

Общий для обоих методов является этапность в расчетах, но в первом случае она применяется только к одному варианту, а во втором — ко многим вариантам.

Из сказанного можно сделать вывод о том, что эти методы не исключают, а дополняют друг друга, поскольку расчеты по методу последовательных приближений можно завершить проработкой нескольких вариантов проектируемого судна, а метод вариаций включает в себя приемы и подходы метода последовательных приближений, используемые при определении основных элементов всех вариантов.

Оба метода определяют лишь общие подходы к решению задачи. Реализации общих подходов в каждом конкретном случае производятся в виде одного из способов, схем или приемов расчета, обусловленных как особенностями проектируемых судов, так и специфическими требованиями, предъявляемыми к результатам расчетов. Более подробно об этом сказано в последующих параграфах данной главы.

В заключение необходимо упомянуть еще об одном методе, называемом статистическим. Суть его заключается в том, что основные элементы проектируемого судна определяются с использованием различных приближенных зависимостей и соотношений между этими элементами и числовыми значениями величин, указанных в задании на разработку проекта, таких как грузоподъемность (штук), скорость, дальность плавания и пр. Эти зависимости являются среднестатистическими для судов конкретного типа и назначения. Так, например, при определении основных

элементов грузового судна по заданному заделу (или грузоподъемности) сначала ли коэффициенту utilization определяют его коррекции, а затем с помощью определенных эмпирических соотношений главных размеров, полученных путем статистической обработки соответствующих данных по судам различного размеров и скорости хода, к их абсолютным величинам. Коэффициент общей поправки при подобном подходе получает значение водонепроницаемости проектируемого судна на произведение полученных главных размеров.

Очевидно, что расчеты по этому методу отличаются простотой и требуют минимального времени для определения основных элементов судна, но при этом нет никакой гарантии не только оптимальности полученных результатов, но и того, что у проектируемого судна окажутся выполнеными все предъявляемые к нему разнообразные требования, что может меняться при выполнении последующих проверочных расчетов. Естественно, что в настоящее время этот метод не находит себе применения в практике проектирования судов в связи с тем что приемы и фрагменты используются для промежуточных расчетов и на начальных этапах методов последовательных приближений и вариаций.

§ 12.2. Метод последовательных приближений

Метод последовательных приближений основан на том, что все расчеты и построения, связанные с определением искомых основных элементов, разрабатываются за несколько этапов или приближений. При этом в ходе каждого приближения уточняются элементы проектируемого судна, установленные в предыдущем приближении. Уточнение осуществляется или же с учетом выполнения более точных и детальных расчетов и построений, или путем учета требований, предъявляемых к судну, которые на предыдущих этапах не принимались во внимание. Так повторяется до тех пор пока не будет обеспечено выполнение всех требований, предъявляемых к проектируемому судну, проверенное с наибольшей возможной точностью.

Все процедуры расчетов разделяются на отдельные приближения во мнемоническом порядке. В качестве объективного критерия, позволяющего отнести одно приближение от другого, может быть принята совокупность основных элементов, полученных в результате выполнения определенного цикла расчетов и построений. Переход к следующему такому расчетам, направленным на уточнение ранее полученных элементов, соответствует переходу к следующему приближению.

Содержание расчетов в каждом приближении и их последовательность не могут быть единобразными для судов всех типов и назначений. В то же время точность повторяющихся расчетов (например, нагрузки, сопротивления волн движению судна, вместимости, остойчивости и т. д.) должна, очевидно, повышаться от приближения к приближению.

Начинаются все расчеты, большей частью, с определения водонепроницаемости, если в задании на разработку проекта фигурирует грузоподъемность,

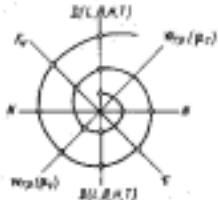


Рис. 12.1. Схема проектирования судоходного судна

DIL, B, M, T) — ограничения взаимозависимостей и главных размерений судна; $M_{\text{тр}}(n_0)$ — определение абсолютной и частичной грузоподъемности; N — ограничение потребной мощности главного движителя и выбор подразделения архитектуры; t — расчет показателей обстойчивости и кренов; F_H — проверка выполнения требований к маневренности и надежному борту судна.

и главных размерений судов, если необходимо обеспечить определенную кубатуру грузовых или пассажирских помещений (например, у газовозов, судов для перевозки укрупненных упакованных грузов, пассажирских судов и пр.). Дальнейшие расчеты выполняются по самым различным схемам, отличающимся в последовательности и глубиной проработки.

Таким образом, для этого метода характерно многостадийное повторение одних и тех же расчетов (нагрузки, ходоскости и пр.) с нарастающей толщиной. Поэтому логичным является, например, определение водонепроницаемых проектируемых судов сначала самым простым и быстрым способом (с помощью коэффициентов уточнения водонепроницаемости, коэффициента Нормана или укрупненного уравнения масс), затем расчет укрывущенной нагрузки и лишь на заключительных этапах определение элементов судна — параметров всех комбинаций динамичной нагрузки путем постепенного пересчета из прототипа или непосредственным расчетом по чертежам. То же самое можно сказать и о расчетах ходоскости: от приближения к приближению осуществляется постепенный переход от первоначальных приблизительных расчетов мощности главного двигателя к определению достоверной скорости хода, основанному на возможном более точном расчете сопротивления воды и воздуха движению судна и детальном расчете всех составляющих пропульсивного коэффициента, включая расчет эффективности гребного винта.

Естественно, что каждое уточнение мощности СЗ несет за собой изменения массы соответствующего раздела нагрузки и водонепроницаемения судна в целом, а следовательно и его главных размерений.

Графическим выражением отмеченной выше цепочки являются так называемые схемы проектирования (рис. 12.1).

В качестве иллюстрации практического использования метода последовательных приближений можно привести возможную последовательность расчетов применительно к определению основных элементов универсального сухогрузного судна.

Элементы задания: грузоподъемность — $P_{\text{ср}}$; уточненная кубатура груза — $n_{\text{тр}}$; скорость судна — v ; дальность плавания — t ; автономность — $t_{\text{ав}}$; СЗ, количество зоников — $n_{\text{зон}}$; класс Регистра СССР.

Приближение — первоначальное определение основных элементов судна. Водонепроницаемое $D_1 = f(P_{\text{ср}}, n_{\text{тр}})$, где $f_{\text{тр}}$ — коэффициент уточнения водонепроницаемости.

Оптимизация (этап 1) $L_1 = f(D_1)$.

Абсолютная масса $B_1 = L_1 D_1 / 2$.

Оптимизация скорости $F_1 = f(v, L_1)$.

Коэффициенты трогательного чертежа: $s_1, s_2 = f(F_1); s_1 = f(s_2); F_1 = s_1 v / 2$.

Составление главных размерений: $(D/T)_1 = f(s_0 + n_{\text{тр}})$, где s_0 — экипажная грузоподъемность судна; $(B/T)_1 = f(L_1 / X, s_1, s_2, t, (B/T)_1)$, где k/B — ограничение максимальной высоты, которой заряжена прокладка; $t = x_2 / W$ — относительное значение ЦП судна, выраженное по оранжажке или по симметрии-прототипу.

Задание размеров судна: $D_1, B_1, T_1 = f(D, B/T, B/T, L_1, s_1)$.

Заканчивается приближение скорой полученных результатов: вычисление водонепроницаемости, главных размерений и их соотношений, коэффициентов трогательного чертежа.

Приближение — уточнение элементов проектируемого судна, найденных в I приближении.

Мощность главного двигателя N_2 — по графику Паппера.

Расчет нагрузки: massa корпуса $(P_{\text{ср}})_2 = f(D_1, B, M_1)$; massa механизмов $(P_{\text{мех}})_2 = f(V_2)$; масса топлива $(P_{\text{топ}})_2 = f(v, n_2)$, и т. д.

Водонепроницаемость $D_2 = (D_1) + P_{\text{ср}}_2$.

Уточнение водонепроницаемости с помощью коэффициента Нормана n_2 : $D = D_2 - D_1$; $n_2 = f(M/PD_2); \delta D = n_2 D$; $D_2 = D_1 + \delta D$.

Пересчет основных элементов и нагрузки судна: модуль (мощность) перегородок $L_2 = (D_2 / 2)$; главные размеры $D_2 = L_2 k$; $B_2 = B_1 / k$; ... мощность главного двигателя $N_2 = N_1 k^2$; расходы нагрузки $(P_{\text{ср}})_2 = f(D_2, B/T_2)$; $(P_{\text{мех}})_2 = f(V_2)$.

Проверка грузоподъемности и надежности борта. Для выполнения этих расчетов разрабатываются эскизы общего расположения судна. Работы выполняются до тех пор, пока не будет получено минимальное значение массы борта $K_2 = M_{\text{борт}}$, обеспечивающее выполнение требований, предъявляемых к грузоподъемности и надежному борту судна. Может быть заложена и ранее выбранная схема судна L_2 , т. е. осуществлен переход к L'_2 .

Заканчивается приближение скорой полученных результатов.

II приближение — окончательный выбор элементов проектируемого судна и уточнение нагрузки.

Продолжается включение точных расчетов передачи N к по критерию повторяющихся динамик движение. Затем выполняется динамический расчет нагрузки (может быть изменен постепенный переход массы корпуса по циклическому судна-прототипу), уточняются взаимозависимые и главные размерения. При заполнении комбинации L_2 с оптимальной и F_2 , уточняются значения коэффициентов трогательного чертежа. Превероятны выполнение требований к обстойчивости, гру-

затратности и надеждаму борту судна (с помощью приближенных заимствований и расчетов), проводят предварительную узкоспециальную сценарийную раке поступившую скорость. Если требуется, осуществляют корректировку сценария раке поступившую скорость основных элементов, элементов транспортного чертежа, сопровождающих их и основных линейных единиц, оставившиеся, грузоподъемности судна. Если расчеты показывают оптимальные элементы, то далее поступают так, как описано в следующем параграфе. Если оправдывают разработкой одного варианта, то дальнейшие расчеты и построения сводятся к отработке приближения.

IV и V приближения – разработка транспортного чертежа и общего расположения судна.

V приближение – проверочные расчеты грузоподъемности, износостойкости, надежности борта, погоды и стойкости в штурм и в балласте. Если нетребуются, осуществляют корректировку раке линий основных элементов, затраченной в модернизации судна. Могут также потребоваться замена главного двигателя и мониторинг параметров в общих расчетах.

VI приближение – выявление техническо-экономических и экономических показателей, влияющих определению экономического эффекта применения с базовым кораблем или проектируемым судном.

Завершающие расчеты составляют спецификации, т. е. отвечают требованиям проекта судна.

Следует подчеркнуть, что это лишь одна из возможных схем расчетов судов по методу последовательных приближений. Возможны и другие схемы (инверсные) расчетов, отличающиеся как полнотой и достоверностью, так и обзором конкретных вопросов, различных на каждом этапе.

5.12.3. Метод вариаций

В основе метода вариаций лежит параллельная разработка нескольких (две-три или даже более) вариантов проектируемого судна с дальнейшим сопоставлением этих вариантов и выбором из них наиболее подходящего, именуемого – наилучшим.

Основное отличие метода вариаций от метода последовательных приближений заключается в том, что значения коэффициентов транспортного чертежа и соответствующий главных размерений проектируемого судна не определяются в процессе выполнения приближений, а задаются, являясь исходными величинами для каждого варианта (см. табл. 12.1). Следовательно, показатели и характеристики разрабатываемых вариантов будут различными, в том числе и не удовлетворяющими отдельным требованиям и условиям.

Так же, как и в предыдущем случае, нет и не может быть единой канонизированной расчетной схемы практического выполнения метода вариаций. Разработаны, например, способы подгонки пододнозначных и постоянных линейных размерений [24], существует и много других расчетных схем и приемов, взаимоувязанных в зависимости от типа судна и конкретной цепи расчетов. Представляется возможным выделить лишь следующие характеристические черты, присущие различным подходам к практической реализации метода вариаций.

Таблица 12.1 Таблица расчета вариантов проектируемого судна в систематическом изменении значениями δ , L/B и H/T

Вариант	δ_1		\dots		δ_n				
	$(L/B)_1$		$(L/B)_2$		\dots		$(L/B)_n$		
	$(H/T)_1$	$(H/T)_2$	$(H/T)_3$	$(H/T)_4$	$(H/T)_5$	$(H/T)_6$	$(H/T)_7$	$(H/T)_8$	$(H/T)_9$
δ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
L								24	25
B								26	27
T									
\vdots									

Задают исходные значения варируемых параметров (δ , α , L/B , H/T и т. д.), сформулируя или на заранее проработанный вариант проектируемого судна, или на произвольно выбранном, с учетом статистических данных по судам рассматриваемого типа, значения этих параметров. В первом случае обычно определяют – по методу последовательных приближений – основные элементы проектируемого судна. Параметры этого судна применяют за основные, а варируемые параметры всех остальных вариантов определяют путем увеличения или уменьшения аналогичных величин основного варианта. Во втором случае численные значения варируемых величин назначают, ориентируясь на статистические данные или на характеристики подходящего судна-прототипа. Диапазон, а, следовательно, и шаги варируемых величин не должны быть слишком малы. Исходя из точности и чувствительности соотношений и зависимостей, используемых в практических расчетах, считают, что предельные значения варируемых параметров должны отличаться друг от друга не менее, чем на 6–10% (например, $\delta = 0,50 \pm 0,05 \pm 0,05$; $H/T = 2,3 \pm 2,5 \pm 2,7$; $L/B = 6,6 \pm 7,0 \pm 7,4$), а диапазон временных значений варируемых величин должен перекрывать своюнюю область значений каждой из них.

Возможны различные подходы и к глубине разработки рассматриваемых вариантов. Иногда проводят все варианты до единого уровня, соответствующего выполнению всех предъявляемых к проектируемому судну требований, что возможно лишь за счет соответствующего изменения первоначально выбранных основных элементов каждого варианта, а иногда последовательно исключают из дальнейшего рассмотрения те варианты, которые при исходных значениях варируемых параметров не удовлетворяют какимлибо требованиям. В обоих случаях приходит к множеству вариантов проектируемого судна, отвечающих всей совокупности

техническо-эксплуатационных требований, предъявляемых к этому судну, т. е. к множеству допустимых решений проектной задачи. На заключительном этапе расчетной процедуры по методу вариаций из допустимых решений выбирают наилучшее, например по принятый критерий эффективности.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой плоскость изолиний?
2. Почему в креногидравлике судов изолинии общего сопротивления и обрывки не являются изолиниями?
3. Какими характерными чертами являются изолинии допустимых решений и вариантов?
4. В чем принципиальное отличие обеих методик и что у них общего?
5. Почему не применяется сплошной метод определения основных элементов проектируемых судов?

Глава 13. ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СУДНА

§ 13.1. Критерий оптимизации

При определении основных элементов судна по методу вариаций используют многочисленные и разнообразные показатели и критерии. Однако при всем их разнообразии и исключении относятся они лишь к трем основным критериям выбора — техническим, эксплуатационным и экономическим.

Процесс определения элементов проектируемого судна характеризуется определенной полнотой расчетов и графических построений. Позапись, в определенной последовательности, применяются и различны по своей природе критерии для выбора оптимального варианта. Очевидно, что приоритет придают техническим критериям, либо бессмыслично совмещать экономические или эксплуатационные показатели проектных вариантов до исключения тех из них, которые не удовлетворяют техническим требованиям, предъявляемым к судну. После такого отбора оставшиеся варианты можно анализировать с применением эксплуатационных или экономических критериев.

Способы использования технических критериев многообразны, как многообразны и расчетные схемы метода вариаций. В принципе эти критерии могут выступать или в виде дополнительных (по отношению к требованиям задания) условий, или в виде собственно критерия. В первом случае они должны фигурировать в зависимости, используемых для определения элементов каждого варианта, во втором случае к ним прибегают уже после определения элементов всех вариантов. Применение обоих способов в "частном" виде, как правило, нерационально, а иногда и невозможно. Поэтому в практике проектных расчетов обычно оба способа

комбинируют, используя часть технических показателей в виде граничных условий, а остальные в виде критерия.

Основное внимание на следующем примере. Пусть в задаче на креногидравлику судового судна указаны: грузоподъемность, т. е. масса перевозимого груза P_{tr} и его удельная плотность μ_g ; скорость хода v ; длина корпуса L ; ширина B .

Был при определении элементов всех разрабатываемых вариантов набрано множество путей, но помимо требований задачи должны учитываться также сплошные дополнительные требования и ограничения: требования Регистра СССР к изолиниям, остойчивости и надежности форточек судов; ограничения габаритных размеров судна, начертанные условиями эксплуатации или постройки; формирование мощности главного двигателя, предъявляемой к установке на судне; предельность проектного грузоподъемности и установки на судне перевозки химии и т. д. Не исключено, что для ряда вариантов требований окажутся недостижимыми.

При использовании второго пути элементы проектных вариантов определяют с учетом всех требований задания, после чего технические показатели всех вариантов совмещают с соответствующими величинами, выраженными во первичных единицах измерениях требований, предъявляемых к судну. Вместе вероятно, что в этом случае значительное число вариантов окажется недостижимыми из-за имеющегося рассмотрения.

Обычно при проектировании судов разделяют все технические показатели (в том числе и зафиксированные в проектном задании) на две группы, в зависимости от принятой схемы расчета. Так, например, если в число разрабатываемых элементов входит отношение H/T , то этот технический показатель, как удельная грузовместимость судна μ_g , целесообразно использовать в виде критерия, отбрасывая варианты, у которых $\mu_g < \mu_{tr}$. Если же отношение H/T может быть выбрано для каждого варианта, то удобнее требование задания, связанное с заданной грузовместимостью, использовать в виде условия $\mu_g \geq \mu_{tr}$, учитываемого при определении элементов всех вариантов проектируемого судна. Аналогичный подход и к другим показателям, с перечислением таких, как скорость v , мощность главного двигателя N , относительная метacentрическая высота h/B и т. д. друга.

Юниверситетским техническим критериям — условие необходимое, но не достаточное для оптимального варианта судна. Невозможность ограничить лишь одним критерием при выборе оптимального варианта показывает из следующих положений.

Во первых, применение в качестве критерия наиболее употребительных технических показателей приводят, как правило, к однотипному решению, а к области возможных решений, т. е. к изопериметрии в решении поставленной задачи (рис. 13.1).

Для уточнения сущностных различий совместимых вариантов возможно применение дополнительных показателей, которые улучшают и расширяют представление о техническом совершенстве рассматриваемых судов (а каждый вариант — это судно), характеризующих в отношении массы и объемов, ходности, остойчивости, непотопляемости, маневренности

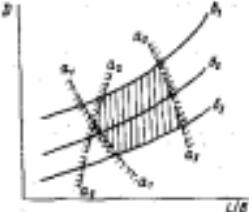


Рис. 13.1. Область возможных (допустимых) решений при зафиксации значений S/B и S , ограничениях техническими критериями.

и т. д. Однако и применение дополнительных технических показателей не будет область возможных решений до одноточечного варианта, решения по-прежнему будет оставаться неопределенным.

В этих условиях кажется естественным выбрать оптимальный вариант, ориентируясь на наиболее существенный показатель. Но здесь возникает другое затруднение, которое можно назвать второй по счету причиной, не позволяющей в проектных расчетах ограничиться лишь одними техническими критериями. Дело в том, что показатели технического совершенства судов обладают различной относительной значимостью, но среди них нет ни одного, универсально и однозначно определяющего суммарные долготягившие судна (предполагается, что сравнивают нынешние, удовлетворяющие всем безусловным требованиям – задания, Регистра ССР и др.). Вследствие этого приходится соединять все совокупность показателей всех рассматриваемых вариантов. А так как изменение выбранных параметров приводит в ряде случаев к диаметрально противоположным последствиям в изменении технических характеристик и показателей судна (например, обостренной и мягкой), экстремальные значения показателей оказываются, как правило, разнородными между различными вариантами. В результате задача сводится к сравнению несопоставимых величин, различных по физической сути и выраженных в различных единицах измерения, т. е. к сравнению тонн с погодными сутками (контактами), градусов с секундами и т. д. Естественно, что в этих условиях выбор оптимального варианта не может быть объективным.

Третий принцип, не позволяющей остановиться только на технических критериях при отыскании оптимального сочетания элементов проектируемого судна, является то очевидное обстоятельство, согласно которому техническое совершенство является не самоцелью, а лишь непременным свойством любого проектируемого судна. Оптимальным же будет судно, отличающееся наибольшей экономической эффективностью.

В связи с этим возникает вопрос о необходимости и целесообразности использования в вариантных расчетах в качестве критерия оптимальности эксплуатационных показателей, учитывающих промежуточное положение между техническими и экономическими показателями судов.

Если рассматривать этот вопрос с теоретических позиций, то ответ должен быть отрицательным, ибо эксплуатационные показатели, характеризующие выполняемую работу, обусловленную его назначением, не имеют самостоятельного значения и представляют интерес лишь потому, что часть из них необходима для расчета экономических характеристики судов.

Выдвигаемые в ряде случаев предположения о замене экономических показателей эксплуатационными базируются на созерцании правильного положения о том, что экономическая эффективность проектируемого судна зависит от степени его эксплуатационно-технического совершенства. Однако упускают из виду то обстоятельство, что определенная степень эксплуатационно-технического совершенства проектируемого судна может быть достигнута различными путями, с затратой различных денежных средств, и это приводит к различной экономической эффективности сопоставимых судов. Следовательно, эксплуатационные показатели могут выступать аналогами экономических показателей в тех случаях, когда затраты на постройку и эксплуатацию сопоставимых судов близки или равны между собой.

Все изложенное выше позволяет сказать, что в процессе разработки проекта необходимо использовать и технические и эксплуатационные показатели. Однако при отборе наилучшего варианта этих показателей недостаточно, ибо ни один из них в никакой комбинации таких показателей не может выступать в качестве единственного критерия, характеризующего оптимальность принимаемого решения. Тогда критерий может быть только показатели экономического характера.

9.13.2. САПР судов

Количественные варианты проектируемого судна, подлежащие разработке и анализу с целью выбора наилучшего из возможных решений, зависят от числа варируемых параметров и числа тех значений, которые принимает каждый из них (табл. 13.1).

Как следует из таблицы, даже при максимальных допустимых числах значений каждого варируемого параметра, необходимым для построения краевых, графически отображающих функциональную зависимость показателей проектируемого судна от рассматриваемых величин, количеству вариантов очень быстро растет при возвышении в азимуте каждого дополнительного параметра. Если разработка недостаточно, или нескольких расчетных вариантов с последующим графическим анализом полученных результатов возможна при традиционном ручном выполнении всех расчетов и построений, пусть даже с помощью настольной вычислительной техники, то для разработки и анализа нескольких сотен или, тем более, нескольких тысяч вариантов необходимо обращение к сравнительно мощной специальной численной технике, относящейся по современной классификации к средним и большим ЭВМ.

Таблица 13.1

Количество разрабатываемых вариантов при оптимизации элементов проектируемого судна

Количество разрабатываемых параметров	Количество единиц каждого параметра	Количество вариантов	Количество ациклических параметров	Количество каждой единицы параметра	Количество вариантов
2	3	9	2	4	16
3	3	27	3	4	64
4	3	81	4	4	256
5	3	243	5	4	1924

А ведь для постороннего анализа основных показателей проектируемого судна при всевозможных сочетаниях наиболее существенных из общего количества параметров – коэффициентов попутки 5 и в ее соотношении габаритных размерений L/B , B/T и H/T при четырех значениях избыточности из этих величин – необходимо разработать уже более тысячи вариантов. Добавление еще хотя бы одного разрабатываемого параметра (например, протяженность цилиндрической всплыши, типа главного двигателя или положения МО по длине судна) доведет их число уже до трех-четырех тысяч. Кроме того, желательна проработка всех интересующих проектанта вопросов с максимальной полнотой и достоверностью результатов, для чего необходимо использовать не приближенные зависимости, а более точные, но и значительно более громоздкие прямые расчеты. Помочь в такой ситуации может только автоматизация необходимых расчетов. С этой целью разработана система автоматизированного проектирования судов (САПР-С).

Система автоматизированного проектирования включает две основные составляющие: технические средства и человеко-проектанта, в отличие от системы автоматического проектирования, функционирующей в автоматическом режиме, без участия человека.

Построение САПР-С базируется на теоретических положениях научно-технической дисциплины „автоматизация проектирования“ (АП), согласно которым комплекс средств, необходимых для автоматизации проектирования, представляет собой совокупность следующих видов: обеспечивающих [49, 45, 30]:

Техническое обеспечение (ТО), т. е. набор различных взаимодействующих и взаимодействующих технических средств, предназначенных для выполнения АП. Эти средства обеспечивают подготовку, хранение и обработку данных с помощью ЭВМ, вывод и фиксацию полученных результатов в виде текстовых и графических материалов.

Математическое и программное обеспечение (МО и ПО) представляют собой совокупность математических моделей проектирования судов, соответствующих алгоритмам проектных расчетов, исчисления сопротивления, к машинным программам, необходимым для расчетов по этим алгоритмам на ЭВМ.

Блок (комплекс) программ, обеспечивающих выполнение законченного цикла расчетов, относящихся к какой-либо проектной процедуре (например, расчет показателей остойчивости или ходоски проектируемого судна), имеет название пакета практической программы (ППП). Помимо таких практических программ необходимы программы системного характера, обеспечивающие рациональное взаимодействие и взаимодействие всех составляющих САПР.

Информационное обеспечение (ИО) необходимо для объединения всех исходных, справочных и нормативных данных, используемых в процессе разработки вариантов судна. Это статистические данные по судам,immerенции масс, расчетные коэффициенты, требования Регистра СССР и других надзорных организаций, каталоги главных и вспомогательных механизмов, материалы систематических испытаний моделей судов, документация типа ЕСКД, государственные и отраслевые стандарты и пр.

Основной частью ИО являются автоматизированные хранилища информации – банки данных, состоящие из баз данных (БД) и систем управления этими базами (СУБД).

Организационное и методическое обеспечение включает документы, устанавливающие порядок взаимодействия подразделений, обеспечивающих функционирование технических средств САПР и разработку программы.

Поиски оптимального варианта в САПР осуществляют или путем прямого перебора в ограничениях всех возможных решений – при достаточно ограничении их количества, или с использованием наиболее подходящих математических методов оптимизации, заключающихся в поиске экстремума (максимума или минимума) некой функции в допустимой области, заданной системой ограничений на параметры проектируемого объекта, в данном случае – судна. Использование математических методов оптимизации позволяет уменьшить объем вычислений, поскольку устраивает необходимость разработки всей предварительно намечаемой совокупности вариантов, что обеспечивается определенной последовательностью их разработки, направленной на быстрейшее достижение или – в принципе – наилучшего варианта.

Конкретные подходы к оптимизации основных элементов судна с применением математико-вычислительных методов изложены в [29], а описание используемых в отечественной практике проектирования судов САПР-С „Проект“ и „Форин“ и ряда зарубежных систем можно найти в [30].

Контрольные вопросы

1. Почему технико-экономическое проектирование не могут быть номинальны в качестве критерия оптимизации проектируемого судна?
2. Каковы принципы проектирования САПР судов?
3. Какие виды обеспечения блогов в автоматизированных средствах САПР судов?

5.14.1. Предварительные замечания

Задачами теоретического чертежа определяется тем, что он фиксирует форму корпуса судна, которая оказывает непосредственное влияние на различные показатели и характеристики проектируемого судна. Таким образом, теоретический чертеж, наряду с маркшейдерской и чертежами общего расположения судна, может быть отнесен к базовым, основным материалам проекта. Это обстоятельство обуславливает внимание, которое уделяется его разработке.

Разработка, т. е. создание теоретического чертежа, базируется на двух положениях:

- необходимо, чтобы при фиксированных главных размерениях судна были задерзаны значения водонаправления и таких интегральных (т. е. обобщенных) параметров формы корпуса, какими являются коэффициенты полноты поперечной и продольной и изгибание ЦВ;

- желательно, чтобы показанные (т. е. местные, частные) параметры формы обводов, такие, как форма палубоголов, баковых и ватерлиний, протяженность и положение центроприсечной вспаски, форма носовой и кормовой оконечностей и др., были бы близки к оптимальным для данного судна.

Осуществить эти положения можно различными способами, используямыми при построении теоретических чертежей. Все они могут быть объединены в несколько методов, сущность которых сводится к следующему:

1) Разрабатывают структурную же цинкографии проектируемого судна и на ее основе архивную (методом реконструкции) производят построение теоретического чертежа.

2) Для построения теоретического чертежа используют стандартные строевые по цинкографии.

3) Построение теоретического чертежа конкретного судна происходит с использованием относительных координат стандартного теоретического чертежа.

4) Перестраивают теоретический чертеж подобного судна-прототипа.

5) Используют аналитические способы построения теоретического чертежа.

6) Используют геометрические способы построения теоретического чертежа.

Первый метод обеспечивает проектанту наибольшие возможности в формировании обиходов корпуса судна соответственно его представлению. Недостаток метода – в его повышенной трудоемкости, обусловленной, в основном, трудоемким составленияния проекций разрабатываемого чертежа и соблюдения заданных значений интегральных параметров формы корпуса судна.

Второй и особенно третий методы приводят к построению обводов, аналогичных исходным, принятым при разработке стандартных строевых и теоретических чертежей. Поскольку присущих традициям проекта непрерывно развиваются, соответственно меняются всплыты на разночтенные решения в отработке обводов, улучшающие прогулочные качества новых судов. По этой причине любые стандартные решения быстро устаревают и рассматриваемые методы для практической целей не применяются. Но так как они позволяют значительно сократить трудоемкость построения теоретического чертежа, в первую очередь способами третьего метода, их используют для получения эскизных обводов, близких к окончательным, на которых производят предварительные расчеты вместимости, остойчивости, утилеритетности и ряда других.

Суть четвертого метода следует из его названия. Способы этого метода основаны на замене корабельных кривых (цинкографии, баковых, ватерлиний) в обводах математическими кривыми и поверхностью, которые определяются аналитическими зависимостями, например, уравнениями парабол или прогрессии. В результате оказывается возможным определить чисто аналитическим путем, без построения и традиционного расчета теоретического чертежа, координаты любой точки поверхности судна. А это, в свою очередь, позволяет получить все необходимые данные о поперечных и объемах, их статических моментах и моментах инерции отдельных участков корпуса судна и корпуса в целом при различных осадках, углах крена и дифферента судна, что особенно удобно при выполнении автоматизированных расчетов с помощью ЭВМ.

По этой причине аналитические методы генерирования (т. е. создания) теоретического чертежа характерны для военных кораблей САПРС. Удобен этот метод и для разработки теоретических чертежей при подготовке серии моделей с систематически изменяющимися элементами.

Однако аналитические способы являются достаточно „жесткими“, т. е. трудными в подобии во всех деталях именно этих обводов, которые являются проектанту. В первую очередь это относится к окончательности. По этой причине теоретические чертежи, полученные с помощью математических кривых, приходится, как правило, подправлять, дорабатывать.

Использование геометрического метода построения теоретических чертежей позволяет довольно просто и быстро получить автоматически согласованный чертеж проектируемого судна. Однако этот метод отличается такой же „жесткостью“, как и аналитический, но в то же время лишен его расчетных достоинств. По этой причине геометрический метод практически не применяется.

Область и диапазон применения каждого из рассмотренных методов разработки теоретического чертежа является следствием их специфики.

Наиболее универсальным и доступным нужно считать первый метод, а при этом достаточно широкого выбора теоретических чертежей современных судов, что характерно для проектных организаций,

предпочитительным считается четвертый из рассмотренных методов. САПР судов однозначно связывается с аналитическим методом.

Процесс разработки теоретического чертежа складывается из двух укрупненных этапов: подготовительных работ и построения всех кривых, образующих в совокупности теоретический чертеж корпуса судна. Ниже рассмотрены оба этапа применительно к зеркальной методике. Более подробные сведения о прочих методах разработки и построения теоретического чертежа можно найти в [4] и [25].

§ 14.2. Подготовительные работы

Подготовительные работы заключаются в разработке строей по шпангоутам, начертании скелета теоретического чертежа и построении трех основных обводов корпуса судна – диаметров, конопротивной палубы и мидель-шпангоута.

При разработке строей по шпангоутам проектируемого судна, у которого уже выбраны главные размерения и коэффициенты теоретического чертежа, по построению строевой решают следующий комплекс взаимосвязанных вопросов: определяют оптимальные положения ЦВ и наиболее логичного шпангоута по длине судна; выбирают протяженность и положение центральной вставки; определяют наиболее целесообразную форму носовой и кормовой ветвей строевой; комбинируют форму носовых обводов корпуса судна (обиличную, бульбовую, гиперболическую).

О подходах к решению этих вопросов подробно говорилось в главах 10 и 11.

Само построение строей по шпангоутам производится по выбранным и определенным параметрам, либо путем рисования с последующей корректировкой по площадям (учитывая то обстоятельство, что площадь строевой соответствует в масштабе объемному подавляющему проектируемого судна, а абсолютна ЦТ строевой – абсолютна ЦТ судна), либо с использованием практических способов к приемам, один из которых сводится к следующему.

Сначала для каждой половины длины судна строят трапеции, равновеликую площади соответствующей половины строевой по шпангоутам, затем, трапеции заменяют плоской кривой, как это показано на рис. 14.1. Необходимо для построения трапеций значение a_k определять, находя равенства площадей:

$$a_k \Omega(L/2) = \Omega(L/2) - (1/2)\Omega_{k+1}. \quad (14.1)$$

откуда $a_k = L(1 - \varphi_k)$, φ_k – коэффициент продольной полноты носовой половины судна, имеющийся одновременно коэффициентом полноты площади носовой половины строевой по шпангоутам; Ω – площадь мидель-шпангоута.

Величину φ_k определяют в зависимости от φ и x_k/L , принятых для проектируемого судна, пользуясь соотношениями, которые можно

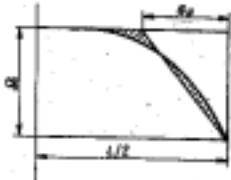


Рис. 14.1. Построение трапеций, равновеликих по площади строевой по шпангоутам

получить при замене строевой (по носовой и кормовой ветвям) параболой: $x_k/L = 0,225 (\varphi_k - \psi_k) = 0,225\Delta$.

Поскольку $\varphi = (\varphi_k + \psi_k)/2$, можно записать

$$\varphi_k = \varphi + (1/2)\Delta; \quad \psi_k = \varphi - (1/2)\Delta. \quad (14.2)$$

Аналогичные построения производят применительно к кормовой половине строевой по шпангоутам.

Графическое оформление теоретического чертежа должно соответствовать требованиям ГОСТа 2.419-68 „Правила выполнения документации при плазовом методе проектирования“ и ГОСТа 1062-80 „Размерения надводных кораблей и судов главные“. Термины, спрятанные в буквенных обозначениях“. Применительно к скелету теоретического чертежа и расположению проекций эти требования сводятся к следующему.

Фигура теоретического чертежа, имеющаяся корпус, бок и полушироту, располагают так, чтобы бок оказался вверху, спереди от него – корпус и ниже бока – полуширота. Наименование проекций на чертеже не указывают. Но суда изображают спереди.

Скелет теоретического чертежа, состоящая из прямых линий, пересекающихся под прямым углом и представляющих собой проекции баков, ватерлиний и шпангоутов, строится на базе длины между перпендикулярами, ширин и высот берега на мидель-шпангоуте. Количество теоретических шпангоутов, делющих корпус судна между носовым и кормовым перпендикулярами на 20 равных частей, равно 21. Количество баков и ватерлиний, расположенных по ширине и высоте корпуса судна на разных расстояниях друг от друга, не регламентировано. Обычно проходят 2–3 бака и 5–7 ватерлиний в пределах расчетной садки.

Нулевая шпангут совпадает с носовым перпендикуляром, данддатый – с кормовым. При этом носовая перпендикуляр проходит через точку пересечения диаметральной плоскости (ДП), т. е. передней кромки форштевня, с конструктивной ватерлинией (КВЛ), а кормовой перпендикуляр совпадает с осью балластных рулей (рис. 14.2). Балки у судна нет руля в ДП (у двухмачтовых судов), кормовой перпендикуляр проходит на расстояние 97% длины КВЛ от носового перпендикуляра. Для судов с кройко-грацевой кормой, погруженной выше уровня КВЛ,

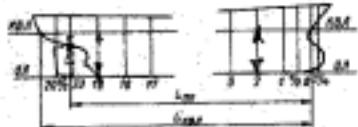


Рис. 14.2. К построению
схемы теоретического че-
ртежа

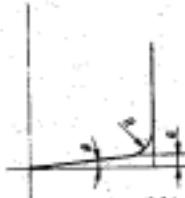


Рис. 14.3. К построению
обвода модельного плангоута

в качестве кормового переноскулера допускается принимать вертикальную проекцию через нижнюю точку боковой проекции среза транца.

На чертежах бока и корпуса плангоуты делают по бортовой линии кормой палубы и наносят дополнительные две-три катаризмы выше расчетной осадки. Батоги кумеруют уменьшеными цифрами, плангоуты в затвердении — арабскими. В окончностях обычно проводят несколько промежуточных плангоутов, расположенных между основными, и дополнительных, выходящих за пределы длины между переноскулераами (рис. 14.2). Перед номерами дополнительных плангоутов, расположенных в нос от кормового переноскулера, ставят знак «минус».

При построении обвода диаметрами выбирают рациональную форму фор и кибергана и параметры склонности кормовой палубы.

Разработка формы конструктивной затвердения (КЗ), соответствующей осадке судна при проектном водоизмещении, заключается в определении наиболее пологообразной формы носовой и кормовой ветвей затвердения и углов их примыкания к диаметральной плоскости (т. е. углов входа и выхода КЗ).

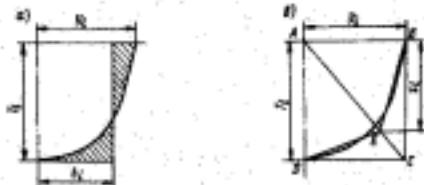


Рис. 14.4. Вычерчивание обводов плангоутов
с использованием разновысотных трапеций (б)

Построение КЗ осуществляют аналогично построению строевой по ЦПлангоутам, заменив, естественно, φ на α , а x_0/L на относительную абсциссу ЦП плангоута КЗ — x_f/L . Тогда расчетные соотношения, например, для построения носовой ветви КЗ, примут следующий вид:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= 4,45(x_f/L); \\ a_n &= a + (1/2)\Delta_1; \\ a'_n &= L(1 - a_n). \end{aligned} \quad (14.3)$$

В отношении модельного плангоута (10-го теоретического плангоута) решают вопрос о константе длины и величины базиса, а при построении — о выборе радиуса скругления скобы R . Обычно используют формулу И. А. Яковлева, согласно которой

$$R = 0,5B \sqrt{\frac{4(1-\delta)(7/8) - \delta}{0,43 - \delta}}. \quad (14.4)$$

где δ — коэффициент полноты модельного плангоута, B и T — главные размеры, δ — угол склонности (угол подъема днища), вычисленный в радианах, большей частью, 0,02. Поскольку $\delta = tg\delta = 2a/B$ (рис. 14.3), при $\delta = 0,02$ подъем днища у борта $a = 0,01B$.

14.3. Построение теоретического чертежа

После разработки строевой по плангоутам к завершению других подготовительных работ приступают к построению теоретических плангоутов на проекции «Борту». Основой для построения каждого плангоута является его плангоут ω_1 , склоняющийся от днища по плангоутам, одинарных палубоподиумам u_1 , симметрически на уровне проектной осадки с обводом КЗ, и текущих осадок T_1 , симметрически с обводом диаметрами. По значениям этих величин строят равнобедренное положение плангоута каждого плангоута прямогольниками или трапециями (рис. 14.4).

Ширина вспомогательных прямогольников $b_1 = \omega_1/2T_1$, а противоположность отрезков t_1 , определяющих положение точки E на диагонали AC , определяется как $t_1 = \beta_1 T_1$. Поскольку $b_1 = \omega_1/2y_1$, $t_1 = \omega_1/2y_1$.

Найденные части плангоутов проектируются с учетом тех соображений, которые были высказаны в гл. 11 и требований общего расположения.

По завершении проекции «Борту» переходят к зачерчиванию батогов на проекции «Бок» и затвердений из проекции «Дулодиаграмма».

Заключают построение теоретического чертежа проверкой согласования всех трех проекций и совпадения коэффициентов δ , a и β , а также общности ЦП с этими величинами, полученными расчетом для проектированного судна.

1. Как определяют методы построения теоретических чертежей? Каковы ошибки из практики?
2. В чём заключается подготовительная работа?
3. Для расчётов носовой и кормовой парусоподобности судов?
4. Для каких целей используют прямую по изолиниям, обводы КВД и линии матриц судов?

Глава 15.

КЛАССИФИКАЦИЯ СУДОВ

§ 15.1. Исходные положения

Классифицировать суда можно по различным признакам, выбор которых зависит от целиного назначения классификации. Классификация, приведенная в данном учебнике, группирует суда по признакам, существенным при разработке проектов. Одновременно уточняются термины и понятия, используемые для кратких характеристики судов.

В этой главе следует отметить неупорядоченность терминологии, связанной с судоходством и судостроением, выражаяющуюся в применении различных терминов, используемых для характеристики одних и тех же судов и их свойств, недостаточно четко и расплывчато. Ряд широко применяемых терминов в словоупотреблении. Нет в настоящем времени и единой общеизвестной классификации судов по типам и назначению, отсутствует даже определение того, что следует называть под видом, типом, категорией судна. Углубляется терминологическая неупорядоченность постоянным появлением все новых и новых судов, своеобразных по архитектуре и конструкции, для обозначения которых необходимо сразу же вводить новые термины.

Все это предопределяет необходимость пятикратного изложения основных аспектов терминологии, связанной с классификацией судов, при этом приемлемые ниже обозначения ряда терминов не всегда совпадают с традиционной тех же терминов в других изданиях.

В этой главе суда классифицированы по назначению и району плавания, по архитектурному и конструктивному типу, материалу корпуса, типу двигателя и движителя. Кроме того, приведено деление морских транспортных судов в соответствии с особенностями их эксплуатации, что необходимо принимать во внимание для технически грамотного проектирования этих судов.

§ 15.2. Классификация морских транспортных судов по назначению и техническим признакам

По назначению все гражданские морские суда делятся на транспортные, промысловые, служебно-исследовательские, топливные и суда специального назначения.

К транспортным относятся суда, используемые для перевозки грузов и пассажиров. Основное ядро промысловых судов образуют рыболовные суда — траулеры, дрифтеры, сейнера и др., отличающиеся оружием лова. К этой же группе относятся суда для добывания морского зверя (китов, морской, тюлений, дельфинов) и морепродуктов (крабов, устриц, крабов, креветок, морской) и суда для приема и переработки рыбы и других продуктов промысла — плавучие базы, заводы. Служебно-助攻ительные суда предназначены для обслуживания судов другого назначения. К ним относятся в первую очередь буксиры, подемолики и ломбарские суда. Суда технического флота или технические суда и альянчи технические сооружения используются для поддержания глубин в каналах, портах и на подходах к ним, для основания океанского шельфа (швартующие буровые установки — ПБУ), для ремонта судов и землемежевых сооружений и для проведения погружочно-разгрузочных работ. Это свалковозные землемеры и грунтоотвозные плавники, самоходящие и полуподъемные ПБУ, плавники и плавматические, морские плавники и другие суда. К судам специального назначения относятся пожарные, спасательные, научно-исследовательские, спортивные, гидрографические и некоторые другие суда.

Однако лишь на траулерных судах, используемых для перевозки грузов и пассажиров, т. е. на пассажирских и грузовых судах, Промысловое положение между ними занимает грузопассажирские суда.

Деление судов на пассажирские и грузопассажирские довольно условно и не базируется на какими-либо объективных показателях. По известной степени это относится и к грузовым судам, ибо на многих из них (сухогрузных) устраивают каюты для перевозки ограниченного количества пассажиров, не превышающего, как правило, 12 человек (что санузло, в основном, регламентирует требований к инвалидности). Трактовка термина „грузовое судно“ как судна, имеющего на борту не более 12 пассажиров, является международной и принята во всех практиках и нормах Регистров СССР.

Пассажирские суда используют для транспортировки пассажиров между портами выхода, расположенным на определенной линии, или для отпуска, путешествий и морского туризма. Соответственно этому их подразделяют на плавильные и круизные.

Грузовые суда разделяют на сухогрузные и наливные. Некоторые суда могут перевозить попутно как пассажиры, так и жидкие грузы, т. е. являются сухогрузно-наливными (например, нефтеджеллерами).

В зависимости от конструктивной пригодности к перевозке грузов сухогрузные суда подразделяют на универсальные суда общего назначения — для перевозки самых разнообразных сухих грузов и специализированные, предназначенные, в основном, для перевозки грузов одной категории (рефрижераторных, лесных, массовых и т. д.). Универсальные сухогрузные суда, дополнительно приспособленные в конструкции отношении для перевозки каких-либо конкретных грузов, чаще

всего контейнеров или копеечной техники, называются многоцелевыми. Под универсальными судами подразумевают суда, приспособленные для транспортировки одного, строго определенного вида груза или конкретных грузов (например, фруктов, контейнеров, рули, превозящих щепы и др.).

Специализированные суда, предназначенные для перевозки разнородных грузов или грузов различных категорий, называют комбинированными. Это упомянутые выше нефтеджеллеры, хлопководовозы, суда, приспособленные для перевозки массовых грузов и контейнеров, и некоторые другие.

К подразделению транспортных судов по назначению примыкает и подразделяется в последнее десятилетие деление сухогрузных судов на способу проведения грузовых операций. В этом отношении выделяют три типа судов: с вертикальным способом перемещения грузовых операций, т. е. путем вертикального перемещения груза с помощью стrelt к кранам через грузовые ямы; с горизонтальным способом проведения грузовых операций путем выкатывания и выкатывания грузов с судна и с судна через грузовые пандусы и якоря; с цокольным или плавильным способом проведения грузовых операций, когда плавающие грузовые ямы в виде люлек, барж или понтонах зависают в грузовых отсеках судов во воде. Последнюю группу терминов, характеризующие подобные суда, в отечественной технической литературе еще окончательно не установлены. Часто используются следующие термины и аббревиатуры, широко распространенные за рубежом. Суда с вертикальным способом грузообработки обозначаются как суда типа лифт-офф (lift-off/lift-off или сокращенно Lo-Lo) и с горизонтальным способом грузообработки — как суда типа ро-ро (от английских слов Roll-on/Roll-off или сокращенно Ro-Ro). Для судов с цокольным способом грузообработки за рубежом применяют аббревиатуру Fo-Fo (от Float-on/Float-off) или Fo-B (от Float-in/Float-out). Для судов типа ро-ро в отечественной литературе применяют также термины роллер и трейлерное судно и аббревиатуру СПП и СПТ, т. е. суда с горизонтальным способом проведения грузовых операций (суда с горизонтальным лифтом) или суда с горизонтальной грузообработкой.

Суда, на которых применяют комбинированные способы проведения грузовых операций, т. е. горизонтальный и вертикальный, вертикальный, горизонтальный и доковый и т. д., называются либридными или судами либридного типа. За рубежом подобные суда обозначаются аббревиатурой Lo-Lo/Ro-Ro (или Lo/Lo, Lo-Lo), Ro-Ro/Fo-Fo или Ro/Fo, Fo-Ro) и пр. В отечественную практику вошли такие термины, как суда типа поро и ре-флоу.

Основную массу малых и средних судов или танкеров составляют универсальные суда для перевозки нефти и нефтепродуктов (нефтя, бензина, масел и проч.). Некоторое количество специализированных малых судов строят для перевозки таких жидкых грузов, как химикаты, спирты, растительные масла, нео, латекс и проч. Специфика этих судов отражается в их названиях, например, танкер для перевозки спирта

или спиртовозов и т. п. Особую группу составляют суда для перевозки сжженных газов, называемые газовозами.

Нефтеналивные суда подразделяют на суда для перевозки одного, двух или нескольких сортов нефтепродуктов одновременно.

Специализация судов не наложает перевозки на их иные грузы, чем те, для которых эти суда предназначены. Так, танкеры могут быть загружены зерном и пшеничным груском, рефрижераторные суда – тарно-штучными грузами, а ледовозы могут эксплуатироваться как универсальные суда. Однако это не противоречит проведенной выше классификации судов по назначению, поскольку они базируются на их случаем или вынужденном использовании судов, определенном эксплуатацией необходимости, а не конструктивных особенностях, отличающих специализированные суда, благодаря которым достигается наибольший экономический эффект при перевозке определенного груза.

По району плавания в транспортные суда морского флота劃ют из судов моряко-географического района плавания, судов ограниченного района плавания и судов смешанного плавания, заходящие из морей в реки и сюда.

Суда моряко-географического района можно эксплуатировать за любых простираемых Мирового океана (имеются в виду плавания по чистой зоне, не покрытой льдами).

Ограничение района плавания, налагаемое правилами Регистра СССР, имеет или скопто-географический характер, т. е. определяет бассейны (моря или части морей, заливы, проливы), в которых допускается эксплуатация данного судна в определенные времена года, или, безотносительно к географическому положению района, определяет максимально допустимое удаление судна от порта-базиса (под последним подразумевают естественную или искусственно заделанную акваторию, пристанью для якорной стоянки судов во время шторма).

В некоторых случаях районы плавания определяют по широтно-климатическому принципу, отражающим специфические особенности эксплуатации судов в приполярных и тропических областях. Суда, приспособленные для плавания как в обычных, так и в ледовых условиях (самостоятельно или за ледоколом), называют судами ледового плавания, а приспособленные для плавания в условиях жаркого и влажного климата – судами тропического плавания. Транспортные суда актического ледового плавания, т. е. предназначенные для промышленной эксплуатации по льдам и имеющие плавовые покрытия корпуса не категории УДА Регистра СССР, обычно называют ледокольно-транспортными.

Архитектурный тип судна характеризуется следующими архитектурными факторами, влияющими на его внешний вид и подразделение корпуса: количеством палуб, тремесом и линиями, положением МО, типом настилок и трубосборки на верхней палубе и формой оконечностей.

По количеству непрерывных палуб суда называются однопалубными, двухпалубными и т. д. Количество линий, характеризующих косвенным

образом деление корпуса судна на отсеки, может быть различным на верхней и нижележащих палубах. Обычно архитектура указывает количество линий на верхней палубе. При определении положения МО пользуются терминами среднее, корабельное и промежуточное положение (в последнем случае имеется в виду, что МО славнуто в корму или в нос от средней линии корпуса судна).

Основные термины, характеризующие количество трюмов, количества и расположение настилок и форму оконечностей судна, стандартны в специальных пояснениях не нуждаются.

Конструктивный тип судна определяется положением палубы национального борта и степенью использования максимально допустимой – по размерам судна (см. пт. 9) – осадки. С этой точки зрения выделяют суда, у которых палубой национального борта (палубой переборок) являются не палубы, а вторая сверху непрерывная палуба, и суда, спроектированные для эксплуатации при низкой осадке. Такие суда обзывают термином суда с избыточным надводным бортом. Другую группу составляют суда с максимальным надводным бортом.

По материалу корпуса морские суда подразделяют на деревянные, стальные, пластмассовые, композитные, железобетонные и суда из легких сплавов. Корпуса композитных судов изготовляют из двух материалов, например, набор – стальной, обшивка – деревянная и т. п. Корпуса остальных судов – из одного материала.

По типу энергетической установки различают две основные группы судов – пароходы и теплоходы.

К пароходам относят суда с паровыми паровыми машинами (пароходы в узком смысле этого слова) и с паровыми турбинами (называемые иногда турбопароходами), к теплоходам – суда с генераторами внутреннего горения, т. е. с двигателями (собственно теплоходы) и с газовыми турбинами (газотурбопароходы).

Если мощность от двигателя передается гребному винту при помощи электрической энергии, то указывают тип основного двигателя, и характер передачи (турбогенератор, дизель-генератор и т. д.).

Суда, в энергетических установках которых используются энергия, выделяемая в процессе деления атомных ядер, носят название атомных судов или атомоходов.

По типу движителя почти все морские суда являются винтовыми и отличаются одно от другого лишь количеством требуемых винтов. При описание судов их характеризуют числом винтов (одновинтовые, двухвинтовые), а энергетические установки – числом валов (одноваловые, двухваловые и т. д.).

Небольшое количество судов, к которым предъявляются специфические эксплуатационные требования, имеют вместо винтов кранчатые или водометные движители. Специальными терминами для обозначения подобных судов пока еще нет.

§ 15.3. Классификация морских транспортных судов в соответствии с организацией движения флота и видами плавания

Организация движения судов морского транспортного флота складывается в Советском Союзе в виде двух основных форм: линейной (регулярного) плавания и рейсового (междугрузового) плавания. Соответственно этим двум формам морского судоходства разделяют суда линейного плавания и суда рейсового плавания, иными словами, суда регулярного и нерегулярного плавания.

Суда линейного плавания, или лайнеры, работают за спредленными нарядами (линиями) в течение длительного (обычно пятилетнего) периода. Суда рейсового плавания для работы на линии между отдельными портами не закрепляются: их движение осуществляется по направлениям, установленным за каждый отдельный рейс.

Линейная форма судоходства целесообразна на направлениях с устойчивыми грузо- или пассажиропотоками большого объема. Направления же с исключительными объемами перевозок, неустойчивыми характером грузопотоков и эпизодическими перевозками грузов или пассажиров обрабатывают суда рейсового плавания.

Более прогрессивной является линейная форма организации движений, при которой упрощаются планирование работы флота, более рационально используются суда, совершающие дальственные пробеги и время обработки судов в портах (линейные суда имеют преимущественное право на внеочередную грузобортовку в портах перед судами нерегулярного плавания), повышается балансировка и ритмичность перевозок, что в итоге повышает производительность флота и снижает эксплуатационные расходы.

Предлагаемую форму эксплуатации будущего судна следует знать уже при разработке проекта. Это необходимо для правильного учета специфики вероятных грузов, размеров и технического оснащения портов, особенностей пакетизированной обстановки и т. п., при выборе размерений, конструкции и оборудования проектируемого судна. Для специализированных линий проектируют соответственно специализированные суда.

В практике зарубежного судоходства транспортные суда также делятся на лайнеры, называемые лайнерами (сухогрузные суда — каргоайнеры), и суда нерегулярного плавания, называемые трейлерами (от англ. trailer — багаж).

Особенности эксплуатации судов этих двух категорий выражаются в их технических характеристиках, что всегда необходимо учитывать при использовании данных по построенным судам.

Эксплуатационно-технические различия между трейлерами и лайнерами судами основаны на свойствах тех грузов, которые преимущественно перевозят на этих судах.

Генеральные и контейнеризованные грузы, характерные для лайнеров, представляют собой разнообразные изделия и полуфабрикаты, различные

продовольственные товары и ценные сырья для промышленности. Эти грузы используются сразу же по прибытии в порт назначения. Основное требование при перевозке таких грузов — срочность доставки; стоимость транспортировки играет меньшую роль. В то же время на трейлерах перевозят, в основном, сравнительно легкие массовые грузы, такие как различные руды и минеральные удобрения, сахар, лес и зерно, которые вытаскивают с судна в береговые хранилища, т. е. насыпают впрок, а уже затем постепенно расходуют. Главное требование к перевозке этих грузов — низкая стоимость доставки, срочность которой не имеет существенного значения.

Для обеспечения регулярности движения между портами и срочности доставки перевозимых грузов картографируют необходимые вспомогательные скорости хода, значительный запас мощности главного двигателя, развитое грузовое устройство и хорошее приспособление к быстрой грузо-разгрузке в портах. Кроме того, для операции бортового колесиста разнородных тарно-штучных грузов и предохранения их от механических повреждений грузовые помещения пакетов делаются многоярусными и умеренной высоты. Желательно большое количество грузовых помещений и с точки зрения грузовых операций в промежуточных портах захода. Для расширения транспортных возможностей линейных судов необходимо специальными грузовыми помещениями — прежде всего рефрижераторные танкеры и грузовые линкоры, а также отдельные помещения (кладовки), позволяющие перевозить особо ценные или опасные грузы. Кроме того, суда должны быть приспособлены для перевозки длиномерных и специальных грузов.

Поскольку линейные суда и мелкие яхты обычно не заходят, скажем и оставленные размеры таких судов, как правило, не влияют. Это позволяет строить их более крупными, чем трейлеры. В большинстве случаев грузовые лайнеры оборудуют дополнительной палубой и большим количеством переборок, чем трейлера тех же размеров.

При перевозке сравнительно дешевых массовых грузов, характерных для трейлерного судоходства, на первом месте, как отмечалось ранее, находится уже не срочность, а стоимость перевозки, которая должна быть尽可能 ниже.

Это обстоятельство предопределяет технические особенности трейлеров, существенно отличающие их от лайнеров: максимальная пропускная способность оборудования и конструкции, обеспечивающая умеренную стоимость судна, значительно меньшая скорость хода и соответственно минимизация мощности энергетической установки. Кроме того, трейлеры должны заходить и в небольшие, сравнимые по величине порты, расположенные вблизи мест производства массовых грузов, которые из-за своей специализации на мировых рынках не выдерживают транспортировки сухогрузным транспортом на большие расстояния до крупных портов. Это обстоятельство приводит к ограничению габаритов размеров трейлеров, и прежде всего — осадки.

В последовавший период широко развернулась постройка специализированных судов для перевозки массовых грузов — сухогрузов, контейнерных транспортов. Однако до полной замены транспортных судов еще далеко.

Поскольку короткое слово «транс», по существу, разносило многослойное определение «универсальное грузовое судно перегружного плавания», этот термин получил распространение и в практике советского судостроения. В этом же смысле он применяется и в учебнике.

Термины линейное судно или фундук лайнера, приводимые далее без дополнительных пояснений, разносились определением «универсальное грузовое судно линейного плавания».

Деление судов по видам плавания, а доставляемым ими грузам — по видам морских перевозок введено для конкретизации условий работы судов и перевозок грузов. С этой точки зрения различают:

перевозки грузов и пассажиров между портами Союза ССР, расположенные на одном море (или океане) — малый кабель; При этом, моря, связанные между собой, рассматриваются как одно море (например, Черное и Азовское или Японское, Охотское и Берингово); то же самое относится и к Северному Ледовитому океану с Белым морем;

перевозки грузов и пассажиров между портами Союза ССР, расположенные на разных морях — большой кабель;

перевозки грузов и пассажиров между советскими и иностранными портами — заграничное плавание. К нему относятся и плавания судов при перевозке грузов между иностранными портами (МИП).

От вида плавания судна зависят характер и объем различных требований и ограничений, натыкаемых на него международными конвенциями, нормами и правилами Регистра СССР и других нормативных организаций. Поэтому, приступая к проектированию судна, необходимо заранее точно определить, для какого вида плавания оно предназначено — для кабельного или заграничного.

Контрольные вопросы

1. Как подразделяют морские транспортные суда по назначению?
2. В чем основные технические отличия лайнеров и транспортов и чем они обусловлены?
3. Как учитываются вид плавания будущего судна в процессе его проектирования?

особенностей их внешнего вида, общего расположения, конструкции и оборудования. Это обстоятельство нашло отражение в известном афоризме „один делает судно“. Действительно, уже при разработке технического задания на проектирование будущего судна, исходя прежде всего из того, для перевозки каких именно грузов это судно предназначено (см. гл. 2). И в дальнейшем, при выполнении технического задания — в процессе определения основных элементов проектируемого судна — решение самых разнообразных проектных вопросов оказывается связанным в той или иной степени со свойствами будущих грузов.

Из сказанного становится очевидным, что для технического грамотного проектирования морских транспортных судов проектировщику необходимо четкое представление о всем многообразии грузов, перевозимых на этих судах, требованиях к их размещению и хранению в грузовых помещениях судов и способах переработки этих грузов, т. е. способах их приема на судно и выдачи с судна на берег.

Наиболее полное представление о грузах дает знакомство с их классификацией. Существуют многочисленные классификации грузов, отличающие различные способы их использования: для нормализации погрузочно-разгрузочных работ в портах, для исчисления плат за перевозку грузов, для определения условий хранения и т. д. Для целей проектирования судов более подходит транспортная классификация грузов, отвечающая потребностям организации и проведения транспортных и перевозочных операций.

В транспортную характеристику грузов, соответствующую этой классификации, включаются свойства грузов, существенно влияющие на определение условий и техники их перевозки, перегрузки и хранения: физико-химические свойства, объемно-массовые характеристики, особенности тары и упаковки, режимы хранения, некоторые товарные свойства. Несколько дополненная и оптообратившая транспортная классификация грузов, которую можно назвать транспортно-судовой, является основой для классификации морских транспортных судов.

В соответствии с транспортно-судовой классификацией все грузы по их физическому состоянию делятся на два основных рода — сухие и жидкые. Грузы каждого рода разделяются на категории, а грузы, входящие в состав категорий, — на различные виды. И, наконец, каждый вид груза подразделяется на конкретные группы.

Схема классификации грузов приведена на рис. 16.1. В пояснении к схеме следует сказать следующее.

Сухие грузы, перевозимые на судах, разделяются на семь категорий. К т а р и н - ш т у ч и м ы м г р у з а м относятся наиболее многочисленные группы грузов. Это, прежде всего, лакомые (съедобные) грузы, принимаемые на судно как в таре (тарные грузы в ящиках, китах, мешках, тюках, бочках и т. д.), так и без упаковки (бестарные грузы: трубы и металлоконструкции, толь и рубероид в рулонах, кирпич, проволока в бухтах, металл и болтовина, чулки, спички и пр.).

Глава 16. ГРУЗЫ, ТАРА И ГРУЗОВЫЕ ОПЕРАЦИИ НА СУДАХ

5.16.1. Грузы

Характеристики перевозимых грузов оказываются определяющими на судах, обусловливая существование специфических

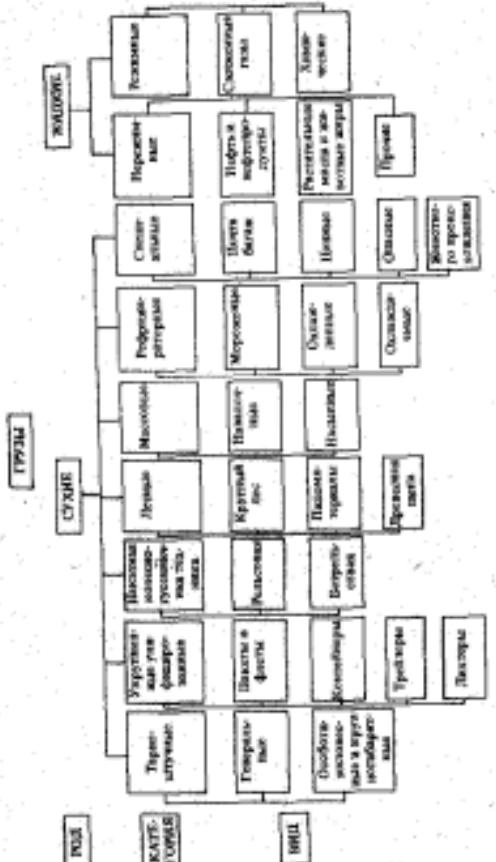


Рис. 16.1. Транспортно-технологическая классификация грузов

В отдельный вид выделяют генеральные грузы, являющиеся особо-такомированными и крупногабаритными. Масса этих грузов измеряется десятками и даже сотнями тонн, их наибольшие размеры – десятки метров (это небольшие суда, яхты и парусные, части мощных турбин и генераторов, котлы и кипятильники ядерных реакторов, стапели крупных стальных и деревянных ферм и мостов в сборе и т. д.).

У крупногабаритные грузы (УКГ) образуются путем объединения отдельных несложных единиц генеральных грузов в более крупные грузовые места определенной конфигурации и размеров. В зависимости от типа конструктивных элементов, используемых для объединения укрупненных грузов, различают УКГ разных видов. Если несложные грузы объединены с помощью плющадок-поддонов, стапелей, стрел и других пакетоформирующих средств, такое укрупненное грузовое место называют пакетом. Грузовое место, состоящее из нескольких пакетов или других тарно-штучных грузов, объединенных за общей платформой, получило название блок-пакета или блока. Пакетообразное имущество для малых грузов преподносится собой контейнер, контейнер на колесах – граблер. Плавающий контейнер крупных размеров, представляющий собой рабочий кессонизированную баржу упрощенной конфигурации, перевозимую на транспортном судне вместе с содержимым в ней грузами (генеральными или иными), имеет название лодки.

К наименее жалобенно-гусеничной технике относятся легковые автомобили, грузовики, тракторы, железнодорожные вагоны, комбайны, бульдозеры и другие самоходные и прицепные машины транспортного, производственного и сельскохозяйственного назначения, перемещаемые на судне и с судна пакетами. Если же эти машины перемещаются с помощью грузовых стрел и кранов, то они должны рассматриваться как относящиеся к категории тарно-штучных грузов.

Легкие грузы (предназначенные для круглого леса, пиломатериалы и древесную щепу (фаску), паркет, рейки, клепку для бочек и другие изделия из дерева) относят к штучным грузам).

В зависимости от размеров круглого леса (кругляка) разделяют на длинномерный и короткомерный. К первому относят строительные бревна, телефонные столбы, сали, браши пиломатериалы. Ко второму – рудничные стойки (брюсы) и балки. Пиломатериалы бревна предназначаются для распиловки на доски; балки являются сырьем для целлюлозно-бумажной промышленности и представляют собой скрепленные сосновые или дубовые бревна.

Размеры основных сортов круглых пиломатериалов

	Длина, м	Толщина, см
Длинномерный кругляк.....	3–9	5 и более
Брусья.....	1–3	6–25
Балки.....	1 или 2	10–25

К пиломатериалам относятся доски различных размеров. Бруски и планки различных размеров, называемые соответственно стропильными

и полустеклами, относят к тесовому лесу, но по транспортным характеристикам они могут быть присоединены к пиломатериалам.

Технологическая древесная щепа, представляющая собой коминенную древесину, используется как сырье для целлюлозной и деревообрабатывающей промышленности.

Поскольку плотность плоских грузов одинарного наименования зависит от породы древесины и степени ее влажности, измерение количества таких грузов, вывозимых на судно, ведут не в весовых, а в объемных единицах или квотично.

Объемной единицей измерения экспортных пропорций в балансах является английская кубическая сажень (акре): 1 акре = 216 фут³ = 6,12 м³. Для измерения в ящиках пользуются мерными ставками, в которые перед погрузкой на судно закладывают последовательно все промежуточные балансы.

При измерении бревен подсчитывают объем древесины каждого отдельного бревна (измерение в зеленой мере) или штабели бревен (измерение в складочной мере). Единицей измерения служит кубический метр.

Для измерения экспортных пиломатериалов в Советском Союзе принят ленинградский стандарт, равный 4,67 м³, или 165 фут³ (в зарубежной практике некоторые из них вносятся в другие стандарты — транзитомский, лондонский и др.).

Тесанный лес в технологическую щепу измеряют в кубических метрах.

Под термином «**и а с о в ы е г р у з ы**» объединяют насекомые и насекомые грузы*. Насекомые — это грузы, перевозимые на судах живым и краинским, как правило, из открытых склянок, например, руда, рудные концентраты, уголь, кокс, щебень, гравий, песок и другие кусковые и зернистые материалы. Насекомые грузы, как и насекомые, имеют зернистую структуру, но отличаются большой сыпучестью, единичными и меньшими размерами отдельных частиц. К ним относят, прежде всего, зерно (пшеницу, рожь, ячмень, овес, пшенице семена и др.), а также пероцебровые и птицетные грузы (геминт, мят и др.). Хранят насекомые грузы, как правило, в закрытых склянках.

Рефражераторные грузы представляют собой обычные тарно-штучные грузы (ящики, бочки, корзины с рыбой, штедами, овощами, замороженными головами тунца и проч.), но сконсервированные, и требующие поэтому особого режима (температуры, влажности) при перевозке.

К специальным грузам относят почту, багаж, ценные и опасные грузы (ядовитые, взрывчатые, радиоактивные вещества и пр.), перевозимые в особых помещениях, а также грузы животного происхождения — помешанных и диких животных и птиц и сырье животных продуктов (кожа, шкуры, кости, шерсть, пух и т. д.).

* В эксплуатационной-экономической литературе под термином «**насекомые грузы**» подразумевают иногда не только насекомые и птицетные грузы, но также водоросли (альгины) и листья.

Основными видами жидких грузов, перевозимых без тары — наливом (отсюда их второе название — наливные грузы), являются нефть и нефтепродукты (более 300 наименований). Важнейшими свойствами нефтепродуктов, которые необходимо учитывать при проектировании танкерных судов, являются вязкость, огне- и взрывоопасность. Поскольку все эти свойства закономерно изменяются в зависимости от плотности нефтепродуктов, последняя может рассматриваться как универсальная характеристика этих грузов.

Для наиболее распространенных нефтепродуктов характерны следующие плотности:

Нефть и нефтепродукты	Плотность, г/м ³
Бензин	0,70–0,76
Керосин	0,77–0,82
Дизельное топливо	0,83–0,87
Синтетические масла и моторные топлива	0,89–0,93
Мазуты	0,92–0,99
Сиринге нефть (в зависимости от состава)	0,83–0,90
(около 60% масла)	

Огне- и взрывоопасность зависит от степени испаряемости и температуры вспышки нефтепродуктов. С этой точки зрения нефтепродукты делят обычно на три разряда. К первому разряду относят нефтепродукты с температурой вспышки до +28°С (бензин, сырье нефть, некоторые сорта керосина); ко второму — с температурой вспышки от 28 до 65°С (дизельное топливо, керосин) и к третьему — с температурой вспышки 65°С и выше (мазуты, моторные топлива, масла)*. Разряд нефтепродуктов является основой для требований, предъявляемых к условиям погрузки и транспортировки нефтепродуктов на судне.

В эксплуатационной практике практикуют деление нефтепродуктов на две группы: на **легкие** (газоевые) — бензины, некоторые сорта дизельного топлива, керосин и пр. и **тяжелые** (гемини) — сырье нефть, моторное топливо, мазут, некоторые масла и пр. Такие же нефтепродукты обладают повышенной вязкостью, поэтому перед пакетом и склоном их следует подогревать до 40–60°С.

Разнообразные растительные масла (яблочное, лимонное, касторовое и др.), животные жиры (китовый жир, тюлений жир — коровина), яичка (масло), вина, цитрусовые спирты и прочие жидкие грузы перевозятся в сравнительно небольших количествах.

Ряд жидких грузов требует соблюдения особых условий (рекомендации по перевозке). Это склоненные газы и химически опасные вещества.

* Имеются в виду наименьшие температуры, при которых смесь паров жидкости с воздухом воспламеняется при подсвечивании открытого пламени. Нефтепродукты первого и второго разрядов соответствующих легковоспламеняющихся жидкостей вязкостью 0,2 и 3,3 со средней и высокой температурами вспышки — по ГОСТ 19433–74, «Грузы сжиженные. Классификация и знаки опасности».

Перевозка на судах различных газов в их естественном состоянии химического недолгообразна. Сжатие газов позволяет уменьшить занимаемый ими объем примерно в 600 раз. Оуществлять сжжение газов и поддерживать их в таком состоянии в процессе транспортировки можно тремя способами: путем значительного повышения давления, путем глубокого охлаждения или комбинируя повышение давления с частичным охлаждением. Выбор того или иного способа зависит от физических свойств газов.

Все сжженные газы горючи, бурно испаряются в воздух при атмосферном давлении и повышенной температуре, создавая взрывоопасные смеси. Так, например, аммиак взрывоопасен при концентрации 14–16% и становится горючим при концентрации, превышающей 20%.

К жидким химическим грузам, перевозимым ванником на специальном оборудованном танкерах, относят в первую очередь различные кислоты, щелочи, технические спирты, эфир, жидкую серу, а также химическое количество других химических веществ. Благодарство химических грузов является опасными, так как обладает по меньшей мере одним из следующих свойств: пожаро- и взрывоопасность, боево-химической опасностью или опасной реакционной способностью, т. е. склонностью легко вступать в реакцию с водой и другими веществами, а также коррозионной агрессивностью.

5.16.2. Тара

Назначение тары – предохранение грузов от порчи и потеря при перегрузках и перевозке.

Тару изготавливают из различных материалов и различной формы в соответствии с различными физико-химическими и механическими свойствами перевозимых грузов. Размеры и форма тары стандартизированы, однако большая разнообразие типоразмеров, предусмотренных общесоюзовыми стандартами на тару, затрудняет механизацию грузовых работ, поэтому принимаются меры к унификации и сокращению количества допустимых размеров во всему миру тары.

Сербым видом тары являются контейнеры и крейдлы, представляющие собой стандартную, многоскратно используемую тару в виде съемного (контейнеры) или перевозимого (крейдлы) имущества для транспортировки быстрых грузов и грузов в легкой упаковке в виде коробок, пакетов, связок и т. п.

Применение контейнеров в трейлерах повышает сохранность грузов, устраняет такие операции, как маркировка, проверка, подсчет и взвешивание при перевозке грузов в пути, сокращает расходы скрепл. и мастика на тару и, прежде всего, способствует механизации погрузо-разгрузочных работ. Все это ускоряет перевозки и снижает их стоимость.

С конструктивной точки зрения большинство контейнеров представляют собой прочный ящик с одной или несколькими дверьми,

изолированный из дерева или металла. Это так называемые закрытые контейнеры*. Кроме того, существуют открытые или каркасные контейнеры без обшивки (например, для легковых автомобилей), с раздвижными стеклами или крышей, с раскрывающимися дверцами, контейнеры в виде одной или нескольких цистерн, укрепленных внутри каркаса из балок, имеющего форму прямоугольника (рис. 16.2).

Конструктивную основу любого контейнера составляет прочный каркас из горизонтальных и вертикальных балок, к которому крепятся крышки, дверцы у закрытых контейнеров; направляющие, шарниры и другие конструктивные элементы у прочих контейнеров.

Особую роль играют вертикальные узловые стойки, заканчивающиеся снаружи и внутри приваренными к ним настенками – фланцами. В фланцах имеются сварные вырезы, используемые при подъеме контейнеров кранами, а также для скрепления контейнеров друг с другом и с палубой при помощи штыковых повторных замков.

По назначению контейнеры разделяют на универсальные (закрытые) и специализированные, предназначенные для перевозки сыпучих, жидкостей, овощей и других грузов. Абсолютное большинство контейнеров, перевозимых на морских судах, составляют универсальные – от 70 до 100%. Из специализированных контейнеров наиболее распространены рефрижераторные (изотермические) контейнеры с термоизолирующей внутренней поверхностью.

До середины 60-х гг. размеры, оборудование и устройство контейнеров определялись отдельными фирмами или компаниями. Положение изменилось в 1964 г., когда Международная организация по стандартизации ИСО (ISO) приняла рекомендации в отношении размеров контейнеров, предназначенных для международных перевозок. С этого времени контейнерные суда проектируются преимущественно к стандартным контейнерам ИСО.

Рекомендации ИСО, поддержанные в нашей стране, относятся к универсальным закрытым контейнерам жесткого типа, обозначенным в них группы (табл. 16.1). Контейнеры группы I (автомобильные, межконтинентальные) имеют одновременно размеры погребенного снаряженя 2,40×2,44 м, а контейнеры группы II (среднетонажные, внутреннеконтинентальные) – одинаковую высоту 2,10 м. В дальнейших к контейнерам группы I были добавлены так называемые „длинные контейнеры“: типов 1А, 1В, 1ВБ и 1СС с высотой 2,59 м (8,5 фут), получившие все большее распространение. Появились и контейнеры высотой 9 фут, т. е. 2,76 м, а также 9,5 фут (2,90 м). Максимальная эксплуатационная масса контейнеров при этом не изменилась. Соотношение между габаритами контейнеров группы I показано на рис. 16.3.

* Задача и далее – термин по ГОСТ 20231–74, „Контейнеры грузовые. Термины и определения“.

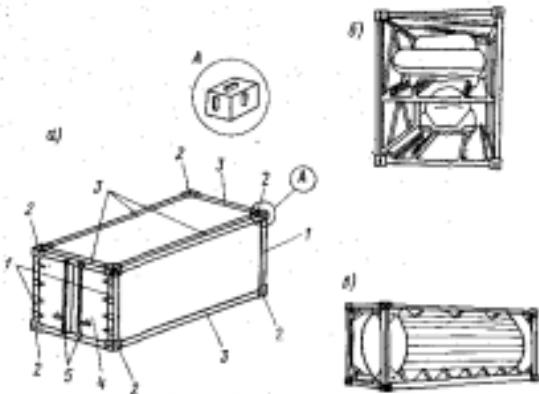


Рис. 16.2. Контейнеры: а – закрытый; б – каркасный (для легковых автомобилей); в – контейнер-часси

1 – узелами скобки; 2 – верхние и нижние угловые фланцы; 3 – продольные и поперечные балки крышки и двери; 4 – торцевая дверь; 5 – дверной замок

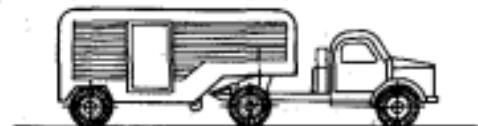
Таблица 16.1. Контейнеры ИСО

Тип	Габаритные размеры						Небольшое масса кон- тейнера в сухом виде, т	
	Длина		Ширина		Высота			
	м	фут	м	фут	м	фут		
I группа	I.A	12,19	40	2,44	8	2,44	8	30,3
	I.B	9,12	30	2,44	8	2,44	8	25,4
	I.C	6,06	20	2,44	8	2,44	8	20,3
	I.D	2,99	10	2,44	8	2,44	8	10,2
	I.E	1,97	6 1/2	2,44	8	2,44	8	7,1
	I.F	1,46	5	2,44	8	2,44	8	5,1
II группа	II.A	2,92	9 1/2	2,30	7 1/2	2,10	7	7,1
	II.B	2,48	8	2,10	7	2,10	7	7,1
	II.C	1,65	4 1/2	2,30	7 1/2	2,10	7	7,1

Рис. 16.3. Сопоставление между габаритами контейнеров I группы ИСО



Рис. 16.4. Автомодуль: односекционный с полуприцепом-трейлером



На морских транспортных судах перевозят контейнеры двух типов: IA (IAA) и IC (ICC), причем, шестидесятифутовый контейнер типа IC принят за единицу измерения вместимости судов и обозначается в технической литературе как TEU (Twenty-foot Equivalent Unit, или TBU).

Флэты, которые в предыдущем параграфе были охарактеризованы как укрупненные пакеты или блок-пакеты, формируются на площадках, имеющих в плане размеры стандартного контейнера ИСО, с торцевыми стенками, что позволяет перегружать флоты с помощью контейнерных эстакад и штабелировать их в несколько ярусов. В ряде случаев флоты относят к открытым контейнерам, к контейнерам-платформам или складским контейнерам.

Трейлерами называют полуприцепы, т. е. фургоны, задняя часть которых открывается за поддерживаемую ось с автомобильными колесами, а передняя – на опорные катки, которые поднимаются после отъезда трейлера с автомобилем-тягачом (рис. 16.4).

§ 16.3. Грузовые операции на судах

Грузовые работы в портах сводятся к трем основным операциям, осуществляющимся при загрузке судов с вертикальной грузообработкой в следующей последовательности: 1) доставка груза на причал к борту судна; 2) перемещение груза с причала в трюм, трапецик или на палубу судна; 3) перемещение груза в трюме или трапецике с прошветом либо (т. е. проекции палки на извлекающую палубу, платформу или настил двойного дна) к месту указания. При разгрузке судов все операции осуществляются в обратном порядке.

Первая операция выполняется исключительно портальными средствами и не связана непосредственно с судном, поэтому в дальнейшем она рассматриваться не будет.

Вторая и третья операции, связанные с работой на судах, должны быть организованы так, чтобы обеспечивалось сокращение простоя судов, удешевление грузовых работ, повышение производительности труда портовых рабочих. Непременными условиями при этом являются безопасность труда и сохранность грузов.

Выполнение всех этих требований возможно лишь при комплексной механизации грузовых работ, исключающей ручное перемещение грузов. Однако до настоящего времени в отечественных и зарубежных портах механизация грузовых работ касалась главным образом лишь второй операции, т. е. подачи грузов с причала на судно или выгрузки их с берега, а наиболее трудоемкая третья операция по перемещению и укладке грузов на судне, или так называемая аттракция, оставалась, в основном, немеханизированной.

Комплексной механизации погрузочно-разгрузочных работ на судах уделяют все большее внимание. И это неудивительно, ибо применение ручного труда повышает стоимость грузовых работ и удлиняет их сроки. В результате значительную часть времени суда затрачивают не на перекопы, т. е. транспортировку грузов, а на стоянки в портах. Так, стоконое время универсальных сухогрузных судов составляет 55–60% эксплуатационного периода, а ходовое – лишь 40–45%. Кроме того, на долю грузовых работ приходится более половины из общей суммы расходов по перевозке грузов.

В настоящее время ручной труд практически исключен при грузовых операциях на морских судах, где грузовые работы с жидкими грузами заключаются в слияние их в суда береговыми средствами и выкачивание из грузовых танков судовыми насосами. То же самое в значительной мере относится и к специализированным судам, перевозящим массовые и укрупненные унифицированные грузы, однако для универсальных сухогрузных судов проблема убистрения и уძешивания грузовых операций стоит чрезвычайно остро и является одним из первоочередных, подлежащих бестройному разрешению.

Для развития комплексной механизации грузовых работ с генеральными, лесными и массовыми грузами интересно видеть последователь-

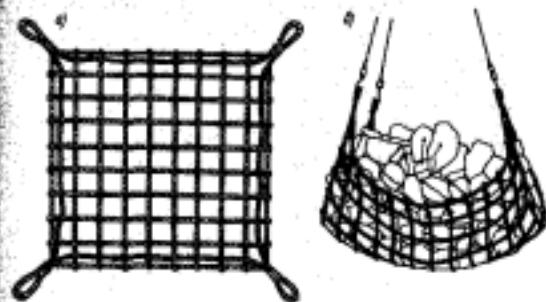


Рис. 16.5. Секка грузовая элеваторная грузоподъемностью до 1,5 т: а – расстянута; б – с макетом грузом

в трех взаимно-перпендикулярных направлениях, включаящих: создание новых образцов перегружочных машин и механизмов для внутриморских работ; приспособление грузов (путем соответствующей их упаковки) к условиям механизированной перегрузки; приспособление судов для наиболее удобной и производительной переработки грузов с помощью грузовых стрел и кранов, без применения внутриморских машин и судовых грузовых вспомогательных.

Рассмотрим погрузочно-разгрузочные работы при транспортировке генеральских, лесных и массовых грузов, а также вопросы приспособления грузов и судов для комплексной механизации внутриморских работ.

Переработка генеральных грузов. Для перемещения грузов с причала на судно используют судовые стрелы, судовые или портовые краны. Грузы, поднимаемые одновременно, образуют так называемый подъем, который формируется с помощью стрелов, грузовых секок, универсальных площадок или специальных захватов.

На стрелах размещают круглые и тяжелые единичные грузы. На грузовых универсальных или складных секоках поднимают легкие грузы, которым не опасно



Рис. 16.6. Универсальная деревянная площадка грузоподъемностью до 3 т с захватами

сение, а на универсальных площадках (преимущественно деревянных) – любые мелкие тарные и штучные грузы (рис. 16.5, 16.6). Универсальные площадки могут быть использованы как при работе с кранами (подъем на сплошных или сплошных поддесках), так и при работе с автопогрузчиками (подъем на валах погрузчика).

Для работы с определенными грузами или видами тары используют специальные автоматические и полуавтоматические захваты. Некоторые из многочисленных конструкций этих захватов показаны на рис. 16.7.

Сформированный на приеме „подъем“ передают краном (или стрелой) в трам или тандек и спускают на просвет линка. Опущеный „подъем“ грузники отделяют от грузового гака, разформировывают и перемещают грузы к месту их укладки.

До настоящего времени тары для тарно-штучных грузов в трамах судов, исключающая их перемещение и укладку, производится, в основном, вручную. Грузы массой до 100 кг переносят один или два грузника; более тяжелые грузы перемещают при помощи приставок (роликовые помпы, тачки, тележки, и т.п.) или перегрузочных машин.

Разгрузка судов производится в обратном порядке. Ее начинают с формирования „подъемов“ внутри грузовых помещений, что сопряжено с подвешиванием грузов от бортов и переборок на просвет линок, где их отстранивают или укладываются в грузовые сетки или на пластины. Для перемещения „подъем“ на берег используют грузовые стрелы или краны.

Основными препятствиями на пути механизации грузовых работ с генеральными грузами является разнообразие их типов и размеров (толщина пакетов насчитывается более трех тысяч типоразмеров) при одинаковых массах и объемах каждой единицы этих грузов, рассчитанных, в основном, на возможность человека, а не машины. Поэтому необходимой предпосылкой к комплексной механизации грузовых работ является укрупнение (т. е. повышение массы) каждого места генеральных грузов с одновременной унификацией их формы и размеров, что достигается путем перевозки на судах таких грузов в контейнерах, трейлерах и пакетах, т. е. путем перехода от генеральных к укрупненным унифицированным грузам.

Пакет, или контейнер представляет собой уже сформированный „подъем“, который целиком, без дополнительной обработки, перемещают с берега в трам и там сразу же устанавливают на место или механизированным путем перемещают о просвет линок к борту или переборке. В результате отпадают длительные и трудоемкие операции по формированию „подъема“ на берегу и разформированию его на судне, повышается производительность труда, сокращаются длительность, и уменьшается стоимость грузовых работ при полной сохранности перевозимого груза.

Наиболее простой, дешевой и доступной формой укрупнения грузов являются из-за технологичности, т. е. образование одного крупного места, массой 1,5–3,0 т, из нескольких (или даже нескольких десятков) отдельных мест.

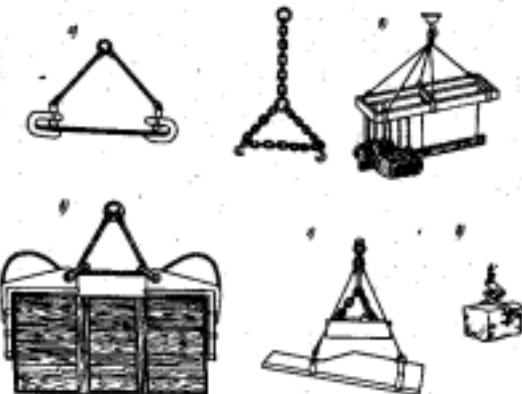


Рис. 16.7. Схематичные зарисовки: а – кулачковый для листового металла; б – крюк для бочек; в – рычажный для ящиков и мешков; г – магнитоизделийный для металлических чурбаков; д – крюкаковый для тонкого и короткого

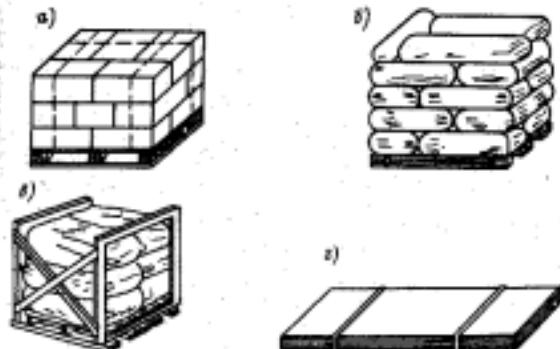


Рис. 16.8. Рядовые способы укладки грузов в пакетах: а – металлической сеткой; б – деревянной рамкой; в – с помощью горизонтальных лент; г – металлической сеткой (стальные листы большой толщины)

Наиболее распространены пакетизация на плоских поддонах, представляющих собой деревянные универсальные штеджики, что позволяет перевозить пакеты или краями, так и автогрузовиками. Чтобы обеспечить сохранность пакетов при качке судна, груз закрепляют на поддонах особой укладкой (имеющей), стяжками, бумажными или стальными пленками, скотчами и т. п. С 1960 г. поддоны в Советском Союзе стандартизированы. Наибольшее распространение в морских перевозках получили плоские деревянные поддоны размерами (в плане) 800x1200, 1200x1600 и 1200x1800 мм, изначальной грунтованностью соответственно 1,0, 2,0 и 3,2 т. Высота пакета зависит от формы и размеров грузов, уложенных на поддоны и колеблется, в основном, от 1000 до 1400 мм. Предельно допустимый считается высота, равная 1800 мм.

Эффект пакетизации весом снаружи – в ряде случаев стояночные времена судов под грузовыми операциями и стоимость переработки 1 т груза сокращаются более чем вдвое. В среднем сокращение стояночного времени универсальных сухогрузовых судов при перевозке грузов в пакетах составляет 30–40%.

К недостаткам перевозок пакетированных грузов на поддонах следует отнести сравнительно большую массу поддонов – до 4–5% от массы груза, потерю по 10–15% полезного объема грузовых помещений (а без закрытия пустот аркутуру и занимать больше), необходимость в ряде случаев обратной доставки пустых поддонов. Эти недостатки отчасти устраняются при использовании гибких пакетирующих средств (страп-лент, строп-контейнеров) и бумажных поддонов разового использования.

Определенные недостатки присущи и перевозкам грузов в контейнерах: низкое использование грузовместимости судов, значительный масса тары (11–13% от массы груза для крупнотоннажных контейнеров и до 20–25% для контейнеров меньших размеров), необходимость обратных перевозок перевозки контейнеров, их громоздкость, сравнительно высокая стоимость эксплуатации и пр. То же самое, только в большей степени, относится и к трейлерам. Поэтому контейнеры и трейлеры используют в экономически обоснованных случаях, в первую очередь, для перевозки с высокой скоростью ценных генеральных грузов.

Для перевозки таких генеральных грузов, как пакеты и контейнеры, а также для частичной механизации погрузо-разгрузочных работ с обычными генеральными грузами, применяют различные погрузочные машины и механизмы, предназначенные для внутриморских работ. В основном это различного вида погрузчики. Соответственно роду погрузчика называются также терминами "автопогрузчики" и "электропогрузчики".

В передней части погрузчиков находятся грузозахватное устройство, укрепленное на каретке, перемещающееся по вертикальным направляющим рамы, подвижной в киподвижной. Для удобства работы направляющие рамы могут наклоняться вперед и назад. Основное грузозахватное устройство – винтовой захват.

Однако применение автопогрузчиков позволяет далеко не полностью решить задачу механизации внутриморских работ. Погрузчики не могут

перевозиться по грузу, поэтому их можно использовать для укладки ящиков чистого груза, высота которого ограничивается либо подъемом каретки погрузчика, либо требованиями техники безопасности (например, безопасная высота отвесной стены штабеля мешкового груза соответствует примерно 6–8 мешкам, киловагон груза – 3–5 м, метлали в чулаках и пакетов ящика – около 1,5 м и т. д.). Степеньтельно, автопогрузчики не могут быть эффективно использованы в глубоких трюмах. С другой стороны, обычные автопогрузчики нельзя использовать и в трюмах, поскольку при подъеме каретки наливается пакетами рама, увеличивая и без того значительные габариты машин и высоту упора рамы в палубу судна ограничивающая высоту подъема груза.

Аналитические трудности возникают и при разгрузке судна.

Наряду с этим, эффективность существующих и перспективных машин и механизмов для внутриморских работ, препятствующих осуществлению комплексной механизации погрузо-разгрузочных работ с генеральными грузами, заставила морские и судостроительные заняться поисками новых путей для решения этой очень важной и острой проблемы. Внешне создавшегося положения было найдено и практическое применение на пути объединения достоинств и потенциальных возможностей двух различных типов морских грузов с комбинированной приемо-отправляемостью морских сухогрузовых судов для комплексной, стапоременной механизации погрузо-разгрузочных работ в акватории грузами. В результате появился универсальный сухогрузовой суда открытого типа и специализированные суда для перевозки пакетов, контейнеров, трейлеров (см. раздел V), позволяющие полностью решить эту задачу.

Громоздкие грузы, не боящиеся влаги, перевозят на открытой палубе. Если палуба полностью занята грузом, то по нему должны быть устроены переходы, ограниченные стеклянными перилами.

Перевозка лесных грузов. При погрузке на судно для леса круглого сечения грузчики, работающие на штабеле, застрекают двумя стражами бревна, образующие "дольи". Затем кран перекает "дольи" в трюм, но продает икона. В поддубную пространство "дольям" затаскиваются краями через сквозные калиброванные блоки. Штаки бревен из распиленного "долья" грузчики производят вручную, используя багорами и помази.

При разгрузке судна совершают те же операции, но в обратном порядке: "дольям" формируют в трюме и раформировывают в штабеле на пристани.

Грузовые операции с прокладками и балансажем выполняются операциями с пакетом с пакетом с пакетом за исключением формирования "долья" при погрузке: кран забирает бревна прямо из мертвых стаков.

Грузовые операции с пакетами и балансажем производят также, как и с круглым лесом, за исключением этого досок при их поступлении на судно для пакетного использования кубатуры трюмов грузовиками

уклоняют изнутри доску в щельности, уплотняют рыхлую землю с помощью клемм и забивают в просветы между рядами пологовольтных досок, укладываемых на ребро.

Основной механизм грузовых работ с лесными грузами является их пакетирование. Но, как и в случае с генеральными грузами, транспортировка пакетированного леса на обычных универсальных сухогрузных судах, равно как и на традиционных сухих-пароходах, не приводит к положительным результатам. Потребовалось создание специальной приспособленной для перевозки пакетированного леса судов — лесовозов-пакетировщиков, чтобы кардинальным образом решить проблему механизации грузовых операций с лесными грузами — без применения ручного труда.

Погрузочно-разгрузочные операции с технической частью осуществляются с помощью гидравлических установок.

Переработка гаваночных и насыпных грузов. Для погрузки гаваночных грузов на суда используются обычно грейферные краны, а для погрузки их в трюмах универсальных судов — специальные машины¹.

Емкость грейферов изменяется в широких пределах (от 5 до 10 м³), при этом масса самого грейфера большей частью равна массе перевозимого груза. Для зерновых, кусковых и крупнокусковых грузов применяют грейферы различных конструкций, в том числе и многостоечные.

Выгрузку гаваночных грузов осуществляют преимущественно грейферами (применяют и ковшовые экскаваторы) с применением тяжелых штыковых машин. Окончательную зачистку трюмов от остатков грузов производят грунтовыми.

Наиболее совершенным способом перемещения сыпучих грузов в зерне является земснарядный, потому основной наземной груз, т. е. зерно, перегружается в портах с помощью стационарных, передвижных или плавучих пневматических установок.

При погрузке судов у экскаваторов попечные-поворотные телескопические трубы перегружатели подводят к люкам и с помощью защелок солен приводят положение зерна нужное направление. В незаполненные участки подводного пространства на судах зерно перегружает грунтовки. Использование металлических машин (триммеров) устраивает ручную штыковку, но приводят к исключительной перегородке зерна, так как крупные, тяжелые зерна делают дешевые, чистые легкие.

Для выгрузки зерна из трюмов в него опускают гибкие трубы пневматического зернососа, применение которого позволяет разгрузить судно с затратой минимального количества ручного труда лишь для зачистки трюмов.

¹ Специальная конфигурация трюмов специализированных судов для перевозки маковых грузов позволяет значительно сократить или полностью устранить операцию по погрузке насыпанных в трюм грузов (см. гл. 24).

Контрольные вопросы

1. Какие грузы относятся к генеральным, универсальным, специальным?
2. Переработка каких грузов полностью механизирована?
3. П. А. Киселев направлениями развития науки комбинированной механизации грузовых операций с плавучими грузами?

ГЛАВА 17. АРХИТЕКТУРА СУДОВ. КЛАССИФИКАЦИЯ СУДОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

§ 17.1. Внешний вид современных судов

Вопросы эстетического порядка, связанные с внешним видом судов, оборудованием и отделкой их помещений, возникают и решаются на всех этапах разработки проекта. Особое внимание к этим вопросам характерно для послевоенной практики мирового судостроения.

Стремление к улучшению внешнего вида судов привело к капиталистических странах прежде всего борьбе между отдельными судостроительными и судоизделийскими фирмами за привлеченные заказчики и кредиторов. Кроме того, существует мнение, что компания на красивых и удобных судах проявляет большую заботу о содержании их в долгом порядке, что однозначно расходы на ремонт.

Внимание к качеству отечественной продукции, к международному престижу советского флота и забота об удобствах быта моряков требует создания судов современной архитектуры, с хорошей салонной и удобным оборудованием помещений.

Подобоявку достаточно разработанных основ судовой архитектуры, которых могли бы воспользоваться проектанты, не существует, ибо отсутствуют либо некоторые практические сведения из этой области, касающиеся внешнего вида судов.

При разработке архитектурной части проекта судов необходимо помнить, что эстетические соображения не должны противоречить технико-экономическим требованиям и что наиболее ясное впечатление от судов создается его боковыми видами (профилем).

Для выполнения основных характерных черт, присущих облику современных судов, сравним их с судами более ранней постройки. Из конструкции бортовых силузтов к видному виду судов, показанных на рис. 17.1-17.2, можно сделать следующие выводы:

Суда 20—30-х гг. отличались разно сморщенными, угловатыми контурами, прямугольными, коробчатого типа надстройками, высокими, тонкими трубами и вертикальными мачтами, непосредственно стоящими на верхней палубе. Силуэты судов создавали впечатление статичности и однозначно раздробленности. Большинству судов 50—60-х гг., наоборот, присущи сплошные контуры, скругленные, обтекаемой формы надстройки,



Рис. 17.1. Скругленные трапеции с — 20-х и 60-х гг.



Рис. 17.2. Грузовой танкер 60-х гг.



Рис. 17.3. Автомобильно-пассажирский паром, 1977 г.

изогнутые конусообразные трубы (или комуки), передко только имитирующие дымовые трубы) и, наконец, наклонные мачты, покоящиеся на надстройках или лебедочных рубахах. Все это придавало скрустям судов композиционное единство, известную легкость и стремительность.

Однако широкое применение обтекаемых, неклассических обводов усложнило постройку судов и препятствовало использованию типовых помещений, а следовательно удорожало суда. Вследствие этого с 70-х гг. различия вновь направились в архитектуру транспортных судов, выражавшихся в упрощении внешних форм и очертаний судовых надстроек и рубок. Доминирующими становятся стремление к простоте и целостности облика. Надстройки приобретают упрощенные прямоугольные (рубленые) формы. Вытесняются любые стесненные надстройки, уменьшается общее количество криволинейных поверхностей. В результате сокращается труда выходит постройки. Одновременно создаются условия для лучшего использования объемов в надстройках и рубках, открывается возможность применения типовых судовых помещений, прежде всего, кают. С наибольшей полнотой и последовательностью отмечены традиции воплощением в проекциях автомобильно-пассажирских судов и паромов 70—80 гг. (рис. 17.3).

Развитие этих тенденций способствовало и перенесению минимизма отдельных снаряжений со блоком надстроек и рубок в корпус. На круизоэсминских судах корсиковая надстройка превращается в ограниченную по длине многоярусную рубку, обеспечивающую надлежащее вмещение ходового мостика судна (см. гл. 16). При минимальной площине палуб каждого яруса, что характерно для такой рубки, создаются благоприятные условия для применения типовых помещений и реализации блочно-модульных принципов проектирования и постройки.

Таким образом, во внешней архитектуре судов происходит, в известной мере, возврат к конструктивизму 20-х гг., однако на совершенном высоком техническом и эстетическом уровне, исключающем возможность повторения примитивных решений прошлого времени.

§ 17.2. Работа над силуэтами и боковым видом судна

Процесс создания внешнего вида судна можно разбить на два этапа: во-первых, это разработка очертаний корпуса, рубок, надстроек и других элементов, образующих силуэт судна и, во-вторых, приведение в соответствие с характером силуэтных архитектурных деталей, образующих первый план внешнего вида судна, т. е. формы и расположения окон, дверей, различных вырезов, сплош и др.

Для создания красивого и современного вида судна его силуэт должен быть цельным, динамичным и композиционно уравновешенным. Учитывая требования к целостности силуэта, его не следует загромождать или разбивать отдельно стоящими деталями; отрицательный пример в этом отношении —

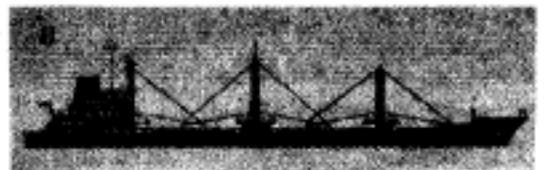


Рис. 17.4. Суда с кильватерным (а) и баком с балансирным (б) склоном

силуют судна на рис. 17.1. Впечатление динамичности, т. е. стойкости и движений, достигается главным образом благодаря плавности перехода от одного контура к другому и надлежащего их профилирования. Композиционная уравновешенность, создаваемая притягивающим балансом объемов, расположенных по длине судна, особенно существенна для судов с миделью в корме (рис. 17.4).

Воспроизведение динамичности силуэта, движения судна вперед подчеркивается и усиливается соответствующим наклоном торцевых склонов настилок к рубкам. Носовым стенкам предают наклон назад, а кормовым —

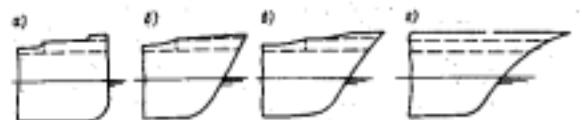


Рис. 17.5. Формы кормовой оконечности судна: а — с прямым вертикальным форштевнем; б — с прямым наклонным форштевнем; в — с прямым наклонным форштевнем, имеющим частичную кривизну в верхней части; г — с кильватерным форштевнем

вперед, то направлению движения. Искривление допускается для любой степени рулевой рубки, которую зачастую наклоняют вперед во избежание блоков на склонах (рис. 17.3). Углы наклона меняются по мере изменения высоты надстройки в следующем порядке: для носовых горизонтали — тем выше крен, тем большие наклоны для кормовых горизонтов — наоборот, чем выше крен, тем меньше наклоны, что позволяет создавать контурные линии, сбегающие к кормовой оконечности. Форштевень и контур корпуса лежат на同一 уровне верхней палубы, должны иметь наклон в обратную сторону.

Остановимся теперь на форме отдельных конструкций, образующих силуэт судна.

Форштевень в надводной части имеет либо прямым наклонным, либо придают ему некоторую кривизну, вплоть до очень значительной, приводящей к кильватерному образованию носа (рис. 17.5). Наиболее приемлемые получают прямой форштевень с наклоном в 25–30° от вертикали. Форштевни с изгибом нетехнологичны, к тому же они часто оказываются эстетически неудачными, и образование их требует особого внимания к выбору радиуса кривизны. Лучшие результаты достигаются при образовании штевня по плоской кривой на всем участке над водорезной или при создании промежуточной формы с ограниченной кривизной в ахтерней части форштевня — выше зеркальной палубы. Кильватерные форштевни получают распространение только на пассажирских судах.

В надводной части корпуса судна форштевни всех перечисленных типов могут сочетаться с баками различной формы, применяемыми для повышения ходовых качеств судов (см. гл. 10 и 11).

Следует заметить, что форма форштевня допускается не только эстетическими соображениями, но и требованиями безопасности* и мореходности судна, а также формой палубного ограждения в носовой части. Например, V-образные палубные ограждения хорошо сочетаются с прямым наклонным форштевнем, а также выраженные U-образные в сочетании с развалом в надводной части — с форштевнем клиперской формы.

Зрительное восприятие носовой оконечности судна зависит от формы козырька, или фальшборта бака, который должна согласовываться с притягивающим силуэтом форштевня. Если для старых судов характерен короткий козырек в районе форштевня, то на современных судах его длина значительно увеличена (см. рис. 17.5). Форма типа б лучше согласуется с прямым наклонным форштевнем, а типа в — с форштевнями кильватерных сортов.

Переходный лист от бака к фальшборту или кирпичку выполняется ранеными с вырезом элегантной кривизны (рис. 17.5, в). Для современной практики характерны конструкции с более шириным переходом,

* При столкновениях судов наклонный форштевень вызывает повреждения, в основном в надводной части как у противоположного судна, так и у парящего. Вертикальный форштевень обуславливает повреждения в надводной части у обоих судов.

Пространственными линиями корму от бака. Это улучшает внешний вид судна и способствует уменьшению концентрации напряжений. Эти же положения применимы к форме переходных листов и других падстреков к рубкам.

О форме кормовой оконечности судов, реализуемой на морских транспортных судах в виде крейсерской кормы различных модификаций, говорилось ранее, в главе 11.

Дымовая труба является заметной деталью силуэта, поэтому для гармоничного сочетания труб с обводами корпуса и падстреков на судах шестидесятых годов им придавали конусообразную форму с наклоном верхней части и скругленным или прямолинейным срезом. Сечениям труб в этот период назывались обтекателями, каплеобразной формой. На судах более поздней постройки конусам дымовых труб передко придают в плане промежуточную или трапециевидную форму, что упрощает их изготовление и более соответствует современным формам падстреков (рис. 17.6). Протяженность труб, т. е. соотношения между их высотой, протяженностью у основания и у среза могут быть самыми разнообразными и определяются общей композиционной судна и характером силуэта.

Соответственно изменению общих архитектурных концепций в судостроении изменяется и форма дымовых труб. В 50-х гг. стремились к созданию ярких обтекателей труб, зачастую полностью сплюснувшихся с надстройками, в эпоху десятилетия кампании имела явная тенденция к увеличению высоты труб и уменьшению их относительной шириной (рис. 17.6). Значительная высота труб современных судов, даже при упрощенной, плоскобоковой форме их изогнутостей, обеспечивает выброс дымового факела в зону паникадильного потока воздуха, обтекающего судно (см. гл. 18), что обеспечивает минимальную задымленность судна. Следует отметить и для дополнительных обстоятельств: кормовое расположение труб на большинстве судов и в свою собственную высоту труб выше верхнего среза комбайна.

Мачты на большинстве сухогрузовых судов устанавливают вертикально. Но на некоторых судах им придается низкозаделенный уклон в корму, наиболее заметный у фок-мачты и совершенно исчезающий у мачт, расположенных блоки к корме. Хорошо согласуются с современным силуэтом судов конусообразные полумачты с утолщенным основанием. На судах, у которых падстреки сконцентрированы в кормовой оконечности, иногда искусственно удлиняют основания мачт, расположенных в кормовой части судна. Такой прием способствует композиционному уравновешиванию масс в боковом силуэте судна.

Нормальная (стандартная) схема размещения палубы приемлема из строительно-технических соображений. Однако на небольших судах или на судах с машиной в корме, такая схема неизбежно приводит к неудобному силуэту. В этих случаях целесообразно изменять очертания седловатости, сдвигнув ее пульпию одинаково в корму от мидель-шпангоута и, если позволяют требования к животехническости, уменьшить ее одинаково в носу и корме. На крупных судах седловатость обычно не применяют, если, конечно, это не ухудшает мореходность судна.



Рис. 17.6. Дымовые трубы современных грузовых судов: а - выпуклая конусообразная; б - упрощенной коробчатой формы

Формы отдельных деталей и конструктивных узлов, создающие первый план (или так называемый бортовой контур) внешнего вида судна, должны сочетаться с внешним контуром судна, образуя им его силуэт. Основное значение имеет форма палубы в надстройках, в частности, конфигурации стоечек в вырезах. Неоднотипные силуэты расположения стоек и неудачная форма вырезов могут заметно ухудшить вид судна, и набором, гармоничное сочетание стоек и вырезов с контурами силуэта подчеркивает единство всех архитектурных элементов судна и создает благородное впечатление.

В заключение нужно отметить, что разработке действительно современного внешнего вида судна способствуют тщательное изучение характерных особенностей наиболее интересных судов, построенных в разных странах за последние годы.

5.17.3. Конфигурация судовых помещений⁴

На каждом транспортном судне предусматриваются помещения следующих трех категорий: спальственные, служебные и помещения экипажа. Нюансы присваиваются номенклатуре судовых помещений на крупных судах дальнего плавания (на более мелких судах часть помещений может отсутствовать).

Специальные помещения, необходимые для выполнения宗旨 его основного назначения – транспортировки грузов и пассажиров. К ним относятся помещения: грузовые – трюмы, трапеции, кистерные, танки, датчики; пассажирские – жилые, общественные, санитарно-гигиенические, хозяйственно-бытовые и медицинские.

Служебные помещения, необходимые для эксплуатации судна как производственного сооружения. К ним относятся помещения: слесарных механизмов – манипуляторы и котельные отсеки; агрегатов механизмов – эластостроительные, насосные отделения; помещения агрегатомоторных котлов, пиджаков, квортеров механизмов, подогревающих устройств, рулевого управления и т. п.; манипуляционных залов – цистерны топлива, смазочного масла, патентной воды для котлов; манипуляционные – рулевые и штурвальные рубки, развертка, помещения гаррисонов, залота и пр.; общесудовые хозяйственные – фонария, магазин, погребники, склады, гроузовая и другие кладовые; балластные цистерны; цементные ящики; коттеджи; туалеты рабочего вала.

Помещения экипажа, назначение которых – обеспечить необходимые бытовые условия экипажу судна. В их состав входят следующие:

⁴ В судостроительной промышленности действует классификация судовых помещений, имеющие отличия от приведенной ниже, в основном, более подробные и отчетливые группировка помещений. С точки зрения проектирования судов более удобны укрупненное деление помещений и их группировка, принятые в учебниках.

помещения: жилые – каюты комсостава и команды; общеслужебные – кают-компании и салоны комсостава, столовая, курительная и салон коммандера, библиотека, помещение для занятий, судовой комитет, спортивная каюты, спортивно-оздоровительные – умывальники, баня, душ и туалетные; административные, хозяйственные и бытовые – судовая канцелярия, кинозал, хлебопекарня, буфетные, производственные кладовые и рефрижераторные камеры, мастерские пресной воды, приемная, супликанская, кладовые чистого и грязного белья, помещения для хранения и сушки спортиводромов; медицинские – стационар (пазухи), поликлиник, амбулатории и др.

Для обслуживания помещений всех категорий на судах используются коммуникации, т. е. коридоры, лестницы, трапы, лифты, лифты, трапы.

В последующих главах приведены свидетельства, необходимые при определении размеров, положения и состава оборудования основных судовых помещений. Иными словами, данные, необходимые для компоновки общего расположения проектируемого судна. Постепенность изложения соответствует значимости помещений всех трех категорий и последовательности их размещения при разработке проекта.

Комплексные вопросы

1. Какие характеристики присущи общему современному судну?
2. Каким требованиям должны отвечать силуэты современного судна?
3. Чем руководствуются при выборе формы ферменок, палубной трубы, симметричности верхней палубы судна?

Глава 18.

НАВИГАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ПОМЕЩЕНИЯ. ВЫБОР ТИПА СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ И ЕЕ РАЗМЕЩЕНИЕ НА СУДНЕ

5.18.1. Посты управления судном

Безаварийное плавание судна по избранным направлениям обеспечивается с помощью навигационного оборудования⁵, использующего средства судовождения, т. е. средства для определения местоположения судна и удержания его на заданном курсе, а также сигнальные средства, средства связи и наблюдения. Для управления судном и рационализации

⁵ Под навигационным оборудованием обычно подразумевают лишь средства судовождения. Исходя из общепринятых соображений и удобства изложения материала, здесь этот термин включается в расширенное толкование.

навигационного оборудования предусматриваются навигационные помещения.

Вопросы компоновки всем необходимым навигационным оборудованием (состав которого зависит от назначения района плавания судна) и детального размещения этого оборудования в полном объеме решает лицо на соответственных этапах проектирования. Однако уже при разработке первоначальных схем общего расположения будущего судна необходимо учитывать не только площади, необходимые для навигационных помещений, но и особые требования к их расположению. Решение этих задач могут помочь следующие цитаты и рекомендации.

Причес все сидят практико разместить посты управления в корме и в судовом рулевую и штурманскую рубки, мостики и запасной пост управления. Рулевая рубка является основным постом управления судном. При плавании в узкостях, во время маневрирования в портах и в ряде других случаев, когда требуется усиленное визуальное наблюдение, используют мостики, а в аварийных условиях — запасной пост управления. В штурманской рубке сосредоточивают оборудование, необходимое для работы с картами по проходам путей и определение местоположения судна в рейсе.

В соответствии с Правилами [32] рулевая и штурманские рубки должны быть расположены смежно или в одном помещении. При выборе места на судне для этого комплекса постов управления исходят из требований, предъявляемых к расположению рулевой рубки, которая должна обеспечивать: максимальную дальность обзора по горизонту; минимальные зоны невидимости (т. е. непротиворечивые из рубок пространства) перед носом и за кормой; наилучший обзор открытых частей верхней палубы судна.

Для удовлетворения этих требований руль в кузове рубки размещают как можно выше, используя в этих целях нижнюю часть самого верхнего края рубки из судна.

Важным критерием удобного расположения рубки является возможность зоны невидимости перед форштевнем судна. Длина этой зоны измеряется от носового паренцеякулера до точки пересечения затвердленной с прямой, проведенной из окон рулевой рубки через верхнюю точку козырька бака (рис. 18.1). Протяженность зоны невидимости $L_{\text{з.н.}}$ выражается в долях корпуса и для посадки судна в полном грузу не превышает обычно $(1,00-1,25)L$ при расположении рулевой рубки

в средней части судна и $(1,4-1,8)L$ — при размещении рубки в корме.

На соотношениях на рис. 18.1 следует, что

$$L_{\text{з.н.}} = l_p [(F + h_6) / (h_p - h_5)]. \quad (18.1)$$

Структура этой формулы показывает, что в наибольшей степени на величину $L_{\text{з.н.}}$ влияют взаимодействие верхней точки козырька бака над уровнем верхней палубы в средней части судна h_6 и высота расположения рулевой рубки h_p . Излишнее удаление рубки от форштевня l_p и занятие кормового борта F оказывается менее существенно. Значительно увеличивают зону невидимости посадка судна с дифферентом на корму.

В рулевой рубке располагают рулевой пост и размещают оборудование, необходимое для управления судном: индикатор кругового обзора радиолокационной станции, машинные телеграфы, переговорные трубы, телефоны и другие приборы связи, контроля и наблюдения, а также пульты или коробки управления сигнальными огнями, дикими и исполнительскими переборками, средствами пожаротушения и пр. Количества и номенклатура приборов зависят от размеров, района плавания и назначения судна [40].

Основное место отводится рулевому посту, включающему палубную тумбу, путевой магнитный компас, путевой рефлайзер гирокомпаса и указатель положения листа руля. На многих судах последних лет постройки путевой магнитный компас, в целях экономии места заменен сотовым рефлайзером плоского магнитного компаса, расположенного на крыше рулевой рубки.

Реплик представляет собой экран, расположенный на уровне глаз рулевого (возможна его регулировка по высоте), на которой через оптическую систему прямого типа передаются показания главного магнитного компаса.

Указанные положения листа руля, выполненный в виде плоской круглой коробки, обычно поднимается к потолку рулевой рубки вблизи носовой переборки, что позволяет сидеть за его показаниями как рулевому, так и вахтенному помощнику, из любой части рубки или с крыши ходового мостика.

В центре рулевой рубки занимает пространство длиной 1,5–2,0 м и шириной 1,2–1,7 м. На небольших судах, плавающих в сложных навигационных условиях или часто швартующихся в портах, рулевой пост располагают у носовой переборки рубки, на остальных судах — у кормовой переборки. Свободный проход перед носовой или кормовой переборкой, оставляемый для вахтенного судоводителя, имеет обычно ширину 1,0–1,2 м.

Большую часть судов в настоящее время оборудуют автоматическими устройствами — автопилотами, обеспечивающими автоматическое управление судна на заданном курсе. Пульт управления автопилотом устанавливают в рулевой рубке рядом со штурманской тумбой — если обычное



Рис. 18.1. К определению протяженности зоны невидимости перед листом судна

рулем управлением используется в качестве аварийного — или вместо нее, поскольку устройство аварийных позволяет, в случае необходимости (например, при швартовках, плавании в узкостях и пр.), перейти с автоматического управления на ручное — с помощью аппарата или рукоятки, имеющихся на пульте. При наличии аварийного отпадает потребность в установке отдельного путевого рулевого прибора спаскомпаса, так как рулевой амонтируется в путь управления.

Индикатор кругового обзора судовой радиолокационной станции (НКО РЛС), вспомогательный для целей судовождения, устанавливают обычно вблизи носовой переборки рулевой рубки по правому борту.

Комплексы машинных телеграфов, передающих команды об изменении скорости судна в машинное отделение, расположают вблизи носовой переборки рулевой рубки, по обеим бортам. На судах с автоматизированными магнитными установками в рулевой рубке может быть установлена пульта дистанционного автоматизированного управления главным двигателем. В этом случае машинные телеграфы выполняют роль резервного средства управления.

Остальные приборы и оборудование крепят за переборкам.

В последние годы органы управления движением судна, приборы навигационного оборудования, средства управления звуковой и световой сигнализацией и связи и другие приборы располагают в обмеженных пультах управления судном. Пульты выполняют в виде единой конструкции или в виде отдельных секций. Размещают обмеженные пульты управления судном у носовой переборки рулевой рубки или на некотором расстоянии от нее, достаточном для свободного прохода.

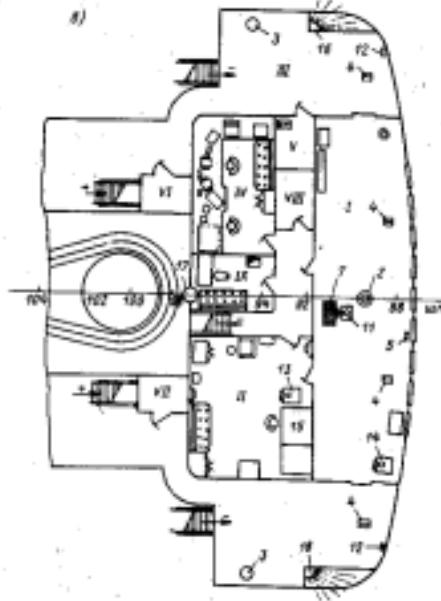
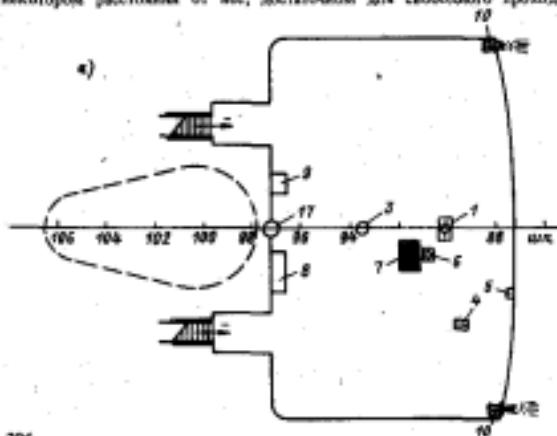


Рис. 18.1. Конструкция пультов, приборов и оборудования из пульта Аварийного (А) и ходового (Б) местах крепления судового сухогрузного судна

1 — главный рулевой; 2 — навигационный рулевой; 3 — киповина открывателя подводного мостика; 4 — радиорубка; 5 — архиваторная радиорубка; 6 — архиватор радиорубка; 7 — классовая (техническая) имущество радио- и радиолокационного оборудования; 8 — ящик позиций

9 — главный магнитный компас; 10 — купольный магнитный компас; 11 — рулевой магнитный компас; 12 — магнитный телеграф; 13 — тумба управления рулём с архивным регистром тросом; 14 — подводный рефлектор рулевого троса; 15 — ящик для сигнальных фонарей; 16 — киповина инструментальная; 17 — сигнальный прожектор; 18 — пульт управления аварийным; 19 — главный пульт управления магнитного; 20 — носовая НКО РЛС; 21 — основной НКО РЛС; 22 — аутрумпный стол; 23 — бортовые отпечатывающие ящики; 24 — сигнальная машина

Остальные секции пульта могут быть установлены на крыльях ходового мостика [40].

Верхнюю часть носовой переборки рулевой рубки делают остекленной – с окнами по всей ширине. В боковых стенах устанавливают двери на оба борта. Для улучшения обзора из рубки верхние части дверей, а зачастую и боковых переборок, также остекляют. В кормовой переборке делают выходы в штурманскую рубку и другие судовые помещения.

Размеры рулевых рубок на современных судах (изменяя характеристику яйда судна) колеблются в среднем от 3,0Х2,5 до 14Х4 м; на большинстве среднотоннажных судов – примерно 8Х3 м.

По бортам рулевой рубки располагают ходовой мостик (рис. 18.2), крышка которого подходит до борта судна*. Ходовой мостик может быть открытый, с частично застекленными утеплителями, или закрытым, находящимся под защитным щитом рулевой рубки. Закрытые мостики ухудшают обзор и спасают от звуковых сигналов, но хорошо защищают от непогоды, поэтому они характерны в основном для судов, предназначенные для длительной эксплуатации в тяжелых условиях Арктики и Антарктики. Переднюю часть открытых мостиков ограничивают фальшбортом с нетребовательном; на крыльях мостиках на высоких тумбах – люторах – устанавливают рефритеры гирокомпаса, предназначенные для пилотования, а в ряде случаев – и мачтовые телеграфы. На судах, оборудованных аварийным, здесь же размещают и выносные посты управления рулем.

Крыша рулевой рубки и смеющиеся с ней помещения образуют навигационный мостик. Состав оборудования, размещаемого на мостике, зависит от размеров судна. На навигационном мостике крупных судов в диаметральной плоскости устанавливают магнитный компас, называемый главным (отличающийся от путевого либо более высокой тумбой – мактоузом) с лантанатором и за ним – штурвалную тумбу (зачастую с встроенным путевым реитором гирокомпаса), один или два навигационных реитора гирокомпаса на пологих тумбах, мачтовый и рулевой телеграфы, сигнальный прожектор (или прожекторы), шифр для сигналных флагов и контуры сигнализации. На малых судах ограничиваются установкой магнитного компаса, реитора и антенны для флагов.

Запасной пост управления судном, используемый в аварийных условиях, размещают либо в рулевом отсеке, либо на открытой палубе в кормовой части судна. В его состав входит штурвал рулевого привода (или механического аварийного привода), приемник рулевого телеграфа и пугащий магнитный компас. На краях обеих расстановок этот пост обозначается как „рулевой аварийный пост”.

Штурманскую рубку располагают рядом с рулевой, в корму от нее. На небольших судах с машиной в корме иногда применяют двухрублевое расположение штурманской и рулевой рубок – с целью помешать рулевой рубке на боковую вышку.

Основным предметом оборудования штурманской рубки является стол для работы с картами – проходящий штурманский стол, который устанавливают у носовой переборки рубки. Над столом устраивают форточку для обозрения с рулевой рубкой. Размеры штурманского стола определяются габаритами карт – обычно (2,0+2,5)Х1 м. Различными наименованиями приборы, необходимые штурману в его работе на ходу судна, называют преимущественно на носовой переборке рубки.

Штурманская рубка, как правило, имеет две двери – в рулевую рубку и в коридор, но иногда устраивают лишь одну из этих дверей, в зависимости от расположения помещений.

Размеры штурманских рубок довольно стабильны: их протяженность по ширине судна колеблется в пределах от 5 до 7 м, а по длине – от 3 до 4,5 м, что соответствует площади от 15 до 30 м². Наиболее распространены штурманские рубки площадью 20 м².

На среднотоннажных и крупных судах община рулевой рубки размещается в кормовом мостике, занимаящем около 6 м².

При компоновке помещений на ходовом мостике необходимо обеспечить удобства в форме и извилины. Для этого предусматривают антиурывочный грани, соединяющий ходовой мостик с находящейся палубой. Наружные грани соединяют ходовой мостик либо с находящейся палубой, так и с извилиновым мостиком. Трапы, ведущие на верх, следует располагать так, чтобы они не ухудшили обзор из рулевой рубки и с крыльями мостика.

В соответствии с требованиями Правил [44] на современных судах помимо магнитных помещений на палубе ходового мостика устанавливают туннельную – для водолазных членов экипажа и пограничника.

Пример компоновки магнитных помещений показан на рис. 18.2.

В последние годы на все большее количество судов рулевую рубку и штурманскую рубку совмещают в одну, называемую ходовой (рис. 18.3). Такая обединенная рубка занимает меньше места, обеспечивает большую удобство в работе капитана по управлению судком – для работы с картами он не покидает основного поста управления судком – и позволяет улучшить обзор. Штурманскую рубку заменяется в этом случае штурманским пультом, состоящим из проходящего стола, приставляемых к нему секций с приборами и вертикальной панели, образующей полупереборку высотой около 1,5 м. (см. рис. 18.3). Это позволяет вахтенному помощнику, находясь из-за стола, наблюдать за горизонтом и за действиями рулевого. В то же время затеняется свет от панели, горизонт лицо проходящим столом. При необходимости более ярким светома изоляция обеспечивается откидными цепями и щитами. В секциях и на обеих сторонах вертикальной панели размещают все те приборы и устройства, которые обычно крепят к переборке, разделяющей рулевую и штурманскую

Следует заметить, что все выше на уровне рулевой рубки называют ходовым мостиком или палубой ходового мостика, поэтому, чтобы выделить собственно ходовой мостик, приставленный по бортам от рулевой рубки краем, имают наименование ходового мостика, хотя направление относить этот термин лишь к крайним бортовым участкам мостика.

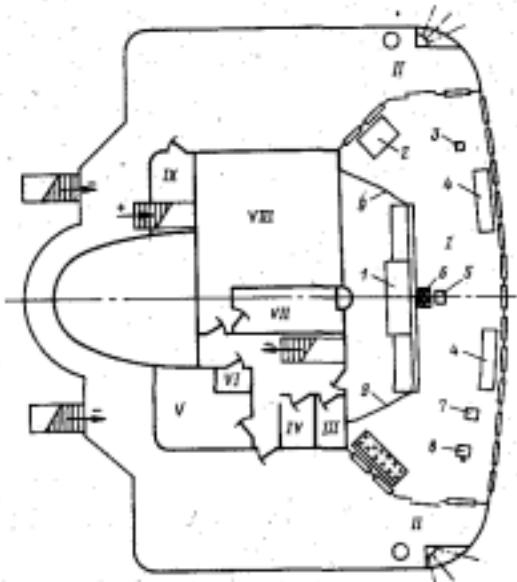


Рис. 18.3. Компоновка помещений, основных приборов и оборудования на палубе ходового мостика при комбинированном рулевом и гиростабилизаторе

I — ходовая рубка; II — крыша ходового мостика; III — кладовая машинного архива и радио- и гиростабилизаторного оборудования; IV — турбина; V — каюты личного состава; VI — КАТС; VII — радиотехническая рубка; VIII — радиорубка; IX — инструментальная

1 — управляемый курс; 2 — стол для подготовки карт; 3 — макетный телеграф; 4 — система обнаружения путей управления судном; 5 — пульт управления магнитного компаса; 6 — НКО ПКС; 7 — пульт автоматизированного управления судном; 8 — светоизвещатели

рубки. Конфигурация ходовой рубки может быть различной — существуют лишь обеспечения хорошего, по возможности, кругового обзора.

Сопоставление рис. 18.2 и 18.3 позволяет заключить наследие пред-
ставления об отличии компоновки, являющейся традиционной в 60-х гг., от широко применяемой в настоящее время:

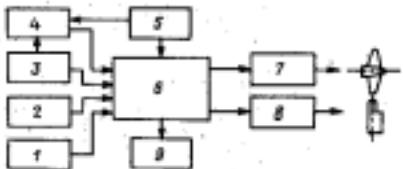


Рис. 18.4. Принципиальная схема комплексной системы автоматического управления судном (автоматрическая)

1 — прибор учетного ввода исходных данных; 2 — система определения координат судна в море; 3 — РЛС; 4 — система решения задач по безопасному расположению судна; 5 — гирокомпас, магнитный компас; 6 — электромагнитическая машина; 7 — пульт управления судовой энергетической установкой; 8 — прибор управления рулевым приводом судна; 9 — средства отображения (цифровые или аналоговые индикаторы)

Интересное развитие разнообразных технических средств судовождения, особенно характерное для послевоенных лет, идет по пути совершенствования уже известных устройств и приборов, а также создании принципиально новых образцов. Использование этих средств облегчает труд экипажа и повышает безопасность мореплавания. Улучшаются и экономические показатели судов за счет минимизации возможного использования высоких скоростей при поддержании требуемой стабильности ходований, движение по макроизделиям пути и более точного управления судном на курсе.

Направление конструирования макроизделий систем, позволяющих спрятать управление судами в любом районе Мирового океана с автономностью, не превышающей 30–50 м, в системах морской спутниковой связи, обеспечивающих непрерывную связь между судном и берегом, способствует дальнейшему повышению эффективности транспортного флота.

Есть путь от частичной до комплексной автоматизации судовождения разбивается на ряд этапов. Конечная цель на первом этапе — отладка автоматрических, т. е. комплексных электрорулевомагнитных приборов и электромагнитных машин, автоматически обеспечивающих безопасное движение судна между двумя заданными фотографическими пунктами с оптимальной для конкретной рейса скоростью хода, но вынужденным изменением пути и при любой метеорологической установке (рис. 18.4). На этом этапе участие человека в управлении судном является еще обязательным. Создание автоматрических и уставляемых радиодальномерных машин способствует уменьшению веса экипажа, а в перспективе, по мере развития и совершенствования навигационно-управляемых механизмов, осуществлять переход к принципиально новому способу эксплуатации морских грузовых судов — корабль без экипажа, с дистанционным управлением, что, в конечном итоге, значительно уменьшит перевозку грузов морем.

§ 18.2. Помещения средней антенн и внутренней связи

Для поддержания в кабине связь морских грузовиков судов их снабжают антеннами радиосвязью, состав которой и условия размещения регламентируются Правилами по радиооборудованию судов Регистра СССР [39]. Согласно Правилам на каждом транспортером судне должны быть предусмотрены радиорубка, агрегатная и аккумуляторная. На крупных судах обычно имеется еще трансмиссионный узел, иногда, радиосвязь, а на пассажирских судах – квадрификальная радиорубка.

Радиотелефонные, переговорные и вспомогательное оборудование к ним размещают в радиорубке, которая должна находиться на палубе ходового мостика, в непосредственной близости от постов управления судном, предпочтительно с левого борта. При невозможности выполнения этого требования допускается размещение радиорубки кроом ниже, но во всяком случае на палубе перед бортом.

Кабинеты радиооператоров и начальника радиостанции должны быть расположены в непосредственной близости от радиорубки, причем, какую начальника радиостанции рекомендуется располагать симметрично с радиорубкой. Если же это невозможно, то, согласно Правилам, допускается размещение кабин на расстоянии не более 20 м (длина пути) от рубки и лишь из одних ярусов.

Площадь, занимаемая радиорубкой, составляет от 4 м² на судах водоизмещении менее 1000 т, до 20 м² – на круизоносерах; на большей части судов под радиорубку отводят 12–16 м².

С помощью радиодома возможна передача из судна кибернетической спутниковой карты; аппаратуру, предназначенную для воспроизведения, иногда располагают в отдельном помещении – радиосинхронической рубке.

Применяющими устройствами необходимо электрический ток определенных параметров, а большинство случаев, отличных от параметров тока судовой электростанции. Поэтому питание радиосигнатуры осуществляется от электромашинных агрегатов (т. е. мотор-генераторов) и аккумуляторов, расположенных в специальных помещениях, называемых соответственно агрегатной и аккумуляторной. Кроме того, аккумуляторы снабжают электроэнергией резервную (квартиру) аппаратуру.

Согласно требованиям, предъявляемым Регистром к размещению этих двух помещений, агрегатная и аккумуляторная должны быть расположены на уровне или выше палубы радиорубки с таким расчетом, чтобы длина трассы кабеля в радиорубку (от каждого помещения) была максимальной, а от аккумуляторной не превышала 15 м. Выход из аккумуляторной должен быть устроен непосредственно на открытую палубу, а из агрегатной – на палубу или в коридор.

Площадь, занимаемая аккумуляторной и агрегатной на различных по размерам судах, довольно стабильна, и большинстве случаев 4–5 м². Поскольку все вращения всех агрегатов должны быть параллельны

диаметральной плоскости судна, агрегатные обычно несколько выступают за линию судна.

Антены судовых радиосистем конструктивно выполняются в виде листьев или лучей (проволок). Широкие (прутковые) антенны крепятся к кронштейнам или конопакам, а узкие (проволочные) подвешиваются вертикально, максимально или горизонтально к рамам и матам.

Для внутренней судовой связи используют радиотрансляционные устройства, переговорные трубы, звонки и телефоны. Трансляционное устройство, предназначенное для передачи распоряжений по судну, программы радиовещательных станций, концертов, звукозаписи и т. п. размещается в коммюнике (трансмиссионном) узле площадью 4–5 м².

Такую же площадь занимают в корабельных автоматических телефонные станции (сокращенно КАТС), дающие возможность обеспечить как служебную, так и общую связь.

§ 18.3 Выбор типа судовой энергетической установки

Энергетические установки судов мирового транспортного флота отличаются большим разнообразием. Однако распространность установок лесовозов, различия в первоначалах из принципиальных. Основная масса грузовиков судов оборудована паротурбинными и дизельными установками. Дорожные турбины используют, как правило, в качестве двигателя круизоносеров или быстротходных судов, преимущественно судоходников и океанских пассажирских судов; подавляющая часть морских транспортных судов построена постройкой (без 99 %) оборудованием дизелями.

Турбо- и дизель-электрические установки используют в тех случаях, когда это требуется особенностями эксплуатации судна (например, при плавании во льдах или при частых швартовках), специальными требованиями к размещению механизмов (что характерно, в частности, для судов с горизонтальной грузобойкой) или ограниченными возможностями в выборе главного двигателя и средств передачи мощности на гребной вал. Суда с легкими и компактными, но низкоЭкономичными газотурбинными ГТ, отличающимися к тому же сравнительно малым моторресурсом, настолько являются единицами. Тяжелые и низкоЭкономичные паровые машины на новых судах вообще не устанавливаются.

Широкому распространению дизельные установки способствовали, прежде всего, их высокая топливная экономичность. Кроме того, совершающиеся судовыми дизелями в последовательный период позволяют перевести большую их часть на дизельное топливо, повысить агрегатную мощность и снизить удельную массу.

Тип энергетической установки обычно бывает обусловлен в задачах по разработке проекта. Но не исключаются и свобода выбора установки в реальном возможных пределах. В этом случае необходимо прежде всего сравнять экономическость и масштабируемые показатели установок,

в тяжких их первоначальную стоимость и расходы на ремонт. Двигательные критерии включают такие характеристики сопоставляемых установок, как простота и надежность в эксплуатации, шумность, вибрация, маневренность, количество и квалификация машинной команды.

При выборе величины установки для морских транспортных судов предпочтение, как правило, отдается одноваловым установкам. Объясняется это технико-экономическими соображениями: двухваловая установка сложнее, пропускный коэффициент ее ниже (в основном из-за снижения КПД винта и коэффициента здания корпуса), а, кроме того, она дороже одноваловой в постройке, и в эксплуатации. В среднем, эксплуатационные расходы на двухваловых судах оказываются на 10% выше, чем на одноваловых.

Двухваловые установки классифицируются лишь на судах с очень мощными энергетическими установками (25–30 тыс. кВт и выше), но судах, отвечающих повышенным требованиям к их маневренности и ходу, есть, а также на макетах стандартизованных и на небольших по размерам судах с коротким расположением машинного отделения и компактными двигателями повышенной оборотности с прямой передачей на винт, когда одноваловая установка с малооборотным главным двигателем может вызвать значительное увеличение размеров машинного отделения.

§ 18.4. Рекомендации энергетической установки и габариты машинно-котельных отделений

Судовая энергетическая установка (СЭУ) может быть размещена в средней части судна, в корме или занять промежуточное положение, т. е. быть сдвинутой несколько в корму от середины судна. При выборе того или иного варианта размещения следует прежде всего из обсужденных соображений (см. § 18.3), учитывая в то же время и влияние, оказываемое положением установки на ее габариты, массу и компоновку.

При любом размещении СЭУ необходимо стремиться к тому, чтобы она занимала возможно меньший объем, который в конечном итоге, "отнимается" у грузовых или пассажирских помещений, и имела бы минимальное количество подверженных опасений – для уменьшения чистотности машинной команды.

Определение габаритов и массы СЭУ является весьма трудоемким и длительным процессом, но на начальных этапах проектирования можно ограничиться схематическими построениями и приближенными зависимостями, позволяющими достаточно быстро получить необходимые характеристики. Ихе приводятся некоторые из этих зависимостей, позволяющие решать поставленную задачу с различной степенью точности и при различных исходных данных.

Когда выбран тип СЭУ, во еще неизвестны характеристики главного двигателя, суммарную длину машинно-котельных отсеков (МКО) L_m

можно выразить в допах длины судна:

$$L_m = k L. \quad (18.2)$$

Значение коэффициента k снимают с графиков на рис. 18.5 и 18.6. Кривые 1 и 2 (рис. 18.6) относятся к дизельным установкам как с прямой передачей на винт, так и с редукторной. Для дизель-редукторных установок с двумя двигателями в средней части судна значение k довольно стабильно и при $L = 75 + 150$ м составляет 0,13–0,15. Зависимые колебания коэффициента k в области неподвижных длины при кормовом расположении дизельной установки обусловлены более существенным, чем при корме расположением МО, влиянием конструктивного типа главного двигателя на длину МО (поскольку здесь приходится включать установку в суженные обводы корпуса судна), а следовательно, и на величину коэффициента k . Для установок с газовыми турбинами значение k близко к единице при удалении дизельных установок.

После уточнения мощности СЭУ и выбора главного двигателя можно уточнить и длину МКО, выражая ее через длину главного двигателя:

$$L_m = \alpha l_{\text{ма}}. \quad (18.3)$$

Под величиной α в этой формуле подразумевается расстояние между носовой и кормовой переборками МКО на уровне места установки дизеля, без учета топливных цистерн и резервов умеренного подводного дрейфа. Для дизельных установок величина α – длина собственно дизеля, а для парогенераторных установок – длина турбозубчатого агрегата.

Значения коэффициента α для энергетических установок мощностью более 2–3 тыс. кВт берут из табл. 18.1.

Дальнейшим шагом из путя уточнения габаритов энергетической установки является схематическое размещение основных ее компонентов: главных двигателей и главных котлов, электростанции, вспомогательных и управлительных котлов, вакуумных и движителей, постов управления, гидромеханических кладовых и механической мастерской, а также машинной и котельных шахт.

§ 18.5. Выбор положения машинного отделения по длине судна

Положение МО оказывает влияние на многие эксплуатационно-технические показатели судна, в том числе на его грузоподъемность и грузовместимость, посадку и в грузу, и в балласте, обитаемость, прочность, на удобство управления судном и удобство укладки груза и производство грузовых операций. В конечном итоге, оно оказывается в на экономических показателях судна.

Чтобы определить наиболее целесообразное расположение МО для судов различных типов и размеров, рассмотрим первичные вопросы

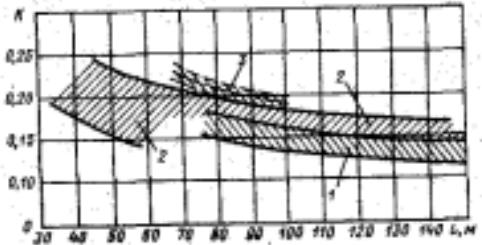


Рис. 18.5. Значения коэффициента K в формуле (18.2)

1 — для СМУ с однокомпартиментной средней части судна; 2 — с однокомпартиментной средней частью судна; 3 — цементно-реакторная установка с двумя линиями в кормовой части судна

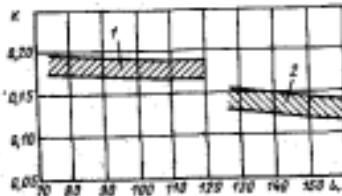


Рис. 18.6. Значения коэффициента K в формуле (18.2)

1 — для реакто-реакторной СМУ в кормовой части судна; 2 — для паротрубопроводной установки в средней части судна

Таблица 18.1 Значение коэффициента K в формуле 18.3

Тип энергетической установки	Количество тоннажных единиц	Коэффициенты при расчёте грузоподъёмности	
		средней	корковой
Дизельный	1	1,25—1,45	1,95—2,05
Дизель-реакторная	1	1,25—2,05	
	2	1,85—2,10	2,65—3,15
	4	2,90—3,10	
Дизель-газотурбинный	1—5	3,10—3,60*	3,90—3,90*
Паротурбинная	1	2,10—3,00	3,80—4,20

*При снятии расстояния от задней рампы-реакторов и гребных машин.

отдельности, соединяясь суда с машиной в корме с судами, имеющими машину попереди.

Одним из основных преимуществ судов с машиной в корме считается их большая грузоподъёмность при одинаковых размерах корпуса. Перемещение МО в корму снизит с некоторым его удлинением, но объём МО при этом, как правило, уменьшается.

Увеличивает полезный объём грузовых помещений и плавучесть тузана гребного мага, проходящего у судов со средним расположением МО через кормовые трюмы. Однако общий выигрыш полезной кубатуры оказывается несколько меньше, из-за необходимости увеличивать у судов с корковыми расположением МО объём балластных цистерн в связи с более жесткими условиями уздортировки такого судна в балласте (см. ниже).

Суммарный выигрыш в кубатуре грузовых помещений за счёт перемещения МО из средней части корпуса в корму зависит от размеров судна и типа его механической установки, и для судов поддортном около 10 000 т составляет в среднем 1,5—3%.

Грузоподъёмность судна при перемещении МО в корму несколько ухудшается, сплошным образом, за счёт уменьшения массы захваченного в тузанах гребного мага. Однако, увеличение грузоподъёмности компенсируется тем, что прямые потери не превышают 0,5%, редко — 1,0%.

На судах с машиной в корме облегчается комингование в средней части корпуса для исполнения их под грузовые трюмы и тузаны. Эти комингусы избыточны по форме к прямоугольному параллелепипеду, т. е. наиболее удобны для укладки грузов. Кроме того, из кормовых трюмов удаётся также существенная помеха для грузовых работ, каким является туннель гребного мага, а наиболее узкий и неудобный кормовой бортовой трюм всегда ликвидируется. При этом верхняя палуба во всем протяжении грузовых помещений (или за большей частью этой длины) освобождается от надстроек, что способствует более свободной и более производительной работе береговых кранов.

Таким образом, суда с машиной в корме оказываются более удобными для хранения грузов и производство грузовых операций, чем суда с машиной спереди.

Уздортировка судна с машиной в корме как в груте, так и особенно при ходе в балласте, более затруднительна, чем суда со средним расположением МО.

При балластном пробеге судогрузных судов с машиной в корме масса водонепроницаемого корпуса и кормового участка швейцера для оказывается обычно недостаточной для надлежащего погружения носовой оконечности. Поэтому у подавляющего судов, как правило, увеличивают объём поперечных форштевней и поднимают настый дубовый днище в первом грузовом трюме. Если к этому недостаточности, то дополнительную устраивают грузобалластные днищика (или антитанки), расположив его обычно в носовой оконечности, а баки к середине судна.

В некоторых случаях предпочтительнее не удлинять форштевень, а занять всю палубную часть первого трюма (до уровня выпуклостей палубы

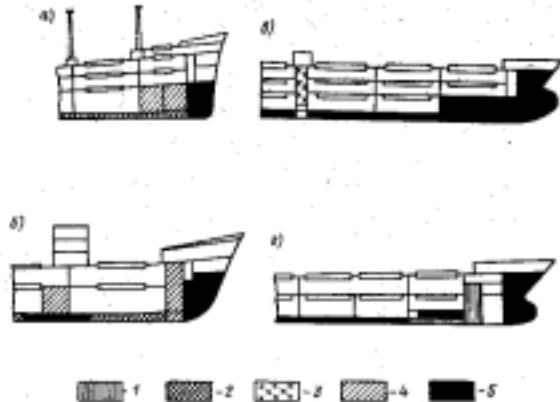


Рис. 18.7. Размещение цистерн и емкостей водного балласта на универсальных судах с машиной в корме: а – контейнерное судно водоизмещением 10 200 т; тоннажом 5040 тд; б – четырехтактовое судно водоизмещением 6100 т; тоннажом 60х тд; в – контейнерное многоцелевое судно водоизмещением 15 400 т; тоннажом 70х тд; г – контейнерное судно водоизмещением 23 860 т; тоннажом 80х тд.

1 – палуба; 2 – танкеры или вакуумные баллонеты; 3 – жидкое груз; 4 – жидкое груз; 5 – водный балласт

или платформы) грузоподъемно-балластными или грузо-балластными цистернами. При этом улучшаются условия грузовых работ в краине носовом трюме и более целесообразно используются объемы в кормовом судне.

Общий объем цистерн для водного балласта на судах с машиной в корме несколько больше, чем на судах со средним расположением МО. Различные варианты расположения балластных цистерн показаны на рис. 18.7.

При определении количества водного балласта, необходимого для удовлетворительной посадки судна в балластном пробеге, исходят из предшествующих подробно изложенных в главе 20.

Пост управления судном, т. е. ходовой мостик с расположенным на нем рубками (рулевой, штурманской и радиорубкой), при кормовом расположении МО устраивают либо в корме – на надстройке или, либо в специальной рубке, расположенной в кормовой половине судна вблизи его середины или ближе к форштевню.

Каждому из этих вариантов присущи свои достоинства и недостатки.

Обращаясь к современной практике расположения ходового мостика на судах с машиной в корме, можно отметить следующее. Крайнее левое расположение мостика встречается лишь у судов, предназначенных для работы на пивных сачетных заходах в порты или плавания через реки, каналы, ограниченные фарватеры в устьях рек и т. п. Другая группа судов с аналогичным расположением ходового мостика – специальные суда для перевозки особо тяжеловесных грузов, у которых специфические грузовые концепции У-образной формы и размещенные между ними в походном положении стапели и кренковессы с их тяжелым, совершенно закрывающим обзор по носу судна.

Чтобы не допускать чрезмерного возрастания зоны невидимости при перемещении мостика в корму, его обычно поднимают на один ярус выше, чем на судах, у которых мостик в средней части длины корпуса рулем.

Бывают вого для кормового размещения ходового мостика подходит малотоннажные суда (вследствие их небольших размеров), танкеры и специализированные суда для перевозки массовых грузов, не имеющие собственных грузовых устройств (что создает хорошие условия для обзора с кормы по носу судна), суда для длительных рейсов с редкими заходами в порты, устья рек и тому подобные стоянки акватории (вследствие малой повторяемости условий, трудных для маневрирования).

Условия обитаемости на судах с машиной в корме, как правило, хуже, чем на судах с машиной посередине, так как на корме, размещаемой в кормовой надстройке, самое воздействие вибрации от работы мотора, а при плавании на волнении линейные амплитуды и ускорения креновой качки в кормовой оконечности значительно больше, чем в средней части судна.

Никоторой компенсацией перечисленных недостатков может служить более свободная планировка помещений для экипажа, поскольку надстройка в корме можно сдавать больших размеров, чем в средней части судна, бы учесть при размерах грузовых погон и удобства проведения грузовых операций.

Подводя итог сказанному выше о выборе положения МО на судне проектируемого судна, необходимо отметить, что невозможно сделать единого вывода, пригодного для всех судов и любых условий их эксплуатации, с предпочтительности того или иного расположения МО. Можно лишь констатировать, что кормовое расположение МО специфично для танкеров и судов, перевозящих массовые грузы, и наиболее часто встречается у малотоннажных универсальных судов, колесных судов и судов, перевозящих особо тяжеловесные грузы.

Танкеры и специализированные суда для перевозки массовых грузов легче, чем другие суда с машиной в корме, можно удифференциовать как в груз, так и в балласт: наследование лебольшой относительной скорости центр величины этих судов смещены, как правило, к носу, что благоприятствует удифференцировки загруженного судна, а наличие развитой системы

бортовых частей позволяет получить необходимую посадку при ходе судна в балласте. У танкеров кормовое расположение МО диктуется в первую очередь обзорными возможностями, а для рудовозов и других подобных судов наиболее существенным является снижение туннеля гребного вала, затрудняющего работу гребферов и внутритримовых машин во время грузовых операций. Удобен эти суда в точке зрения управления с кормового мостика.

У лебелевых судов — обычно двухтактных — кормовое расположение МО обеспечивает наибольший изыгрыш кубатуры (восколько туннель гребного вала занимает относительно большой объем), сокращение количества грузовых устройств, существенное улучшение конфигурации трюмов и условий проведения грузовых работ.

Для контейнерных судов и судов, перевозящих крупногабаритные и особо опасаемые грузы, при решении вопроса о расположении МО определяющими факторами являются удобства конфигурация трюмов, свободная передняя палуба и разумное размещение грузовых устройств. Но это лучше обеспечивается при носовом машинном в корне.

Остановимся теперь на промежуточном, по отношению к двум основным положениям МО в изложении, на сдвигнутом в корюю от мидель-шпангоута. Обычно позиции МО располагают один грузовой трюм, реке — два, а все остальные — в нос от МО. Ходовой мостик в этом случае размещают на надстройке в районе МО, в одном блоке со всеми оставшимися помещениями. Судам с промежуточным расположением МО, получившим заметное распространение, присущи как достоинства, так и недостатки судов с машиной в корме и в середине, но в соответствии меньшей степени. Так, например, у них несколько меньше изыгрыша в кубатуре грузовых помещений, чем у судов с машиной в корме, но в то же время и меньше затруднений вызывает удифферентировка; условия обвяземости средние по отношению к условиям, характерным для двух основных типов судов и т. п.

Сдвигнутым в корюю МО стоит большинство крутих скругленных лайнеров, у которых трюм и танкеры в корме оборудуют для перевозки скоропортящейся грузов, требующих охлаждения, в простирающейся по бортам туннеля гребного вала используют как пантлики для ящиков грузов, тоннажа или балласта. Подобное же расположение МО характерно и для быстроходных контейнеровозов. Объясняется это и первую очередь тем, что размещение энергетической установки быстроходных судов чрезвычайно затруднено или просто невозможно в краях кормового отсека — вследствие громоздкости мощных главных двигателей и острых сдвигов корневой окантовки быстроходных судов, эксплуатирующихся с высокими относительными скоростями.

Контрольные вопросы

1. Перечислите состав и различия вида управления судном?
2. В чем заключается критерий практичеcкого различия рулевой рубки?
3. В ходе изучения рассмотрены различные виды и автоматизация наименее обоснованных и постов управления судном?
4. Каковы критерии выбора типа СЭУ и ее размещения на судне?

Глава 19.

КОМПЛЕКТАЦИЯ И ПОМЕЩЕНИЯ ЭКИПАЖА

19.1. Комплектация экипажа

Экипаж каждого судна организуется капитаном и состоит из командного состава и судовой команды. Обязанности членов экипажа и назначения занимаемых ими должностей определяются Уставом службы на судах морского флота СССР.

Из членов командного состава выделяется старший коммандор, к которому относятся капитан, старший помощник, первый помощник и старший (главный) механик.

Статутными членами командного состава являются: другие помощники капитана, механики и электромеханики, начальник радиотехники, радиотелеграфист и радиотехник, электротрансформатор, судовой врач (или фельдшер) и бочмин, а на пассажирских судах — еще директор ресторана и администратор паспортирной службы.

Все члены экипажа в соответствии с выполняемыми ими обязанностями распределяются по судовым службам. Всего Уставом предусмотрено семь таких служб, но на грузовых судах их не больше пяти: Экс-

1) служба эксплуатации, обеспечивающая безопасное судоходство и выполнение производственных функций судна, прежде всего — грузовых операций;

2) служба технической эксплуатации (единица техническая служба), которая обеспечивает работу и исправность всех двигателей, агрегатов и механизмов судна и следит за состоянием его корпуса;

3) радиотехническая служба, обеспечивающая бесполетную радиосвязь и работу всех электрорадиоэлектронных средств;

4) служба быта — занимается обслуживанием экипажа судна: обеспечивает всех членов экипажа питанием, поддерживает частоту и порядок жилых и общественных помещений;

5) медико-санитарная служба — занимается охраной здоровья экипажа и оказанием медицинской помощи пассажирам.

На пассажирских судах добавляется паспортирная служба, занимающая обслуживанием пассажиров, а на учебных и учебно-производственных судах — учебная служба, обеспечивающая организацию учебного процесса и практikальной практики курсантов и практикантов.

Специфика обязанностей основных членов экипажа могут быть кратко характеризованы следующим образом.

Капитан является руководителем судового экипажа, доверенным лицом государства, ответственным за сохранность судна и груза и за жизнь находящихся на судне людей. Он управляет судном в случае опасности. При плавании в ухудшении, при прохождении проливов и каналов, а также при подходе к берегам и при плавании в условиях ограниченной видимости капитан обязан исходить из мостике.

Первым заместителем капитана является старший помощник, который непосредственно отвечает за организацию службы и дисциплину

на судне, а также за техническую эксплуатацию и поддержание в порядке корпуса и судовых устройств. Он руководит работой всех помощников капитана (кроме первого) и является начальником службы эксплуатации судна. Первый помощник, или помощник капитана по технической части, организует на судне воспитательную и партийно-политическую работу. Старший механик является заместителем капитана по технической части, начальником службы технической эксплуатации судна. Он руководит работой судовых механизмов и электромехаников, а также машинной командой. Старший механик надает всеми техническими средствами судна и отвечает за техническое состояние корпуса и за надежную работу всей механической и электротехнической части судна.

Между помощниками капитана, количество которых может доходить до семи, распределяются обязанности по приему и сдаче грузов (второй помощник), штурманской службе и контролю за исправным состоянием навигационного оборудования (третий помощник), надзору судовой каютерии и контролю за электрорадиоэлектронизированными приборами и устройствами (четвертый помощник), вопросам перевозки и обслуживания пассажиров (помощники по пассажирской части), обеспечения пожарной безопасности (помощник по пожарно-технической части) и пр.

Второй механик является заместителем старшего механика. Между ним, третьим и четвертым механиками распределяется надзор за работой и состоянием главных и вспомогательных механизмов, котлов и систем, руководство работой и обучение машинистской команды. На крупных судах предусматривается специальный механик по судовым системам. За работой и исправностью всего электрооборудования на судах следят старший электромеханик (на судах с электродинамикой) и электромеханики, организующие работу судовых электриков. Холодильные установки и системы кондиционирования воздуха находятся под наблюдением рефрижераторного механика, которому подчиняются рефрижераторные машины.

Начальник судовой радиостанции подчиняется непосредственно капитану и является начальником радиотехнической службы, в которую входят радиотелеграфисты, радиотехники и электрорадиомеханик.

Бодман входит в службу технической эксплуатации судна. Он подчиняется старшему механику и непосредственно руководит общесудовыми работами, следит за состоянием корпуса, раковута, такелажа, грузового устройства, стальных листовок и якорей, за порядком и чистотой на судне. Бодман является непосредственным начальником подчиненных ему членов команды — подвижника, старших матросов, матросов I и II класса. При подготовке судна к рейсу, а также при плавании в сложных условиях боямисааступает в распоряжение старшего помощника капитана.

Помощники капитана, судовые медicsи, начальники судовых радиостанций и радиотелеграфисты, помимо выполнения своих непосредственных обязанностей, несут ходовые и стоячные вахты. Смены вахт на судне

производятся, как правило, через каждые четыре часа. К несению вахт привлекаются также матросы, мотористы, машинисты и электрики.

К службе бывает относятся: повара, камбузники (помощники повара), пекари, буфетчики и дежурные (уборщики).

Детальная комплектация экипажа, т. е. определение его численности и состава, производится по нормам Министерства морского флота в зависимости от типа судна и его валовой вместимости, типа энергетической установки и мощности главных двигателей.

Численность экипажа на отечественных сухогрузных и пакетных судах составляет обычно 25–35 чел., из них 35–40% — командный состав. На судах, автоматизированных в соответствии с классом A2 Регистра ССР (эксплуатация судов без вахт в МО, но с вахтой в центральном зале управления СЭУ), численность экипажа снижается на 10–15%.

В заключение следует отметить, что введение на судах комплексной автоматизации управления процессами судовождения, грузовыми и пакетными операциями и работой СЭУ приводит к существенному сокращению численности экипажа. Уже эксплуатируются высокоматематизированные труховые суда с экипажами численностью 10–15 чел. Теоретически возможна возможность дальнейшего снижения количества людей на борту подобных судов, однако по соображениям сокращения судна в аварийных условиях это считается нецелесообразным.

5.19.2. Жилые и общественные помещения

Требования к жилым и общественным помещениям экипажа — их размерам, размещению и составу — регламентируются Правилами Регистра ССР [33, 35]. Санитарными правилами для морских судов Министерства здравоохранения ССР [44] и ОСТом 5.0195–84 «Архитектура морских судов. Помещения для экипажа. Правила и нормы проектирования».

Ж и л ы е, в о м е с ч и н ы . Согласно упомянутым правилам для размещенного экипажа и пассажиров можно использовать любые помещения на судах, за исключением: а) помещений без естественного освещения; б) помещений, расположенных непосредственно над поплавковыми и настильными цистернами или смежно с ними; в) помещений за переборками форванса в кюссе и актертика в корму ниже палубы переборок.

Кроме того, на нефтеплавильных судах не допускается размещение жилых помещений ниже верхней палубы. Эти помещения должны быть расположены вне зоны грузовых отsekов и не над насосными отделениями или коффердамами.

Перечисленные ограничения гарантируют определенные бытовые удобства и безопасность членов судового экипажа и исключают возможность размещения жилых в темных, шумных, или опасных частях корпуса судна. Так, в помещениях над актертиком наиболее сильно ощущаются шум и вибрация от киперрельных узлов воды, отбрасываемой вентиля-

на ходу судна, а в аналогичных помещениях носовой части – от ударов встречной волны. Кроме того, носовая оконечность является районом наибольшее частых и сильных повреждений при столкновениях судов и других возможных авариях.

Требование о естественном освещении кают⁴ предполагает размещение всех жилых помещений над палубами, поэтому спальни первого ярусов на этих местах в Правилах не имеются.

На всех судах внеограниченного района плавания валовой вместимостью более одной тыс. регистров тоннажа должны размещаться в одиночных каютах. На судах меньших размеров одиночные каюты представляются членам комсостава, а команда полностью или частично может быть размещена в двухместных каютах. Для практиков и лиц временного состава (члены ремонтных бригад, экспедиций) допускаются трех- и четырехместные каюты.

Всем членам старшего командного состава на судах валовой вместимостью более трех тыс. регистров тоннажа должны быть предусмотрены блок-кабинеты, т. е. каюты, состоящие из нескольких помещений. Такое же требование относится к жилым помещениям капитана и старшего механика на судах валовой вместимостью от одной до трех тыс. регистров тоннажа.

На средне- и крупнотоннажных судах блок-кабинеты состоят из спальни, кабинки, санузла и санузла с ванной суммарной площадью 35–45 м². Иногда добавляются прихожая и сервироочная. Кабинет является рабочим помещением капитана, в котором используется для проведения совещаний и приема лиц, посещающих судно. В блок-кабинах других членов старшего комсостава спальни не предусматриваются (рис. 19.1).

Остальные члены комсостава и члены команды размещаются в каютах с индивидуальным санузлом, оборудованным унитазом, умывальником и душем, или санузлом из двух смежных кают. На среднотоннажных судах вместо санузлов ограничиваются унитазом в каютах умывальником. Площадь кают (без учета санузлов) составляет от 7 до 14 м².

Оборудование и планировка кают должны обеспечивать максимальные удобства для дневного пребывания, сна и отдыха всех членов экипажа.

Койки в каютах рекомендуется располагать вдоль судна, что соответствует более благоприятным условиям для лежащего человека при бортовой качке. Если в каютах имеются и двери, то его следует устанавливать перпендикулярно койке: такое расположение позволит обитателю каюты выбрать удобное место отдыха при различных видах качки судна.

В последние годы разработаны проекты типовых кают комсостава и команды. Все каюты комсостава оборудованы умывальником или санузлом с умывальником, унитазом, душем или ванной; все каюты команды – умывальниками, в часть одиночных кают – санузлом.

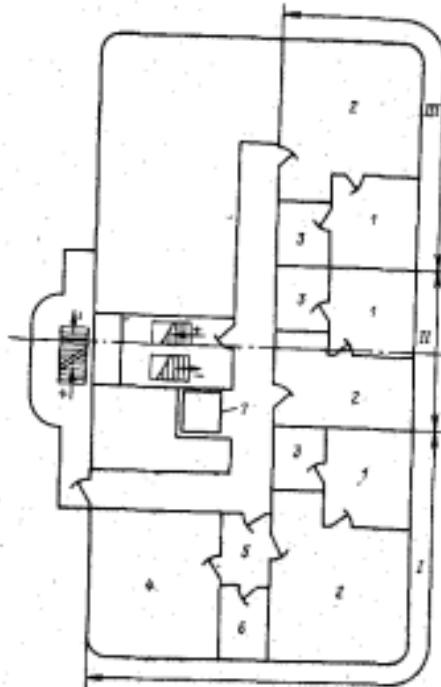


Рис. 19.1. Каюты членов команды на палубе рубки другом выше палубы машин

I – блок-кабинет капитана; II – блок-кабинет практика радиостанции; III – блок-кабинет старшего механика; 1 – спальня; 2 – ходовая; 3 – санузел; 4 – ванная комната; 5 – прихожая; 6 – гардеробная.

Оборудование: 7 – лестница

⁴ Отступление от этого требования допускается в отношении пассажирских кают.

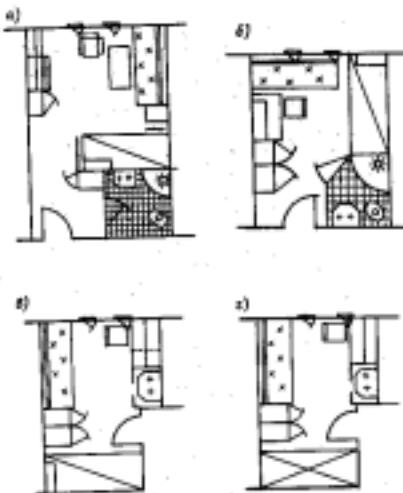


Рис. 19.2. Типовые каюты: а – однокомнатные коммюникации площадью 13,3 м²; б – однокомнатные коммюникации площадью 8,4 м² с санузлом; в – однокомнатные коммюникации площадью 8,4 м² с умывальником; г – двухкомнатные коммюникации площадью 8,4 м² с умывальником и унитазом и душем. Некоторые из типовых кают показаны на рис. 19.2.

На большинстве судов предусматривают залоговые каюты для комсостава и команды. Количество мест в них приравнивают по техническому заданию к местам из условий эксплуатации судна.

Общественные помещения – это помещения для приема пищи, коллективного отдыха и проведения культурно-массовых мероприятий, а также помещения для чтения, учебы, спортивных и любительских занятий. Для приема пищи и коллективного отдыха комсостава на судах устраивают кают-коммюнику. На среднетоннажных и крупных судах кают-коммюнику служат только столовой, в эти отряды предусматривают один или два зала – музыкальный и курортный (или салоны отдыха и для игр).

Рядом с кают-коммюникой или очень близко от нее оборудуют буфетную. Пиццу, поставленную из камбуза в обедах бакал, в буфете

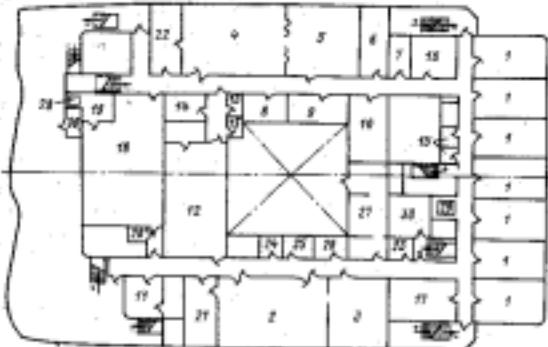


Рис. 19.3. Помещения экипажа, расположенные на защите ята среднегрузового пассажирского судна с МД и кормы

Каюты коммюни: 1 – однокомнатные каюты с санузлом.

Общественные помещения: 2 – кают-коммюни комсостава; 3 – залы коммюни; 4 – спальные коммюни; 5 – салоны коммюни; 6 – киноконсерватория; 7 – кинозал коммюни; 8 – фотолаборатория; 9 – пивоваренная мастерская; 10 – пивоварение судового коммюни; 11 – библиотека с читальнями; 12 – спортзалы.

Служебно-технические помещения: 13 – душевые; 14 – туалеты; 15 – туалетные Административные, хозяйственные и бытовые помещения: 16 – машинные коммюни; 17 – грузовая канализация; 18 – кубрик с раковиной; 19 – грузовая канализация; 20 – кухонные ящики; 21 – буфетная кухня-коммюни; 22 – буфетный столовой; 23 – столовый паркет; 24 – кинодрама кинотеатров; 25 – кинозал столового фонаря; 26 – кинозал буфетного залебинки; 27 – пивоварение для обера и сената мунюса.

Оборудование: 28 – грузовой лифт из промышленных кранов; 29 – пневматический лифт; 30 – магнитные лифты.

раскладываются или раздвигаются по тарелкам и уже оттуда подают в кают-коммюни. Посуду хранят и моют в буфетной, для чего в ней оборудуют мойку с горячей и холодной водой, шкаф и полки. Там же устанавливают баки для горячей воды и холодильники для хранения напитков и закусок.

Пример расположения общественных помещений комсостава показан на рис. 19.3.

Столовых коммюни предназначаются для приема пищи и для открытия залов коммюни, а также используются для политики-просветительской работы с членами всего экипажа. На крупных и среднегрузовых судах в дополнение к столовой устраивают салоны коммюни. Ее располагают обычно рядом со столовой и отдают от нее радиационными щелями, что позволяет получать одно большое помещение, используемое для залов собраний, лекций, концертов и конференций.

При спаловой коммюни может быть оборудована своя буфетная. Но если спальня расположена рядом с кабинами или пилотом от него, то на небольших судах буфетной, как правило, не устраивают. Так же поступают и с буфетной кают-компанией коммюни. В этом случае спаловое белье, приборы и посуду хранят в отдельных кубриках.

На нефтедобывающих судах обязательны курительный салон для коммюни и курительная комната для команды. Допускается общая курительная коммюни и коммюни.

На всех судах нефтедобывающего района плавания рекомендуется, в силу их взаимной вместимости превышающей 3 тыс. рег. т, то предполагается, устраивать спа-бассейн площадью 10–15 м². Учитывая значительную массу бассейнов, целесообразно расположать их симметрично – на низких палубах средней или коренной надстройки, а для уменьшения распределения воды при бортовой качке – выносить их в самые днища судна. Желательно, чтобы на судах ледового плавания бассейн был закрытым.

На всех судах должны быть предусмотрены также спортивные площадки для отдыха и занятий спортом, расположенные, как правило, на открытой палубе, а на крупных судах – закрытые помещения, оборудованные необходимым спортивным инвентарем (снарядами или спортивными) площадью от 15 до 40 м² (см. рис. 19.3).

При большом количестве экипажа или при возможных длительных рейсах (в Арктику, в Антарктику и т. п.) на судах предусматриваются помещения для работы судовых комитетов ладдкой, проблемной и коммюниконосной организаций, а также помещения для учебных занятий. На крупных судах и судах с большим количеством экипажа оборудуют библиотеку с читальней, фотоколлекцию и географическую мастерскую (см. рис. 19.3).

5.19.3. Санитарно-гигиенические и медицинские помещения

Санитарно-гигиенические помещения на судах – умывальные, душевые, бани и туалетные – могут быть наземнокупольного и общестенного назначения.

У мыв аль и бани. На современных судах вместо общественных умывальных устанавливают отдельные умывальники с ходячей и горячей водой в складной камере (как коммюни, так и коммюни).

В ани и м е, душевые и бани. Бани, как правило, предусматривают только для капитана и старшего механика и устанавливают в санузлах при каютах. Располагая баню следует зарезать судно, чтобы при бортовой качке выплескивались морские воды.

Душевые могут быть расположены на общем положении (специальные душевые на одно или несколько мест) и на индивидуальном (в санузлах при каютах). Устанавливают душ и в баних. Во всех палубах обязательно

предусматривают раздельную, которая в одностенных и индивидуальных палубах может быть отделена водостойкой занавеской, а в остальных случаях отделяется от кабин легкой выгородкой.

Для коммюни устраивают бани, состоящие из мыльной и разревильной. Рекомендуется включать душевую и сухожидкостную баню (сануз) в состав спортивного комплекса судна (см. рис. 19.3).

Все общественные душевые и бани должны быть удалены от палубных, медицинских и жилых помещений.

Т уал ет и с ки, т. е. помещения, объединяющие уборную с умывальником, устраивают как для общего пользования, когда туалетная состоит из кабин и кабин, так и для кают членов экипажа (санузов). Туалетные общего пользования предусматривают вблизи помещений спорт-комплекса, помещений для отдыха и столовых, а также для каютного сопровождения. Несколькою на ходовом мостике судна. Санитарные туалетные со входом с открытой палубы устраивают для грузчиков.

Туалетные не должны быть расположены рядом ни напротив медицинских и палубных помещений; на разных по высоте судна палубах желательно расположать туалетные один за другой, а туалеты общего пользования не разрешается размещать над медицинскими помещениями, жилыми каютаами или помещениями для хранения, приготовления и приема пищи. Санитарными правилами [44] рекомендуется вообще избегать прохода сточных (фекальных) труб от любых туалетных через жилые и общественные помещения, а также развернуть.

Расположение туалетных по одной вертикали цепкообразно еще и потому, что, согласно Санитарным правилам, на всех судах обязательно устройство цистерн для обогащения сточных (фекальных) вод во время стоянки судна в порту, поскольку по международным соглашениям запрещается спускать за борт сточные воды и испачки в пределах территориальных вод, включая акватории портов. Разрешается же туалетные приводят или к установке сточной системы, или к запрещению попадания в порту туалетных, но соединенных с фекальными цистернами, або также туалеты на время стоянки судна в порту должны быть закрыты.

П о м е ш а н и я м е д и ц и н с к о го ж и з н ен и я (медицинские помещения) предназначены для оказания медицинской помощи экипажу и пассажирам. На судах нефтедобывающего района плавания с экипажем 25–40 чел. должны быть оборудованы амбулатория и однокойкий изолятор. Если судно совершает международные рейсы, то дополнительно должно быть предусмотрено спа-лофт (изолят) на одну койку. Амбулаторию оборудуют всем необходимым для приема и регистрации больных. Площадь избылдорморанско 10 м². Площадь однокойочного стационара и изолятора – не менее 6 м². При стационаре и изоляторе потолок может быть отдельные санузлы с унитазом, умывальником ванный с душем над ней.

Медицинские помещения следует располагать в надстройке, изолировано от жилых и палубных помещений, в малоизумных местах. Подсобные должны допускать свободное передвижение с больным на пологах. Всегда

и каюты должны быть с открытой палубы через тамбур и изнутри помещений.

§ 19.4. Административные, хозяйственные и бытовые помещения

К административным помещениям, предназначенным для ведения документации по общесудовой, машинной и грузовой части, относятся соответствующие кладовые. На сравнительно небольших судах залоговой вместимостью до 3 тыс. т устраивают одну общейнюю судовую канцелярию площадью около 6 м², на более крупных судах — так называемое судовое бюро, объединяющее общесудовую и машинную канцелярии площадью около 12 м², и грузовую (таможенную) канцелярию площадью около 4 м², имеющую отдельный вход с верхней палубы.

К хозяйственным помещениям относятся помещения поваренка и производственные кладовые. В блок пищевых помещений и в них находят камбуз, т. е. судовая кухня, хлебопекарня, буфетные и судовой парк (см. рис. 19.3).

На крупных судах с большим количеством экипажа и на судах, совершающих длительные рейсы, камбуз состоит из нескольких помещений. На большинстве грузовых судов десантом 5–10 тыс. т и более устраивают собственную камбуз, отдельные заготовительную и разделочную. На судах десантом около 5 тыс. т обходится без разделочной, а на более мелких — без отдельной картофелистницы, ограничивая одним общим помещением камбуза. Камбузные плиты, обычно электрические, должны быть расположены поверх судна.

Отделенную от камбуза хлебопекарню устраивают обычно на судах с экипажем более 100 чел., а на судах экипажем на борту менее 50 чел., предусматривают вытяжку камина в камбузной шахте.

О буфетных кают-компаниях количества и с членом команды говорилось в § 19.2. Судовой парк, предназначенный для продажи экипажу судна продовольственных товаров, располагают в районе других помещений поваренка.

Камбуз на судне несет обязанность располагать рядом с санитарно-гигиеническими и медицинскими помещениями или против входа в них. Не допускается проход через камбуз в другие помещения. На палубах не допускается размещение камбуза ниже верхней палубы.

На каждом судне должны быть кладовые для хранения сухих продуктов (зерн, муки, сахара, макарон и т. п.), расположенные сухогрузного зонта промежуточные для камбуза и охлаждаемые кладовые (рефрижераторные камеры) для сконсервирования продуктов. Охлаждаемые кладовые делятся на отдельные камеры для хранения различных видов продуктов при разных температурах; такие кладовые включают в виде блока камеры с холодильной установкой. Для входа в блок рефрижераторных

камер оборудуют теплоизолированный тамбур. Расходную кухню располагают рядом с камбузом. Площадь расходной кухни составляет от 3 до 8 м², площадь остаточных кладовых, пекарни и холодильную установку, зависит от величины, назначения и района плавания судна — в среднем 1,5 м² на 1 т.

К бытовым (санитарно-бытовым) помещениям относят прачечные, гладильные, сушевые, кладовые для хранения белы и рабочей одежду, а также раздевалки. В последние годы к ним добавляются помещения, оборудованные для сбора и уничтожения образующегося из судов мусора, т. е. различных отходов (см. рис. 19.3).

Для сушки спасательных устраивают специальную сушильную.

Для членов экипажа, обслуживающих энергетическую установку, на судах неограниченного района плавания должна быть предусмотрена раздевалка; расположенная около схемы в машинном отсеке и оборудованная шкафами для хранения спасательных. В блоке раздевальной устанавливают душевую и туалетную.

§ 19.5. Пассажирские помещения на сухогрузных судах. Общая компоновка помещений экипажа и пассажиров

Пассажирские помещения. Какие для пассажиров на сухогрузных судах делают, обычно, по тому каким компонентам. Специальных общесудовых помещений для пассажиров, как правило, не устраивают, предполагая в их использование клад-компанию и склады коммерции, что должно учитываться при проектировании этих помещений. На некоторых судах, при наличии экипажа, для пассажиров выделяется отдельный салон. В районе расположения пассажирских кают предусматриваются специальные туалетные и душевые или ванные для пассажиров. Все хозяйственные, бытовые и медицинские помещения являются общими для пассажиров и экипажа, поэтому их рассчитывают, исходя из суммарного количества лиц на судне.

На нефтеналивных судах устройство пассажирских помещений не допускается.

Общая компоновка помещений экипажа и пассажиров. Помещения экипажа и пассажиров располагают, в основном, в надстройках и рубках, где они занимают большую часть объемов. Для сокращения размеров надстроек и рубок (что желательно по многим соображениям) следует тщательно разрабатывать планировку помещений, избегая максимальной экономии площадей и объемов.

Схема общего расположения помещений должна быть возможно более четкой и простой, без сложных, запутанных переходов, многочисленных склонов, лестниц, трапов и выгородок. Усложненное расположение с расположенным в неудобных коммуникациями затрудняет и ухудшает условия жизни и труда экипажа, особенно в штормовых и аварийных ситуациях. Безусловно, должны выполняться все действующие требования о возможном расположении отдельных помещений.

Какие-либо однозначных рекомендаций по детальной компоновке судовых помещений дать невозможно из-за большого разнообразия конкретных условий труда и быта на судах различных типов, назначений и размеров. К тому же сама разработка общего расположения является обычно длительным и трудоемким процессом, требующим рассмотрения многих вариантов и эскизных пометок, вытекающих с учетом специфических особенностей проектируемого судна. Однако некоторые общие рекомендации, облегчающие эту работу, могут быть сформулированы следующим образом.

Желательно соорудить все помещения экипажа и пассажиров в одной надстройке для удобства использования спальными, душевыми и другими общеслужебными и бытовыми помещениями и для приближения кают экипажа к рабочим местам. На судах с МО посередине или туда же, как правило, используют среднюю надстройку и рубки; если же их объем недостаточен, то часть помещений — обычно часть кают-команды или блок медицинских помещений — переносят в надстройку носа или кормы-рубку. В нос от средней надстройки каюты экипажа не размещают.

Жилые помещения членов экипажа необходимо располагать возможно ближе к месту работы каждого из них.

К о р и д о р ы, двери и трапы. Ширина и пропускная способность коридоров, размеры дверей, размеры и положение трапов регламентируются Правилами Регистра СССР [32 и 35] и ОСТом 5.0195—84.

Ширина магистральных коридоров должна быть не менее 0,9 м, боковых и местных — не менее 0,6 м. Не допускаются гуманные коридоры длиной более 7 м на грузовых и 13 м — на пассажирских судах.

Выход из всех жилых помещений устраивают в коридор, а не на открытую палубу. Вследствие этого двери кают должны открываться внутрь помещений, чтобы не мешать движению по коридорам. Это же правило применимо и к другим помещениям экипажа, за исключением общественных, где двери должны открываться наружу (или в обе стороны): такие устройства дверей позволяют всем присутствующим при необходимости быстро покинуть помещение без толкучки у выхода.

Двери из коридоров в каюты могут открываться по направлению к носу или к корме. Двери на открытую палубу во впадинах продольных переборок рубок должны открываться наружу и обязательно по направлению к носу. Двери в концевых переборках надстроек и во впадинах поперечных переборок рубок — наружу, в направлении ближайшего борта.

Трапы на судах могут быть трех типов: наклонные, вертикальные и складные. Для связи между палубами, на которых расположены помещения экипажа, используют исключительно наклонные трапы с уклоном не более 10°. Ширина трапов зависит от количества людей в отсеке, но в любом случае не меньше ширин коридоров. Все внутренние трапы должны быть раскреплены, т. е. расположены в противовесовых частях соответствующих отсеков или противовесовых занавесей (в каждом отсеке или зоне — не менее двух трапов), что обеспечивает возможность

быстрого выхода людей из любого помещения по двум или нескольким направлениям на открытые палубы и к местам посадки в спасательные шлюпки.

На современных судах в дополнение к трапам для членов экипажа устанавливают ладры, ведущие от д干燥ного дна до уровня ходового мостика (см. рис. 19.1, 19.3).

В заключение остановимся на тех направлениях в развитии судостроения, которые связаны с общей темой судов. Основная доминирующая тенденция — космическое улучшение условий, в которых живут, работают и трудятся экипажи судов, что необходимо для компенсации тех дополнительных трудностей и неудобств, которые испытывают моряки, находясь длительное время на судне (ограниченность помещений, изнуряющий зной труда и отдохна, воздействие шума, вибрации, качки, быстрая и частая смена часовьев погоды и климатических зон, отрыв от семьи, дома, родины, привычных "домашних" вынужденных длительных контактов в изолированном коллективе). На реализацию этой тенденции накладывается влияние таких обстоятельств, характерных для судостроения и судоходства последних десятилетий, как сокращение численности экипажей на автоматизированных судах с одновременным повышением профессионального и образовательного уровня всех членов команда и команды, и широкое распространение судов с короткими разстояниями МО и жесткой надстройкой.

Общее проявление отмеченной тенденции заключается в улучшении обитаемости судов и повышении комфортабельности жилых помещений экипажа. Выражается это в следующих подходах к решению более частных, конкретных задач, связанных с размещением, компоновкой и размерами помещений для экипажа.

Общепринятым является размещение всего экипажа в однотипных каютах. Двухместные каюты используют в качестве запасных и для романтических практиксов. Практически не применяют каюты без универсальности.

Все каюты пристыкованы, создавая на судах специальные помещения для текущей работы членов команды с людьми и документами, что способствует более чистому отходам как коммюнике, т. е. из жилых блоковций от служебных помещений на судне.

На все большем количестве новых судов прибегают к устройству специальных барьерных зон или барьерных другим методами, отделяющих жилые помещения экипажа от источников шума, гаша, вибраций. Частным случаем такого решения является разделение надстроек и рубок на два блока: жилой — с каютами, помещениями для обслуживания экипажа и навигационными помещениями на верхних ярусах рубок — и технический — с различными служебными помещениями, группирующими вокруг машинной шахты. Во внешнем облике судов эта тенденция проявляется в виде все большего отдаления дымовой трубы от основной части надстройки. Рекомендации по отдалению кают от источников дымофора всплыли теперь даже в нормативные документы, в частности, в ОСТ 5.195—84.

При сенситивной стабильности площадь каких, санитарно-гигиенических, в хозяйствственно-бытовых помещениях непрерывно увеличивается площади общественных помещений. Одновременно изменяется и расширяется компоновка помещений этой категории. На крупных судах общественные помещения объединяются в единый блок или зону отдыха (батут, помещения активного отдыха); спортивные помещения, библиотеки, чайная, комната для индивидуального творчества).

Дополненный уровень комфорта, обеспечивающий улучшенные условия труда и быта членов экипажа, должен быть реализован в первую очередь на судах с высокой интенсивностью эксплуатации, для которых характерны сравнительно короткие стоянки в портах, т. е. на палерах, контейнеровозах и на судах, совершающих длительные, многомесячные рейсы в отрыве от портов приписки – экспедиционных и плавающих в МИПе (см. § 15.3).

Контрольные вопросы

1. Кто из членов экипажа относится к старшему командному составу и кого из них называют?
2. Где не разрешается размещать жилые помещения на судне?
3. Какие общественные помещения предназначены для экипажа и для команды?
4. Какие элементы на судне относятся к санитарно-гигиеническим, административным, бытовым и хозяйственным?
5. В чём проявляются тенденции к повышению уровня обитаемости судов?

Глава 20. БАЛЛАСТИРОВКА СУДОВ. ВЫБОР АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНОГО ТИПА СУДНА

6.20.1. Исходные положения

Морские транспортные суда проектируют так, чтобы в полном грузу, т. е. при проектном водоизмещении имели необходимую (оптимальную) остойчивость и посадку „на ровный киль“ или с минимальным дифферентом на корму. Выбранные параметры остойчивости и посадки должны обеспечиваться, как правило, без приема на судно балласта – твердого или жидкого.

Твердый балласт, находящийся на судне в любых эксплуатационных условиях, используется на транспортных судах чрезвычайно редко. Исключение составляют суда с относительно высоким расположением ЦТ – пассажирские, контейнерные и некоторыми другие. Напротив, жидкий балласт в виде забортной воды применяется в открытиях условий эксплуатации всеми транспортными судами без исключения. Поэтому первое рассмотрение вопроса о балластировке судов только жидким балластом.

Сама операция приема балласта осуществляется в процессе эксплуатации судна его экипажем. Проектант интересует вопрос о необходимом

количестве и размещении водяного балласта, принимаемого на судно, т. е., в конечном итоге, об объеме и расположении балластных цистерн. Особо остро возникают эти вопросы при разработке проектов универсальных сухогрузных судов, поскольку на рулевых, судах для перевозки массовых грузов и других специализированных судах обычно имеется достаточно свободных объемов, используемых для приема балласта. Особое внимание необходимо уделять и балластировке танкеров, которые должны удовлетворять в этом отношении детальным международным требованиям.

Балластировка судов осуществляется для поддержания в различных условиях эксплуатации необходимой остойчивости или нахождения лодок или того и другого одновременно.

Рассмотрим сначала балластировку судов для регулирования их остойчивости.

Применение балласта может производиться с целью как повышения остойчивости – при израсходовании заносов топлива или выходе судна в рейс с избыточным запасом грузом, – так и для ее уменьшения – при ходе с заносом топлива, но без груза. Соответственно этому балласт применяют в целях или высокостойкосточных цистерн и отсеков. Количество балласта, необходимого в каждом конкретном случае, определяют исходя из анализа остойчивости проектируемого судна при различных состояниях нагрузки.

Размещение избыточного балласта, потребного для повышения ЦТ судна, обычно не вызывает трудностей. Для этого используют в основном балластные цистерны, образованные корпусными конструкциями, или пустые грузовые и погонные линии и отсеки двойного дна. Применение балласта с целью понижения ЦТ судна возможен лишь в специально предусмотренных подпалубных или бортовых цистернах. На некоторых судах балластные цистерны расположены даже выше верхней палубы.

Естественно, что более развитая и гибкая система балластировки обеспечивает большую возможность стабилизации остойчивости судна, однако требует в соответствии с общими объемами цистерн излишка балласта, усложняет конструкцию и повышает строительную стоимость судна. Вследствие этих причин на универсальных сухогрузных судах общего назначения обычно не устраивают отдельные балластные цистерны (т. е. цистерны вне отсеков, образованных корпусными конструкциями) за исключением балластных цистерн, ограниченных использованием для целей балластировки свободных отсеков в корпусе судна, приспособленных для приема забортной воды – отсеков двойного дна, фор- и кормовых. Вопрос о размещении балластных цистерн на специализированных сухогрузных и танковых судах рассматривается в разделах, посвященных этим судам.

Время водяного балласта для изменения посадки судна может потребоваться при самых разнообразных условиях эксплуатации.

Обычно стремятся проектировать судно так, чтобы к моменту высадки в рейсе с наибольшим или спецификационным грузом и пассажирами

судовыми запасами (т. е. запасами топлива, воды, смазочного масла, провизии и др.) это скажется на роевой киль или с мониторингом дифферентом на корму. По мере расходования в рейсе запасов уменьшается осадка, а ЦТ судна смешивается в пос. киль на корму относительно исходного положения, в результате заменяется первоначальная посадка судна. Еще более существенное влияние на изменение средней осадки и дифферента оказывает отступление от исходных предположек в отношении перевозимого груза: что суммарной массы, удаленной погружной кубатуры и распределения по длине грузовых помещений. И, наконец, судно может плавать вообще без груза, с полными или покровительственными судовыми запасами.

Изменение первоначальной посадки судна вследствие упомянутых обстоятельств могут привести в ряде случаев к недопустимому ухудшению его мореходных качеств. Единственным средством для признания судну необходимой посадки является балластировка (если, разумеется, желаемый результат не может быть получен путем перераспределения запасов жидкого топлива). Вопрос о конечности водного балласта решается при восстороженном анализе мореходных качеств проектируемого судна в различных эксплуатационных условиях, когда параллельно с определением показателей остойчивости рассматривают и посадку данного судна при наиболее характеристических состояниях нагрузки.

5.20.2. Требования к посадке судов в полном грузу и при ходе в балласте

Наиболее трудности при рассмотрении эксплуатационной дифферентации судов связаны с определением тех пределов изменения первоначальной посадки, переход за которые приведет к недопустимому ухудшению мореходных качеств проектируемого судна. Трудность задачи заключается в том, что имеющийся в этой области практический опыт и результаты теоретических исследований не позволяют совершенно определенно установить допустимые — с точки зрения мореходности — изменения дифферента, уменьшение средней осадки и погружных оконечностей судна. Нам приходится некоторыми циничными, подспудными ориентироваться в этом вопросе.

Рассмотрим сначала те обратительные последствия, к которым приводят уменьшения средней осадки, значительный дифферент и оголение оконечностей.

При уменьшении средней осадки возрастают площади парусности S_d и так называемого обдуваемого миделя Π_d (т. е. проекции корпуса и надстроек на плоскость мидель-шпангоута) при одновременном сокращении площади смоченной поверхности S плоскости подводной части диаметральной плоскости судна $S_{d,0}$. В результате, прежде всего, увеличивается коэффициент аэродинамики:

$$k_a = S_d / S_{d,0} \quad (20.1)$$

что приводит к росту скорости пребоя при боковом ветре, в это, в свою очередь, к большему сносу с намеченного курса, удлинению пути и времени рейса. Осложняет плавание в узостях и маневрирование в портах, увеличивается опасность нахождения судна из причальных сооружений в посадке на мель или рабы.

Угловые площади обдуваемого миделя обуславливают соответствующий рост исходного сопротивления, но так как одновременно уменьшается смоченная поверхность корпуса судна, в следствии этого, и величина сопротивления воды, то полное сопротивление движению судна при уменьшении средней осадки, как правило, тоже уменьшается. Исключением составляют небольшие трансверзальные суда, находящие в вторичном уплотнении плавания.

При плавании в дифференте пребоя всегда есть на водородные и минеральные качества судна, а также на его остойчивость и запасаемость. Системы с дифферентом габаритная осадка судна, его подвижность и противодействие зоне невидимости перед форштевнем.

Для большинства современных транспортных судов оказывается благоприятным небольшой дифферент на корму, прием дополнительное влияние дифферента оказывается тем сильнее, чем выше относительная скорость движения судна. Значительный дифферент на корму приводит уже к противоположным результатам.

Анализ наблюдений за ходкостью морских транспортных судов в различных условиях эксплуатации позволяет сказать, что влияние дифферента проявляется мало (изменение скорости хода не превышает 0,1 уз.), пока относительный дифферент d/L не выйдет из пределов 0,6–0,8% на корму и 0,1–0,2% на нос.

Влияние дифферента на маневренность судна и остойчивость, а также на его мореходность и подвижность в битых льдах на начальных этапах разработки проектов, как правило, не учитывается.

Не требует специальных разъяснений высказанные ранее положения о том, что дифферент увеличивает габаритную осадку судна и пролежанность зоны невидимости перед его носом или за кормой. При значительном дифференте затрудняется передование экипажа по судну.

При грузовых и эксплуатационных условиях судна зависит от средней осадки и дифферента. Ослабление оконечностей или значительное уменьшение их выворожки, что характерно для плавания судна без груза, в балласте, сопровождается обратительными последствиями. Уменьшение погруженных лесовых оконечностей приводит при кинематике к оголению палуб и узарям в его косую часть встречной волны. Уменьшение погруженных лесовых оконечностей сопряжено с частичным (на концах могут быть и полными) оголением гребного винта и, следовательно, снижением его эффективности.

Сокращение высоты приводит к следующим практическим выводам.

При плавании судна в полном грузу и с полными запасами, а также с грузом и остатками запасов, определяющим фактором в вопросе балластировки является дифферент судна. Необходимо принимать балласт,

достаточный для посадки судна на ровный юхт или с незначительным дифферентом на корму. Пределы допустимого дифферента определяются исходя из условий ходкости и мореходности.

В условиях плавания судна без груза бывает приносится для уменьшения средней осадки и погружения оконечности. Как общее правило, надлежащее погружение оконечностей обеспечивает и необходимую среднюю осадку судна.

При определении минимально допустимого погружения носовой оконечности исходит из следующего.

Вертикальные перемещения носовой оконечности судна, идущего во взаимодействии с морем, при определенных условиях сопровождаются склонением, т. е. ударами корпуса о встречные волны. Динамический склонение (существует также и бортовой склонение) происходит при отогнении палубы в носовой оконечности и последующем его ахтера в носу с вертикальной скоростью, превышающей некоторую минимальную или так называемую пороговую скорость. Возникающие при этом гармонические силы при прочих равных условиях вспомогают оттолкнуться от относительной осадки $a = T_h/L$.

Поэтому в балластном пробеге судна обычно дифференцируется на корму, и погружение носовой оконечности оказывается меньше средней осадки, то в этих условиях оперируют уже не относительной средней осадкой, а относительной осадкой в носу.

$$a_n = T_h/L. \quad (20.2)$$

Модельные эксперименты показали, что для диапазона относительных скоростей $Fr = 0,15\text{--}0,25$, характерных для современных судов, и особенно для наиболее часто встречающихся значений $Fr = 0,17\text{--}0,23$, по мере уменьшения относительной осадки a_n ударные гидродинамические нагрузки неизменно растут, причем, тем интенсивнее, чем меньше a_n . В основных чертах эта закономерность подтверждается и практическими кипурными спутниками, плавающими на нерегулярных морских волнах.

Детальные расчеты подтвердили характер упомянутых выше общих закономерностей и позволили дополнить их выводами о том, что вероятность наступления склонения с уменьшением погружения носовой оконечности возрастает тем быстрее и интенсивнее, чем выше волны и скорость судна.

Вопрос о минимально допустимой осадке в носу, позволяющей избежать появления интенсивного склонения без существенного снижения скорости хода судна, давно привлекает внимание мориков и судостроителей. Наиболее простой и наименее путаный путь решения этого вопроса — увеличение относительной осадки носовой конечности. Однако реализация этого решения приводит к балластному пробегу судна в ряде случаев затруднительна, что связано с необходимостью размещения значительных по объему емкостей для балласта в носовой части корпуса судна. В настоящие время преобладающее мнение сводится к тому, что наименшим пределом относительной осадки судна в носу является $a_n = 0,025\text{--}0,030$. Более пак-

тически — для судов сравнительно быстроходных, с неограниченным районом плавания, меньшие — для более тихоходных судов и судов, эксплуатирующихся в ограниченных акваториях. В то же время для судов, совершающих длительные рейсы в штормовых условиях, рекомендуется увеличивать относительную осадку носом a_n до $0,035\text{--}0,038$.

Со сдвигом кормовой оконечности судна T_h определяет погружение гребного винта, а эффективность работы винта вблизи свободной поверхности волны зависит от величины относительного погружения

$$h = h/R, \quad (20.3)$$

где h — глубина погружения оси винта, а R — его радиус. С уменьшением h и особенно при отогнении верхней кромки диска винта ($A \leq 1$) снижается его упор и коэффициент полезного действия. Кроме того, периодическое отталкивание лопастей гребного винта на катки приводит к «драгону» винта и главного двигателя, выразившемуся в резком изменениях частоты вращения валопровода и движителя. Возникающие при этом динамические силы и моменты могут привести к поломкам винта и конструкций валопровода, вызывая вибрации хордовой оконечности судна и вызывая динамические нагрузки на движители.

По сравнению с недавним временем считалось, что удовлетворительные (и отважившие ходкости) результаты достигаются уже при погружении винта на 80—90% его диаметра (т. е. при $h = 0,6\text{--}0,8R$). Однако, начиная с 60-х гг., по мере роста скоростей судов и мощности их энергетических установок, преобразование становится мнение о необходимости полного погружения гребного винта при ходе судна в балласте, чому соответствует требование $h \geq 1$.

Установлено желаемое погружение гребного винта, можно ждать и соответствующую осадку кормой T_k , воспользовавшись следующими соотношениями.

Относительный диаметр гребного винта у одновальных транспортных судов обычно лежит в пределах $d/T_{tr} = 0,65\text{--}0,70$, где T_{tr} — осадка судна в полном грузу. Следует заметить, что под T_{tr} подразумевается не максимальная, а проектная (эксплуатационная) осадка, если она не совпадает с проектированным судном. Учитывая регистрационные Регистры СССР зазоры между винтом и корпусом судна, а также поправку подачами коррекции, получим у судов с кормой закрытого типа $T_k \geq 0,70\text{--}0,74 T_{tr}$. Меньшие значения T_k соответствуют судам с винтами повышенной оборотности, отличающимися меньшим диаметром, в большем значении T_k — судам, у которых частота вращения гребного вала невелика и лежит в пределах до 100—130 оборотов в минуту ($1,7\text{--}2,0 \text{ c}^{-1}$), т. е. судам с малооборотными движителями и прямой передачей мощности на винт.

Следует отметить, что это соотношение относится к случаю благоприятных погодных условий рейса. В случае штормовой погоды и длительных

рейсе считается целесообразным увеличивать погружение кормовой оконечности вплоть до $0.8 T_{rp}$.

5.20.3. Определение количества водного балласта и его размещение во судне

Каждый балласт P_{Bx} и судовые запасы $P_{c,z}$ составляют в сумме ледокол при ходе судна без груза, в балласте – DW_{Bx} . Следовательно, если известны величины $P_{c,z}$, определение количества водяного балласта сводится, то существует, к определению DW_{Bx} : $P_{Bx} = DW_{Bx} - P_{c,z}$.

В свою очередь, поддевает судно в балластном пробеге связано с водоизмещением судна в балласте D_{Bx} и порожнем D_{Bp} , следующей зависимостью:

$$DW_{Bx} = D_{Bx} - D_{Bp} \quad (20.4)$$

Величины в правой части этого уравнения могут быть записаны следующим образом.

Воспользовавшись приближенным выражением для грузового размещения, соответствующим параболической форме стропной по затонким, связем водоизмещение судна в балласте с водоизмещением в полном грузу D_{Tp} :

$$D_{Bx} = D_{Tp} (T_{Bx}/T_{Tp})^M = D_{Tp} \rho_{Bx}^M \quad (20.5)$$

Водоизмещение порожнем выражим через дедвейт и водоизмещение в полном грузу:

$$D_{Bp} = D_{Tp} - DW.$$

В результате, выражение (20.4) приводится к виду

$$DW_{Bx} = D_{Tp} [(r_{Bx}^M + \eta_{DW}) - 1], \quad (20.6)$$

где η_{DW} – коэффициент утилизации водоизмещения судна по действию.

Аналогично путем устанавливается соотношение между ледоколом судна в балласте и в полном грузу:

$$DW_{Bx}/DW = (1/\eta_{DW}) [(r_{Bx}^M + \eta_{DW}) - 1]. \quad (20.7)$$

И, наконец, из (20.5) следует, что отношение водоизмещений судна определяется следующим выражением:

$$D_{Bx}/D_{Tp} = r_{Bx}^M. \quad (20.8)$$

Из расчетов по формулам (20.5) – (20.8) следует вывод о том, что водоизмещение судна в балласте, если рейс протекает в средненагруженных условиях, составляет для большинства сухогрузных судов 50–55% водоизмещения в полном грузу, а поддается при ходе в балласте равняется примерно одной трети дедвейта в полном грузу.

Необходимо подчеркнуть необходимость осторожного подхода к определению посадки судна в балластном пробеге, и, в частности, к определению требований к осадке несом в кормой, поскольку выполнение этих требований приводит к ухудшению мореходных качеств, и, возможно, к аварии судна, а их нарушение неблагоприятно отразится на экономических показателях большинства сухогрузных судов, поскольку потребуется уменьшить полезную грузоподъемность судна для выполнения дополнительных балластных маневров. Практическое решение вопросов балластировки возможно лишь при тщательном совместном рассмотрении вероятных, условий эксплуатации проектируемого судна и требований к его грузоподъемности, грузоподъемности в стойкости.

Р а з м е щ е н и е б а л л а с т а н а с у д н е. Для приема забортной воды из сухогрузных судов используют: балластные цистерны; форник и актерии; цистерны судовых запасов; грузовые цистерны.

Балластные цистерны располагают, как правило, в междудонном пространстве, в ее отдельных сужах – и в других частях корпуса судна: по борту, под палубами и платформами или в ее основном корпусе – на верхней палубе или даже в защите.

Форник и актерии на балластировке сухогрузных судов используют также для приема балласта.

Из цистерн судовых запасов для приема балласта используют, в основном, исполненные толстыми цистернами и очень редко – цистерны пресной воды. Комбинированное использование цистерн является вынужденным, обусловлено тем невозможностью выполнения достаточных объемов для чисто балластных цистерн и сопряжено с рядом затруднений и неудобств. Неудобство отсутствия балластной воды, обусловлено, главным образом, заливанием толстыми, применяемые в толстинно-балластные цистерны, что осложняет его использование; загрязненный нефтепродуктами балластную воду запрещено отывать за многие районы Мирового океана – ее следует сливать после предварительной очистки в специальные приемники в портах. Воспламенение этих практик желательно всегда, когда это возможно, избегать на судах устройствами толстинно-балластных цистерн.

Длинноты для жидкого груза, имеющие ранее лишь на линейных судах, все чаще устраивают и на грузах. Поскольку в балластном пробеге длишки пустуют, они с успехом могут быть использованы для приема забортной воды. Такое использование длиннот в значительной мере облегчает задачу балластировки судна, увеличивает возможности по достижению желаемой осадки и дифферента без увеличения объема чисто балластных цистерн. Во этой практике грузовые длишки сухогрузных судов всегда оборудуются для приема балласта.

§ 20.4. Выбор архитектурно-конструктивного типа судна

Под выбором архитектурно-конструктивного типа проектируемого судна подразумевают процедуру установления характеристики и параметров судна, специфичность которых определяет архитектурно-конструктивный тип (§ 15.2). Установление характеристик и параметров заключается в выявлении возможных решений, рассмотрении и сопоставлении пресущих им достоинств и недостатков и выборе решения, наиболее целесообразного для данного судна.

Поскольку при определении основных элементов проектируемого судна применяются во внимание параметры архитектурно-конструктивного типа, в поиске, а свою очередь, зависят от основных элементов судна, процедура выбора архитектурно-конструктивного типа распадается обычно на две приближенные или этапы.

На первом из них, выполняемом до определения главных размерений и водоизмещения проектируемого судна, исходя из его назначения и оговоренных размеров, рассматриваются те вопросы, решения которых уточняются при составлении транспортной массы. К таким вопросам относится выбор пакетации МО по длине судна, ориентированного количества палуб и переборок на универсальных грузовых судах, типа грузовых систем на судах-гаражах, наличие или отсутствие грузового устройства на специализированных контейнерных судах и судах для перевозки массовых грузов, а также установление конструктивного типа судна.

На втором этапе исходя из полученных главных размерений проектируемого судна разрабатывают предварительную схему общего расположения, проверяют и, если требуется, корректируют принятые на первом этапе решения, решают другие, более частные вопросы, связанные с архитектурно-конструктивным типом судна; формой оконечностей, количеством и типом надстроек и рубок, грузовыми пакетами на верхней палубе судна, грузовыми лифтами и кранами и т. п.

В качестве примера на рис. 20.1 представлена предварительная схема общего расположения стягнутого универсального сухогрузного судна водоизмещением 12 000 т, предназначенного для эксплуатации в условиях Арктики [15]. Архитектурно-конструктивный тип судна соответствует требованиям спиральной комплексно-механизированной грузообробки у приставов и свободнодвижущимся бортам: предстыковочные вертикальные и горизонтальные сквозные проходы грузовых спиралей, горизонтальные лестницы, ходовые лестницы и бортовая лестница. Судно с избыточным надводным бортом, четырьмя палубами, с двумя палубами (вторая палуба - избыточная) и грузовой платформой. Амортизационные для нагрузки симметричной галечник, элеватор - для погрузки пакетов с помощью кранов, трансверзальной стягки и механизированной стрелы в районе ее расположения.

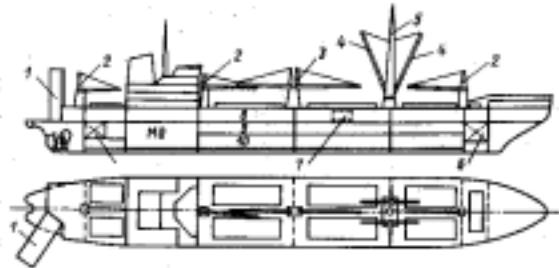


Рис. 20.1. Пreliminary layout scheme of a general cargo ship (stern view and plan view). The ship has a displacement of 12,000 t: 1 - forward stanchion; 2 - deck cargo crane; 3 - spiral cargo crane; 4 - mechanized cargo spiral; 5 - transverse beam; 6 - cargo elevator; 7 - cargo lift; 8 - upper tank; 9 - lower tank; 10 - hold.

Соображения, которыми руководствуются при выборе архитектурно-конструктивного типа проектируемого судна, сводятся в основном к следующему.

Выбор конструктивного типа судна заключается в решении вопроса о минимальном или избыточном надводном борте для всех судов, а для двух- и многогалубных судов — о глубине надводного борта. Иными словами, устанавливается наиболее цилиндрическое соотношение между надводным бортом и осадкой проектируемого судна. То или иное решение этого вопроса оказывает влияние на целый ряд показателей судна, характеризующих его маневренность, остойчивость, удельную грузоподъемность, регистровый тоннаж, степень утилизации водоизмещения по грузоподъемности и дешевизну. Прежде всего принимают во внимание соображения, связанные с удельной грузоподъемностью и регистровым тоннажем рассматриваемого судна.

В зависимости от типа и назначения проектируемого судна последовательность и глубина рассмотрения отдельных вопросов могут меняться, но в общем случае может быть использована следующая схема.

Для заведомо одногалубных судов, таких как танкеры, суда для перевозки массовых грузов, контейнерные суда и других, отпадает вопрос о выборе надводного надстройного борта, т. е. палубы переборок. Решение же о минимальном или избыточном надстройном борте является обычно следствием расчетов по определению грузоподъемности проектируемого судна: высота борта должна быть такой, чтобы обеспечивалась необходимая кубатура грузовых помещений (или, что то же самое, необходимая

удельная грузоподъемность судна), а у танкеров — еще и отсеков надводного балласта. Полученное значение высоты надводного борта $F = -H - T_{gr}$ проверяется на соответствие Правилам о грузовой марке: $F \geq F_{min}$, где F_{min} — минимально допустимая высота надводного борта по Правилам [37]. Естественно, что при любом обстоятельстве надводный борт не может быть меньше того, который предписывается Правилами о грузовой марке. Однако, если имеются надводный борт, а следовательно, и борта судна в целом, превышает F_{min} и не требуется для достижения избранной грузоподъемности, то появляется степень утилизации избыточности судна по грузоподъемности или дешевизне и одновременно увеличивается регистровый тоннаж. В результате ухудшается экономическая эффективность проектируемого судна. По этой причине всегда следует стремиться к минимальному избыточному надводному борту.

Применимую к судам с палубами (в основном это универсальные многоцелевые судоходные суда) работу над конструктивным типом начинается, как говорилось выше, с выбора палубы надводного борта, т. е. палубы от которой отсчитывается надводный борт судна. Выбирают между верхней непрерывной палубой и нижней, расположенной непосредственно выше нее, т. е. второй сверху палубой. Этот выбор, не влияя на грузоподъемность проектируемого судна, существенным образом затрагивает его грузоподъемность и регистровый тоннаж (регистровую вместимость).

Назначение проектируемому судну препятствовать допуским по Правилам о грузовой марке осадки T_{max} обеспечивает реализацию максимальной грузоподъемности. Однако при этом осязуются максимальными также и массой металлического корпуса судна и его регистровых (частых) вместимости. Уменьшение осадки до величины T_{gr} , соответствующей эксплуатации судна со спецификациями (условиями и задачами) грузом при полном испытании грузоподъемности и грузоподъемности, что соответствует случаю $F > F_{min}$ и $T_{gr} < T_{max}$, приводит к сокращению как массы металлического корпуса, так и регистровой вместимости. Если при этом надводный борт отсчитывается не от верхней, а от второй сверху палубы, то появляется возможность обеспечения дополнительных удобств для прохождения грузовых операций в первом танк懈е — за счет устройства грузовых лифтов в бортах, грузовых якорей в окантовке и дверей в поперечных переборках танк懈а или вообще ликвидации этих переборок.

Нетрудно следить за уменьшением предельной осадки окантовок погонажной эффективности судна при перевозке грузов массой грузов. По этой причине, в большинстве случаев, надводный борт считают верхней непрерывной палубой, выражую лишь величину расчетной осадки T_{gr} , принимаемой для определения прочих размеров самой корабля судна: или ее считают равной предельно допустимой осадке T_{max} — у судна с минимальным надводным бортом, или принимают совпадающей с проектной осадкой T_{gr} , при $T_{gr} < T_{max}$ — у судов с избыточным надводным бортом. Для обоснованного выбора

величины T_{gr} необходимо выполнение соответствующих технико-экономических расчетов, базирующихся на степени конструктивной приспособленности проектируемого судна к перевозке определенных грузов и на прототипе о характере его эксплуатации.

Архитектурный тип судна, как упоминалось в главе 15., характеризуется рядом основных факторов, влияющих на его внешний вид и изображение корпуса.

При обосновании принимаемых решений по архитектурному типу можно, прежде всего, из эксплуатационного назначения судна, включая в это понятие и характеристику перевозимого груза. Принимают во внимание и целый ряд требований, предъявляемых в техническом задании на разработку проекта, таких как скорость хода, дальность, автономность и район плавания, тип стального двигателя, комплектация экипажа и др., воимущие требования к судам данного типа, например к водонепроницаемому подразделению корпуса из отсеков, а также особенности эксплуатации будущего судна — в линейке или транзитовом плавании, совершение каботажных или заграничных рейсов и т. д.

В процессе разработки архитектурного типа транспортного судна любое назначение определяет: положение МКО по длине судна; состав и расположение надстроек и рубок; положение ходового мостика; расположение домашней окантовки; размещение емкостей для судовых запасов и балласта; форму окантовки корпуса судна.

Применимые к транспортным судам основных типов установления:

для универсальных судоходных судов — количество и расположение палуб, платформ и поперечных переборок; тип, размеры, расположение грузовых люков, пандусов и корот; состав и расположение специальных грузовых помещенияй; тип, количество и расположение грузовых устройств;

для нефтегазовых судов — количество и расположение продольных и поперечных переборок; наличие двойного дна; наличие сухогрузного транса, ходового мостика, судового насосного отделения; тип тяговой системы; расположение грузового насосного отделения;

для пассажирских судов — количество и расположение палуб, платформ и поперечных переборок; состав и расположение помещений для пассажиров; состав и размещение спасательных средств.

Решение всех перечисленных вопросов относится к специфике проектирования судна конкретных типов и назначений и освещено в соответствующих главах пятого раздела учебника.

Контрольные вопросы

1. С какой целью применяют избыток балласта на судах?
2. Какие требования предъявляют к загрузке судов окантовкой?
3. В чём заключается выбор архитектурно-конструктивного типа проектируемого судна?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДОВ

5.21.1. Общие положения

Результатом решения внешней задачи теории проектирования судов, является, как говорилось в § 1.1, техническое задание на проектирование судна. В задании фиксируются требования, предъявляемые к будущему судну, выступающие в виде его основных технико-эксплуатационных характеристик: назначение и тип судна, класс Регистра СССР, грузоподъемность и грузовместимость, районы, дальность плавания и автономия, скорость хода и мощность главного двигателя, желательный тип энергетической установки и т. п.

Разработка технического задания является одним из наиболее важных и ответственных этапов в процессе создания судна, поэтому определение основных характеристик судов уделяется особое внимание.

Вся процедура, целью которой является разработка технического задания и определение потребного количества новых судов, называется обоснованием перспективного развития флота или оптимизацией структуры и номенклатуры флота. Уже из самих названий следует важный вывод о том, что каждое новое транспортное судно рассматривается сейчас не как самодовлеющая единица независимо от ее возможностей, как это было в недавнем прошлом, а как элемент единой транспортной системы. В этом заключается наиболее характерная, принципиальная особенность современного подхода к определению спектральных характеристик проектируемых судов.

Необходимость оптимизационных исследований при обосновании развития флота вытекает из очевидных положений о том, что для максимального удешевления строящихся судов, предназначенных для выполнения заданного объема перевозок, жертвовать возможностями сокращения количества их типоразмеров (в пределе – один типоразмер), а для наиболее полного удовлетворения требованиям перевозок – возможна большая компактность типоразмеров новых судов (в пределе – судно конкретного типоразмера для каждого района). Определяющим критерием является максимизация экономической эффективности всей оптимизированной транспортной системы, способной выполнить требуемый объем перевозок в установленные периоды времени.

Оптимизация структуры и номенклатуры флота осуществляется в несколько связанных между собой этапов, выполняемых обычно в следующей последовательности.

Прежде всего подбирают и анализируют исходные данные, необходимые для уточнения основных вариантов судов, применяемых к рассмотрению так называемых судов-прототипов, и отбирают потенциально возможные типы судов. Затем уточняют основные требования, предъявляемые к новым судам, и вероятный диапазон изменения отдельных

характеристик рассматриваемых судов, готовят необходимые нормативы и измерители и производят соответствующие расчеты. На заключительном этапе обижают удовлетворительные в техническом и эксплуатационном отношении и оптимальные по экономическим показателям суда-прототипы, уточняют их основные характеристики и определяют потребное количество судов.

Рассмотрим подробнее каждый из этих этапов.

5.21.2. Исходные данные для технико-эксплуатационных обоснований

Прежде всего формулируется конкретный народнохозяйственный задача, которая ставится перед транспортным флотом страны или его подразделениями, действующими в том или ином географическом регионе.

На этой основе определяют, подбирают и анализируют характеристики грузопотоков, прерогативно-навигационных условий работы транспортного флота, морских портов и других элементов береговых служб морского флота.

К характеристикам грузопотоков прежде всего относятся: количество и структура подлежащих перевозке грузов, виды плавания, направления, дальность и сезонность перевозок, парусность грузов.

Затем определяют пролетительность навигационного периода на всех направлениях и условия поставок товаров, что необходимо знать для определения сезона перевозок. Уточняются количество и размер партий грузов, предъявляемых к перевозкам, и их основные транспортные характеристики, в первую очередь, удельный погрузочный объем.

Таким образом, анализ перспективных грузопотоков позволяет изложить следующие технико-эксплуатационные характеристики будущих судов, способных выполнять запланированные перевозки грузов: 1) эксплуатационное назначение судов и степень их специализации – по номенклатуре грузов; 2) грузоподъемность – исходя из парковности грузов (т. е. по количеству грузов, подлежащих отправке одной партией, на одном судне, в адрес одного получателя); 3) удельную грузовместимость и архитектурно-конструктивный тип – по транспортным характеристикам грузов; 4) класс Регистра СССР – по району плавания.

Кроме того, определяются и такие существенные для эксплуатационно-экономических расчетов исходные данные, как степень загрузки судов в прямом и обратном направлениях и необходимое количество судов каждого типа.

Изучение природно-навигационных условий морских путей на направлениях предполагаемой работы новых судов необходимо для выяснения совокупности требований, предъявляемых к мореходным качествам этих судов, а также возможных ограничений, налагаемых на их размерения.

Под этим углом зрения определяют вероятные штормовые условия плавания: преобладающие силу и направление ветров, параметры волнения, частоту и продолжительность штормов и ураганов. Выясняют местные сарванические глубины в прибрежных водах, на подходах к портам и на их акваториях, а также в прибрежных и сопредельных каналах – Суэцком, Панамском, Кильском и др. При этом принимают во внимание и габариты цистерн в каналах – их минимальную длину и ширину. Выясняют количества глубин в результате пришлюпленных якорей, что существенно для судов докового типа и с горизонтальной грузообработкой, а за направлением работы судов, эксплуатирующих плавание по внутренним водным путям, изучают характеристики суходольных фарватеров. Особому анализу подлежат условия эксплуатации судов в морских акваториях: уточняют характер плавовых условий, время начала и конца навигации при самостоятельном плавании судов различных ледовых категорий и при их плавании за подсогласом.

Характеристики морских торговых портов и кортаки и китов включают описание их технической оснащенности, определяющей условия стоянки, грузообработки и обогруживания судов в портах. К таким характеристикам относятся, кроме всего, данные о протяженности, специализации и оснащенности перевозочными оборудованием причалов портов, а также о состояниях и размерах акваторий, возможностях выполнения перегрузочных операций на рейдах и др.

Для обоснования решения вопроса о назначении целесообразной дальности плавания рассматриваемых судов необходимы детальные способы о размещении и мощности буксиреровых баз, морю и стоимости топлива.

Принимаются во внимание и данные о возможности докования и проведения ремонта судов в районах их эксплуатации.

5.21.3. Определение технико-экономических характеристик судов-прототипов

Второй этап оптимизационных расчетов начинает с анализа современного состояния и основных локальных тенденций развития мирового судостроения и судоходства, подбора материалов по условиям использования и достижимым показателям работы отечественного транспортного флота и опытных судов, выявление и изучения соответствующих изобретений и результатов научных исследований.

Целью обзорно-аналитических исследований является прогнозирование путей развития морских транспортных судов, транспорто-производственных систем в целом и технологии перевозки грузов в портах, а также разработка материалов, необходимых для определения основных требований к новым судам и циклопазонам изменения их оптимальных характеристик.

Затем подбирают, а при необходимости разрабатывают нормативы для эксплуатационно-экономических расчетов по выполнению оптимальных вариантов судов.

На основе подготовленных данных для всех рангов выбранных вариантов судов устанавливают вероятные диапазоны значений основных технико-эксплуатационных характеристик – грузоподъемности и скорости хода – и производят расчеты эксплуатационно-экономических показателей для ряда конкретных значений этих характеристик. При этом параллельно с рассматриваемыми перспективными судами должны применяться во внимание и существующие суда, пригодные к перевозкам облегченных грузов из заданных направлений.

Формализуют эту задачу следующим образом [10].

Рассматривается совокупность транспортных судов x_0 с грузоподъемностью P_0 и скоростью v_0 , которые должны обеспечить планируемый объем перевозок A_0 из каждой j -й пини.

Все рассматриваемые варианты судов обозначаются индексами $i = 1, 2, 3, \dots, n$, прием индекса $i = 1, 2, 3, \dots, k$. Относится к экспортным судам, индекса $i = l + 1, \dots, k$ – к судам, которые будут строиться во ранее разработанных проектах, а индекса $i = k + 1, \dots, m$ – к новым судам, эксплуатация которых начнется в планируемом периоде. В свою очередь линии подразделяются следующим образом: линии с индексами $j = 1, 2, \dots, p$ относятся к каботажным, линии с индексами $j = p + 1, \dots, q$ – к экспортно-импортным и линии с индексами $j = q + 1, \dots, m$ – к линиям, на которых грузы перевозятся между иностранными портами.

Поскольку каждое судно рассматривается как элемент единой транспортной системы, оценка экономической эффективности судов-прототипов происходит не с точки зрения оптимальности судна для данной конкретной линии, а с позиции максимальной эффективности всей транспортной системы в целом. Естественно, что некоторые суда могут оказаться неоптимальными для отдельных линий. При таком подходе цель расчетов по оптимизации характеристик судов и поискования флота может быть сформулирована следующим образом: «Определить оптимальные для флота в целом типы судов при условии выполнения заданной на планируемый период транспортной работы и при соблюдении определенных сопутствующих эксплуатации и постройки судов ограничений» [11].

С учетом ранее принятых обозначений эта цель записывается так: определить комбинации характеристик (P_i, v_i) , относящиеся к судам-прототипам, и число судов каждого типа, при которых будет выполнен общий объем перевозок $\sum_{j=1}^m A_j$ и поставлено экстремальное значение выбранного критерия экономической эффективности.

К числу яблодных предпосылок, формирующих систему ограничений рассматриваемой задачи, помимо упомянутых ранее величин и условий, могут быть отнесены следующие уточняющие ограничения: 1) грузоподъемность судна не может превышать наибольшей партии грузов заданной линии O_j и величины N_{ij} , определяемой пределами допустимой осадкой;

2) в реализации заданных грузопотоков могут участвовать ранее построенные суда; 3) количество строящихся судов ограничено возможностями судостроительных предприятий; 4) капитальные вложения, отпускаемые на постройку судов в планируемый период, ограничены.

В дополнение к отмеченной выше модели внешней задачи проектирования судов следует, прежде всего, отметить, что при решении этой задачи помимо оптимального сочетания грузоподъемности и скорости хода судов-претендентов могут быть получены данные по определению или рациональному выбору и других характеристик рассматриваемых судов: их эксплуатационного и архитектурно-конструктивного типа, автономности и дальности плавания, типа энергетической установки, удельной грузоподъемности и пр. С этой целью необходимо внести в рассмотрение варианты судов, отличающиеся характеристиками, подавляющими оптимизацию.

Далее, задача может решаться при дополнительном условии о том, что намеченный объем перевозок должен быть полностью выполнен судами отечественного флота лишь на некотором, заранее оговоренном, направлении, а за остальных направлений возможны (или обязательны) привлечение судов иностранных владений. С другой стороны, возможен и такой вариант, когда заранее планируется определенный резерв провоз способности флота.

И, наконец, необходимо принимать во внимание то обстоятельство, что прогнозируемые грузопотоки подвержены влиянию различных, не поддающихся прещартильному учету, воздействий, поэтому их величины являются, в известной мере, условными. По этой причине рассматриваемая внешняя задача теории проектирования судов может быть поставлена и решена либо в условии параметризованном, либо в стохастическом (вероятностном) варианте.

5.21.4. Выбор оптимальных судов-претендентов

Решение внешней задачи теории проектирования судов, описанной в предыдущем параграфе, возможную при различиях исходных предпосылок и ограничениях, а следовательно, и различных критериях эффективности.

Из исходных предпосылок наиболее существенной — в отношении критерия эффективности — является вид плавания судов: каботажное или заграничное.

В чисто ограничений могут меняться условия, связанные с допускаемыми объемами капитальных вложений и необходимостью безусловного выполнения всех или только части планируемых перевозок.

Любой критерий, используемый в вариантах расчетах, должен обеспечить максимальную пародоломистическую эффективность решения. Однако различные принимаемые во внимание условий приводят к соответствующему многообразию эконометрических критерии эффективности, предполагающих для сопоставления получаемых результатов

и затрат, необходимых для их достижения. При заданном показателе эффективности критерии экономической эффективности имеют стоимостной характер; если же обусловлены пределы затрат или иных ресурсов, критерии могут выражаться как в стоимостных, так и в подводящих категориях показателях.

При выборе между стоимостными критериями, основанными на минимизации затрат (текущих, единовременных или приведенных) или на максимизации прибыли, прецедент обычно отдается первым из них, поскольку пользование этими критериями обеспечивает меньшую погрешность расчетов. Объясняется это тем обстоятельством, что при максимизации прибыли к неизбежным ошибкам и неточностям в определении затрат и расходов добавляются ошибки и неточности, возникающие в расчете доходов.

Дополнительные ограничения, налагаемые на расчеты и переписываемые в предыдущем параграфе, записываются следующим образом:

1. Ограничение предельной грузоподъемности судна за партией грузов и допустимым осадкам:

$$P_j \leq (O_j N_j)_{\min}; \text{ при } j = 1, 2, 3, \dots, n; \quad j = 1, 2, 3, \dots, m.$$

2. Ограничение количества старых судов, привлекаемых к выполнению перевозок грузов, их суммарной численностью Σx_i^0 , прогнозируемой на расчетный период:

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq \sum_{i=1}^n x_i^0.$$

3. Ограничение количества строящихся судов возможностями судостроительных заводов Σx_i^k :

$$\sum_{i=k+1}^n x_i + \sum_{i=k+1}^n x_i^k \leq \sum_{i=k+1}^n x_i^0.$$

4. Ограничение количества строящихся судов предельной суммой капитальных вложений K :

$$\sum_{i=k+1}^n k_i x_i + \sum_{i=k+1}^n k_i x_i^k \leq K,$$

где k_i — строительная стоимость судна.

При выполнении ограничений 3 и 4 целесообразно быть выделены линии $j = 1, 2, 3, \dots, q$, за которых реализация грузопотоков необходима в первую очередь.

В результате решения внешней задачи теории проектирования судов получают конкретный ответ на вопросы, касающиеся: оптимальных характеристик перспективных судов; количества судов с такими

характеристиками, необходимыми для выполнения планируемых грузоперевозок; тип и количество судов, которые целесообразно продолжать строить по ранее разработанным проектам в типе и количестве ранее построенных судов, пригодные для дальнейшей эксплуатации; равномерное распределение всех судов, возникших в оптимальной или пополнения и структуры флота, по направлениям перевозок.

В заключение следует отметить, что при выполнении рассматриваемых расчетов должны быть приняты во внимание и соответствующим образом учтены следующие факторы: скопуточные и сопроводительные затраты, если они изменяются у рассматриваемых вариантов; стоимость перевозимых грузов, количество и время доставки которых влияет на объем оборотных средств народного хозяйства страны; влияние серийности судов на стоимость их постройки.

Контрольные вопросы

1. Что подразумевается под оптимальной структурой и пополнением флота?
2. На какие этапы разбивается процесс оптимизации?
3. Какие критерии используются в вариантовых расчетах?

Особенности судов различного назначения и их учет при решении внутренней задачи теории проектирования судов

Глава 22.

НАПИВНЫЕ СУДА

§ 22.1. Общие сведения о напливных судах

Напливные суда, или танкеры, перевозят возможимые жидкие грузы, большинство которых составляют нефть и ее производные. Отходы и другие называния этих судов — нефтяной и нефтепродуктовый.

Мировая добыча нефти растет, увеличивается потребность в ее перевозках, а так как совершаются они в значительной мере водным путем, то растет и танкерный флот.

Одновременно увеличиваются и размеры танкеров. Если в предыдущий период основное ядро танкерного флота составляли танкеры дедвейтом 8–12 тыс. т, то вскоре после войны появляются танкеры плавающей до 16–18 тыс. т. „Супертанкеры“ в то время считались судами плавающим 30–40 тыс. т. Однако в последующие годы представители о характеристиках размерах танкеров стали быстро меняться. Уже в 1959 г. был предложен рубеж в 100 тыс. т, в 1966 г. — в 200 тыс. т, в 1968 — в 300 тыс. т и наконец, в 1975 г. былпущен на воду танкер „Батильпью“ дедвейтом 554 тыс. т.

Поскольку термин „супертанкеры“ оказался закрепленным за сравнительно небольшими по современным масштабам судами, для обозначения действительно крупных напливных судов в мировой технической литературе по судостроению и судоходству были введены и получили широкое распространение обозначения VLCC и ULCC (от англ. Very Large Crude Oil Carrier и Ultra Large Crude Carrier), т. е. очень-крупное и сверх-крупное судно для перевозки сырой нефти, относящиеся к танкерам плавающим 150–350 тыс. т и 350–800 тыс. т соответственно. Разработаны проекты и более крупных танкеров — дедвейтом около 1 млн. т, но строительство их пока отложено.

Наиболее крупные суда предназначаются для перевозки только сырой нефти (в последние годы на долю сырой нефти приходится 80–85% от общего объема нефтеперевозок), сравнительно небольшие — главным образом для нефтепродуктов, и средние — преимущественно для нефти, но многие из них строятся так, что могут перевозить одновременно с нефтью и другой жидкий груз. В то же время эксплуатируются большие

количество так называемых танкеров общего назначения дедвейтом до 20 тыс. т, занятых в морских перевозках нефтепродуктов и на международных линиях небольшой протяженности.

Некоторое количество танкеров занято перевозками хлопка (мягкого), спирта, жидким химическим продуктам, пива, вина, цитового жира и растительных масел. Как правило, это сравнительно небольшие суда, часть которых специально приспособлена для перевозки определенных грузов (например, химических продуктов) и занята только ими, другие приспособлены к таким перевозкам лишь время от времени и являются обычными универсальными запасными судами. Специфическим устройством отличаются танкеры-раздатчики горюче-смазочных материалов, перевозящие одновременно большое количество разнообразных нефтепродуктов.

Особую категорию танкеров составляют суда для перевозок сжиженных газов. К строительству специализированных судов газовозов приступили сравнительно недавно — в 1953 г., но из года в год количество подобных судов, построенных на верфях разных стран, непрерывно увеличивается. Если в начале строительства газовозы небольших размеров с вместимостью цистерн до 5000 м³, то в последние годы наиболее характерными стали суда с общим объемом цистерн в 75 и 125 тыс. м³.

Скорость хода современных танкеров колеблется в довольно узких пределах. У небольших судов дедвейтом до 20 тыс. т скорость размах 14–15 уз, наиболее высокими скоростями отличаются суда дедвейтом от 40 до 100–130 тыс. т, у которых она достигает 16–18 уз, а у еще более крупных судов размах скорости снова снижается до 15–16 уз. Небольшие спиди среднотоннажных танкеров отличаются повышенными скоростями хода, доходящими до 19–20 уз. Для небольших и среднотоннажных газовозов характеристики скорости в пределах 13–15 уз, у крупнотоннажных газовозов скорость повышается до 16–20 уз.

5.22.2. Характерные особенности нефтеналивных судов

Нефтеналивным судам уделялось много внимания в предыдущих главах учебника, поэтому ниже будут отмечены лишь некоторые особенности судов этого типа, связанные, сплошным образом, с их общей компоновкой.

Принципиальная схема общего расположения танкеров свидетельствует о том, что корпус состоит из трех частей (рис. 22.1): носовая, включающая форпик, центральную цистерну — диптанк, судовое насосное отделение и (на некоторых танкерах старой постройки) сухогрузный трюм; центральную с грузовыми танками и грузовым насосным отделением (или без него), и кормовую, куда входит актерпик, МКО и топливные цистерны, расположенные обычно за бортом МД. В этой же части танкера может быть расположено и грузовое насосное отделение. Центральная грузовая часть

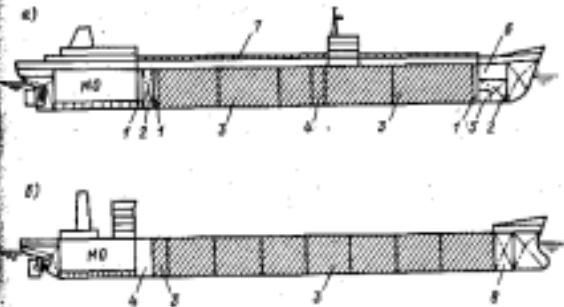


Рис. 22.1. Схема общего расположения танкера: а — традиционная; б — современная
1 — мидиферпик; 2 — грузовые цистерны; 3 — грузовые танки; 4 — грузовое насосное отделение; 5 — судовое насосное отделение; 6 — сухогрузный трюм; 7 — пароходные машины; 8 — баковый (нейтральный) диптанк.

отделена от концевых коффердамами. В пределах этой схемы выделяются либо отдельные элементы: наличие или отсутствие судогрузного трюма и носового диптанка и расположение насосного отделения. Кроме того, на судне может быть средняя рубка или, как это характерно для судов, построенных в последние годы, все жилые и служебные помещения, включая посты управления, сосредоточены в корме. Большинство таких танкеров имеет пантографическую надстройку, однако на крупнотоннажных судах ее все чаще заменяют башенного-рубкой, превращающей надстройку из одиничной рубки (располагая рубку на палубе или непосредственно из верхней палубы). При этом улучшается обзор из ходовой рубки и облегчается шагу в район жилых помещений, которую обернуты для занятий спортом и для отдыха экипажа. На очень крупных танкерах отказываются и от бака. Таким образом, танкеры могут быть гладкопалубными, одно- и двухсторонними.

Размеры сухогрузного трюма и сплошной с кимко-сойой гондолиной (или балластной) цистерн определяются по условиям унифицированных судов в полном грузу. Чем больше относительная длина кормовой части судна и дальше в корму цицунт ШВ, тем длиннее должна быть носовая часть судна, протяженность которой регулируется за счет сухогрузного трюма и носового диптанка. Относительно небольших танкеров с коротким МО и симметричным внос ШВ сухогрузный трюм и диптанк могут вообще отсутствовать, а у небольших судов с относительно протяженным МО носовая часть может достигать 16–18% длины.

Из сказанного следует, что у танкеров сокращение длины МО позволяет продлить грузовую часть судна не только в корму, но и в нос.

Место, занимаемое грузогрузовым трюмом и насосной топливной цистерной, может быть использовано для нового балластного диптика (диптанка), протягивающегося от днища до палубы. Это упрощает исследование удифферентации судна в грузу, увеличивает объем чисто балластных емкостей танкера, используемых при ходе в балласте, но в то же время требует выделения дополнительных балластных цистерн в кормовой оконечности, необходимых для регулирования посадки судна в грузу по мере разгружения судовых запасов. Поскольку судовое насосное отделение, размещаемое в носу, устраивает таким образом для установки топливогенерализующего насоса (также могут быть балластный и коксовый насосы), на танкерах с кормовым размещением всего запаса топлива довольно часто отказываются от насосного насосного отделения.

Компромиссным решением вопроса является использование насосного диптика как гидравлическо-балластного или разделение его на гидравлическую и балластную цистерны. Наиболее рациональный способ использования нового диптика зависит от конкретных особенностей проектируемого судна и определяется при рассмотрении вопросов его балластировки и удифферентации. Вне зависимости от назначения нового диптика его разделяют на несколько отдельных частей по ширине, в итоге и по длине судна.

Положение грузового насосного отделения по длине судна оказывает влияние как на трудоемкость и стоимость постройки танкера, так и на удобство его эксплуатации.

Насосное отделение, расположенное в средней части судна, делит грузовые танки на две изолированные группы, что упрощает одновременную перевозку груза разных сортов. На некоторых судах устраивают даже две насосные отделения, разделяющие грузовые танки на три изолированные группы. Кроме того, при среднем расположении насосного отделения уменьшается изгибающий момент, действующий на грузовое судно на волнистых волнах. Однако к моменту окончания выдачи груза, когда судно получает значительный шифферент в корму, уловы работы насосов ухудшаются. При размещении насосов в корме эти затруднения отпадают. Более того, на танкерах, перевозящих однородный груз, оказывается возможным применять бесструйную грузовую систему «свободного потока» (т. е. систему с передувными переборками кильватерами), обладающую рядом достоинств. Упрощается и размещение приводов грузовых насосов, которые располагают в МО и зале, который проходит в насосное отделение через переборку, разделяющую машинное и насосное отделения (согласно Правилам [36] приводы грузовых и зачистных насосов, за исключением паровых, рабочая температура которых не превышает 220° С, должны располагаться в отдельных помещениях, не соединяющихся с насосным отделением). В носовой части этой переборки может быть сделан уступ в МО, образующий нишу для размещения насосов. Высота такой ниши не должна превышать трети высоты борта

у судов дедвейтом до 25 тыс. т и половины высоты борта у более крупных судов. Разделение танков на группы, необходимое при одновременной перевозке разных грузов, достигается при кормовом расположении насосного отделения за счет нефтегазонпропускаемости переборок. Разумеется, что в любом случае каждый сорт груза должен перекатываться отдельным насосом (или насосами).

Навал груза в танкера осуществляется средствами порта, а выгрузка — судовыми насосами, суммарная производительность которых подбирается таким образом, чтобы разгрузка судна занимала 8–12 ч. На очень крупных танкерах это время возрастает до 15–20 ч.

Правильный грузовой насос, суммарная мощность которых достигает 40% мощности энергетической установки судна, обычно одновременно с главным движителем. Однако наблюдается все большее распространение гидротурбинных приводов и их дизельных насосов, на которых устанавливают вспомогательные котлы большой производительности, вырабатывающие пар и горячую воду для обедненных нужд, а также для подогрева груза, предваряющего в море танкера.

Палубные приемники грузовой системы, имеющие, как правило, на концах разъемники для присоединения к каждому из них сразу двух береговых шлангов (откуда их второе название — «шлангоголовниками»), располагают всегда в средней части судна, что связано с приямком размещением грузовых труб посередине настилов причалов. Для приема и выдачи груза при швартовке кормой на танкерах иногда предусматривают один или два труборезца, мауэрс или грузовой манипулятор, через который грузовую систему снимают ЦТ в корму.

Ходовой рубку удаляют из самых крупных современных танкерах размещают, как правило, на юте. Это позволяет отказать от средней надстройки, что упрощает конструкцию судна и его удифферентовку, поскольку снимают ЦТ в корму.

По всей длине плавальных судов — от юта до бака — на уровне первого яруса надстроек, т. е. на высоте 2,5–3,0 м над палубой устраивают переходные мостики (рис. 22.1). Он служит не только для безопасного передвижения экипажа по судну в шторм или во время грузовых операций, но используется также для прохода под системами трубопроводов судовых систем и электрических кабелей. Однако на танкерах последних лет постройки отказались снимать от насосового участка переходного мостика, соединяющего среднюю надстройку с баком, а затем, в связи с ликвидацией средней надстройки, отдать необходимость и в кормовом участке.

Международная конвенция о грузовой марке 1966 г. [19] и Правила Регистра СССР последних изменений [32, 37], разрешают не усаживать переходный мостик по судам, не имеющим средней надстройки. В противном случае требуется устройство переходного мостика или поддуктового прохода между ютом и средней надстройкой или рубкой. Опытные суда с оборудованием танкера проходами.

Отметим, что, согласно Правилам [35], кормовая (котловая) защербка должна быть ограничена со стороны вала сплошной стальной непрерывной переборкой, простирающейся от борта до борта и не имеющей зазоров. Выход из кормовых помещений должен осуществляться через палубу яхты. Не разрешается утеплять двери в кормовой переборке всех ярусов рубок на яхте, а также в бортовых переборках этих рубок на расстояния 0,04L, но не менее 3 и не более 5 м в корму от кормовой переборки.

Грузовые отсеки на танкерах должны быть отделены ж-о ф ф е р д а м и и от МКО и сухогрузного трюма. Задней коффердамы могут служить насосные отсеки, балластные и топливные цистерны [35]. Протяженность коффердама должна составлять одну ширину, но не менее 600 мм. При перевозке нефтепродуктов I-го разряда коффердамы заполняют водой.

Существенным вопросом при проектировании танкеров является выбор конструкции и размещения переборок. Всемерное сокращение числа переборок приводит к облегчению корпуса и систем, удачливому построению и упрощению эксплуатации судна. Поэтому стремится принимать предельно допустимые расстояния между запорными переборками, регламентируемые правилами классификационных обществ и международными соглашениями, и минимальное количество предельных переборок, количество которых также оговаривается правилами постройки судов.

По Правилам [31] Регистра СССР для грузовых танков может доходить до 0,15L при установке одной продольной непрерывной переборки в диаметральной плоскости или до 0,12 при установке двух и более переборок, но при условии, что расстояние между запорными переборками, включая отбойные, не превышает 0,12 или 15,0 м, в зависимости от того, что больше. Располагают переборки так, чтобы все танки были одинаковой длины, т. е. практически равнообъемны. С этой же целью одниают бортовые танки. Исключение делается для отстойных танков, предназначенных для разделения зумпфов, образующихся из нефтепродуктов и воды после мойки танков, и танков, используемых в качестве успокоительных цистерн. Отстойные танки выделяют из бортовых, приемниками к грузовому насосному отпиранию. Танк-искусительница размещают в средней части судна.

Количество продольных переборок регламентировано Регистром СССР. Но в издании Правил [31] 1981 г. эта регламентация уже отсутствует, даю лишь указание о расстоянии между продольными переборками: это не должно, как правило, превышать 0,6 B. В противном случае входят дополнительные ограничения протяженности центральных танков: их длина не должна быть больше, чем $(0,35-0,25 \delta/\delta)L$, где δ — расстояние между продольными переборками. Такое изменение Правил [31] связано с вступлением в силу Международной Конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 г. (Конвенция принята на Международной конференции по предотвращению загрязнения моря — International Conference

on Marine Pollution, сокращение MARPOL, или МАРПОЛ) и дополнений к этой Конвенции, принятых в 1978 г. [21]. В соответствии с основными положениями Конвенции МАРПОЛ 73/78 Регистр СССР издал в 1980 г. дополнительные Правила по предотвращению загрязнения с судов (конструкция и оборудование) [41], регламентирующие, в частности, и предельную кубатуру грузовых танков, что обеспечивается надежным расположением продольных и поперечных переборок в пределах грузовой части судов.

5.22.3. Выполнение требований Международной Конвенции МАРПОЛ 73/78

Все положения Конвенции МАРПОЛ 73/78 и соответствующих Правил Регистра СССР, относящиеся к нефтеналивным судам, направлены на достижение следующих целей, обеспечивающих в совокупности защиту недр Мирового океана от загрязнений нефтью и нефтепродуктами:

I — ограничение возможного выплытия груза при аварии танкера;

II — уменьшение загрязнения моря в процессе повседневной эксплуатации танкера (выплески груза при аварии танкера и моечной водой);

III — повышение морехолмких качеств танкеров и защищенности грузовых танков от повреждений при авариях.

1. Ограничение возможного выплытия груза при аварии танкера обеспечивается требованиями к предельно допустимому объему в размерах грузовых танков, а также к их расположению. Содержание требований сводится к следующему.

Предполагаемый выплыт нефти W_n в результате аварии судна, которая привела к повреждению днища и борта, не должен превышать либо $W_n < 30000 \text{ м}^3$, либо $W_n < 400\delta W$ в зависимости от того, что больше, однако в любом случае для судов любых размеров, предлагаемый выплыт не должен превышать 40000 м^3 .

При расчете гипотетического выплытия груза из танка нефтеналивных судов исходит из предположения, что повреждение корпуса судна имеет

Таблица 22.1 Размеры установленного покрытия борта

Элементы покрытия	Обозначение	Расчетный критерий
Предельная прочность	I_p	$1/3 L^{2/3}$ или 14,5 м, в зависимости от того, что меньше
Возвратная прочность	I_{p1}	$1/5 B$ или 11,5 м, в зависимости от того, что меньше
Вертикальная прочность	I_{p2}	От основной линии якоря без отрывания

Таблица 23.2 Размеры уполовиненного парусования длины

Элементы парусов адекватности	Обозначение	Район повреждения корабля с судном	Расчетная величина
Продольная проплавленность	I_p	На протяжении 0,3 L от мидельного парусоделителя В любой другой части судна	$L/10$ $L/10$, или 5 м, в зависимости от того, что меньше
Поперечная проплавленность	I_{θ}	На протяжении 0,3 L от мидельного парусоделителя В любой другой части судна	$0,16$, или 10 м, в зависимости от того, что меньше, но не менее 5 м 5 м
Вертикальная проплавленность	A_p	В любой части судна	$W/15$, или 6 м, в зависимости от того, что меньше

форму параллелепипеда, охватывающего борт и длину судна. Размеры параллелепипеда принимают в соответствии с указаниями таблиц 22.1 и 22.2.

Расчет величин предполагаемого вытеснения груза при повреждении борта W_p^B и днища W_p^D для отсеков, затронутых повреждением в любом возможном месте по длине судна, производят по формулам

$$W_p^B = \sum W_i^B + \Sigma B_i W_i^B;$$

$$W_p^D = \frac{1}{3} (\Sigma z_i W_i^D + \Sigma z_i W_i^B), \quad (22.1)$$

где W_i^B и W_i^D — объем предположительно поврежденных бортовых и днищевых танков; танки, предназначенные исключительно для балласта (танки изолированного балласта), не учитываются;

$$\delta_i = 1 - \Delta B_i b_c, \text{ при } b_c > b_i, \quad \delta_i = 0;$$

$$z_i = 1 - b_i/b_c, \text{ при } b_c > b_i, \quad z_i = 0;$$

ΔB — ширина бортового танка; b_c — высота междуцентрового пространства.

Если протяженность бортового танка изолированного балласта I_B , расположенного между двумя бортовыми грузовыми танками, окажется меньше длины I_p , то

$$W_p^B = \sum B_i W_i^B + \Sigma B_i W_i^D, \quad (22.2)$$

так $\delta_i = 1 - I_B/b_i$, а величина W_i^B принимается равной объему меньшего из двух грузовых танков.

Если поврежденная длина охватывает четыре центральных танка, то величина предполагаемого вытеснения нефти может быть рассчитана по формуле

$$W_p = (1/4) (\Sigma z_i W_i^B + \Sigma z_i W_i^D).$$

Помимо регламентации величиной гидростатического вытеснения нефти настроено ограничение размеры грузовых танков: объем любого центрального танка не должен превышать 50 000 м³, а бортового — 75% величины W_p . Объем бортового грузового танка может быть увеличен до W_p , при условии, что такой грузовой танк расположжен между двумя танками изолированного балласта, размеры каждого из которых превышают по длине I_p , а по ширине b_c .

III. Для уменьшения загрязнения моря откачиваемым из бортов южным балластом, который из танкорах принимался в пустые грузовые танки, а также водой, использованной для очистки грузовых танков (промывочная вода), повышенная степень безопасности танкеров, требуется оборудовать суда дедвейтом 20 тыс. т в мидии, перевозящие сырье нефть, и танкеры-продуктовые дедвейтом 30 тыс. т в мидии, специальными танками изолированного балласта (ТИБ), в виде танкеров западной регистрационной вместимостью более 150 реф. т — саю и отстойными танками, предназначенными для сбора и отстой промывочной воды, нефтяных остатков и других нефтесодержащих смесей.

III. Море целостность танкеров при ходе в балласте и защищенность грузовых отсеков от повреждений и разрушений обеспечивается надлежащей сносностью ТИБ и их особым размещением по судну.

Минимальная вместимость ТИБ должна быть достаточной для доставления у танкера в районе без груза и судовых запасов следующих параметров отсеков и дифферента:

$$T_{Bd} \geq 2,0 + 0,02L; \quad (T_n - T_d)_{Bd} \leq 0,015L; \quad (T_n)_{Bd} > d, \quad (22.3)$$

где T_{Bd} — средняя осадка судна в балласте без груза и без судовых запасов, T_n и T_d — соответственно осадка на кормовом и носовом парусоделителях, L — длина судна и d — диаметр гребного винта.

Расположение танков изолированного балласта должно быть таким, чтобы в максимальной степени оказались защищенным грузовые танки, что обеспечивает уменьшение вероятности вытекания нефти в случае посадки судна на мель или при столкновении. Исходя из этого положения, в Конвенции МАРПОЛ 73/78 звездно следующее требование:

$$S_p^B + S_p^D \geq J [L_{tp} (\beta + 2M)], \quad (22.4)$$

где S_p^B и S_p^D — площади проекций бортовой и днищевой обшивки каждого танка изолированного балласта на диаметральную и основную плоскости

соответственно, m^2 ; J – численный коэффициент, равный 0,45 для танкеров дедвейтом 20 тыс. т и 0,30 для танкеров дедвейтом 2000 тыс. т, для промежуточных значений применяется линейная интерполяция; L_{tr} – проплавность грузовой части судна, м; B и H – ширина и высота борта судна, м.

Применимельно к более крупным судам, дедвейт которых превышает 200 тыс. т, коэффициент J может быть уменьшен до значения 0,2.

Оговариваются минимальные ступени бортового танка изолированного балласта b_{min} и высота двойной линии h_{min} , при которых эти танки могут быть применены во внимание при расчетах по формуле (22.4): $b_{min} \geq 2,0$ м; $h_{min} \geq B/15$ или 2,0 м, причем для h_{min} применяется меньшая из двух величин.

Двигательные отсеки танков должны быть не менее 2% грузовместимости танкера. Эти же танки используются и как грузовые. На танкерах кабельного плавания, содержащих ребра продольной жесткости по 72 к в сохранившихся на борту все нефтесодержащие смеси для последующей их сдачи в береговые приемные устройства, отстойные танки могут отсутствовать.

Определенный стандарт безопасности танкеров обеспечивается и требованиями Конвенции МАРПОЛ 73/78 к изыскам походки и остойчивости этих судов при регламентированных размерах перевозок. Требования дифференцированы для танкеров различных размеров, причем допускается освобождение от выполнения этих требований судов длиной 100 м и менее.

Выполнение требований Конвенции МАРПОЛ 73/78 приводит к уменьшению количества грузовых танков на судах дедвейтом более 150 тыс. т, а следовательно, и к увеличению массы корпуса, усложнению грузовой системы и к удорожанию постройки судов на величину порядка 5–8%.

Для того чтобы разместить необходимое количество изолированного балласта, необходимо увеличивать размеры корпуса наливных судов. Располагают балластные танки различными способами: современные танкеры строят с двойным дном или с двойными бортами. Используют в качестве ТИБ и часть бортовых танков на судах с пакетом продольных переборок.

В зависимости от применяемого способа меняется трудоемкость постройки и эксплуатации (производство грузовых операций, мойка и дезинфекция танков), металлоемкость и масса металлического корпуса, эффективность конструктивной защиты грузовых танков, расход топлива на поддержание перевозимого груза.

Поскольку ни один из способов не обладает явными преимуществами или недостатками перед другими, все они применяются в современном танкостроении.

Следует также отметить, что увеличение объема грузовой части корпуса судна, необходимое для размещения изолированного балласта, целесообразно осуществлять путем увеличения высоты борта судна, оставляя незадействованные другие главные размерения, которые могут быть ограничены

по условиям эксплуатации или постройки. Кроме того, при уменьшении высоты борта масса металлического корпуса растет незначительно, поскольку уменьшение соотношения L/H способствует более рациональному использованию металла. В ряде случаев увеличение осадки, соответствующая повышению высоте борта танкера-промтуковоза, может быть использовано при перевозке грузов большой плотности, т. е. для увеличения грузоподъемности судна по сравнению со спецификацией.

Обширный систематизированный материал по танкерам различных размеров, необходимый для определения их основных элементов, можно найти в монографиях [18, 43].

Примером современных транспортных нефтеналивных судов является танкер типа «Лобед». Кратким описанием себя одновременно одновременным танкодромом является судно 68 000 т с баком, имеющим расположением максимального и грузового насыщенных отсеков, жесткой рубкой блока плавающих изолированных, с белобортовой симметричностью и крейсерско-транспортной нормой (рис. 22.2). Габаритные размеры судна: $L \times B \times H \times T = 229,0 \times 32,2 \times 18,0 \times 11,8$ м. При перевозке спецификационного груза плотностью 0,83 т/м³ осадка равна 10,3 м, полный 60 500 т. Максимальная мощность главного движителя 18 500 л. с. (13 600 кВт), эксплуатационная – 16 000 л. с. (12 340 кВт). Скорость судна на испытаниях 15,2 уз, дальность плавания 16 000 миль, экономичность 40 суток. Экипаж 36 чл.

Общая кубатура грузовых танков $T_1 = 100$ м³. Танкодромная часть судна имеет двойное дно в двойных бортах, продольную сформированную переборку в диаметральном поперечном сечении судна. По длине грузовая часть разделена поперечными переборками на 16 грузовых танков, два из которых – отстойные, 10 танков изолированного балласта расположены в междубортном и междубортном пространстве и с учетом фор- и астерибортов могут проплавить 23 150 т балластной воды, что обеспечивает при ходе без груза плавкую, требуемую Конвенции МАРПОЛ 73/78.

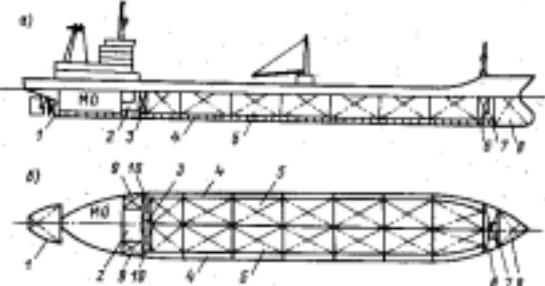


Рис. 22.2. Танкер типа «Лобед»: а – боковой вид; б – поперечный разрез:
1 – аккринер; 2 – грузовое насыщенное отсек; 3 – цистерна оббора нефтепродуктов;
4 – танк изолированного балласта; 5 – грузовые танки; 6 – топливный цистерн; 7 – судовая канализация отстойник; 8 – фермы; 9 – топливные цистерны; 10 – отстойники танков

Двойные борта и двойное дно уменьшают риск выдачи грузы при нарушениях изогнутой обшивки, кроме того значительно улучшаются условия манипуляции грузовыми танками благодаря установке набережной со стоянкой базисных танков, облегченного размещения телескопии и подъема/перемещения грузов, поскольку гравитационные усилия сдвигаются от централизованной пропорциональной от изогнутой мидии.

Таким образом для перевозки четырех архов нефти и инфраструктуры определено и их погрузка/выгрузка одновременно или в любой последовательности, что обеспечивает минимальные грузовые задержки производительностью до 1500 т/ч. Балластная система обустроена двумя насосами с производительностью 900 м³/ч и четырьмя насосами с производительностью до 400 м³/ч. Наливные танки изолированы баллонами позволяют производить добавку/излияние во время погрузки танкера. Грузовая и балластная операции проводятся под контролем системы дистанционного автоматизированного управления, которая облегчает один спасатель из поста управления грузовыми операциями (ПУГО), расположенного за линиями друга робота. Грузовые танки оборудованы системой парового подогрева груза.

Модуль танков механизирован и оснащен системой с помощью стационарных гирокомпенсаторов. Приведут к значительной сокращению времени каждого танка (один танк за 10 часов). Горючий и химический модуль. Проводят фронтально на замкнутую палубу с двухсторонней системой вспомогательных занавесей.

Для погрузки/разгрузки грузовых танков в средней части судна на плавучих набережных установлены две механизированные 10-тонные грузовые стрелы.

Энергетическая установка танкера включает в себя различные средства автоматизации, которые обеспечивают управление силовым двигателем и контролем за работой вспомогательных механизмов и других технических средств в МО из рабочей рубки. Общая автоматизация механизмов и выполнение систем автоматизации управления и контроля обеспечивают возможность работы энергетической установки без экипажа в МО и центральном посту управления, что соответствует нормам автоматизации АІ в следующем классе судов Регистра СССР.

С целью улучшения условий обитаемости для членов экипажа судна блок живущих, обставленных и коммуницирующими помешанными группами от блока замкнутого газообменного помещения, кабинного дизель-генератора, системой центральных газов, спаренной инсталляцией, двухсторонней лестницей и т.д., сконцентрированных вокруг шлюза машинного отделения. Жилье замкнутыми распределены на четырех архах рубки, 28 членов экипажа размещены в однотипных наименованиях и оккупантах, в 7 человеках коммюнате – в блок-коммюнатах, состоящих из набора, санитарии и санузла. Кремень 1990, предусматриваются 4 двухместные каюты для врачей, медиков и санитаров для подсобки. Для отвода членов экипажа помимо санитарных коммюнатах и санузла предусмотрены жилые для энергетических машин, кулинарный блок, спортивные, открытые плавательный бассейн и спортивные.

Из примененного отечества следует, что плавники типа "Лобода" являются примером современных эксплуатационных частей инженерных судов.

Контрольные вопросы

1. Каковы характерные черты конструкции общего расположения спортивных танкеров?
2. Какие изменения были предложены Международной комиссией МАРПОЛ ТЗ/ТБ?
3. К каким изменениям архитектурно-конструктивного типа танкеров привело вступление в силу Международной комиссии МАРПОЛ ТЗ/ТБ?

§ 23.1. Общие сведения. Перегородочные, стандартные, открытые и многоцелевые суда

Универсальные и многоцелевые сухогрузные суда обладают наибольшую по численности грузоподъемность судов мирового транспортного флота; среди спортивных судов на них доля превышает до половины всего количества.

Степень универсальности сухогрузных судов зависит, прежде всего, от их прочностных характеристик и способности, а также от размеров и оборудования грузовых помещений. Наиболее универсальные суды могут перевозить практически любые грузы, в том числе рефрижераторные, специальные и даже ходовые (в пристосованных для этой цели грузовых помещениях). Однако такие суда – исключение, и большинство универсальных судов строят в рабочем на переноску не любых, а определенных категорий грузов.

В этом связи卮ание напоминать, что универсальные линейные суда предназначаются, в основном, для транспортировки вагонных генеральных грузов, унифицированных грузов в пакетах и контейнерах, а также – в зависимости от направления, на котором работает судно – специальными, жидкими и рефрижераторными грузами. Основное назначение универсальных грузовых судов – перевозка массовых грузов в лесу.

Далее большинства универсальных судов – от 500 до 15 тыс. т, у небольшого количества этих судов доходят до 20 тыс. т и более. В зависимости от размеров универсальные сухогрузные суда условно подразделяются на три группы: малые или малогрузовые – дедвейтом 1,5–2 тыс. т, грузовозные – дедвейтом 8–10 тыс. т и более, в среднем грузовые, занимающие промежуточное положение. Относительно крупные суда используются на океанских линиях большой протяженности, а малогрузовые – преимущественно для рейсов вдоль побережий.

Скорость судов зависит от размеров и назначения судна. Для грузовых судов дедвейтом более 5 тыс. т характеристика скорости хода 13–15 уз. Для судов меньших размеров – 11–12 уз, у современных линейных судов, как правило, не выше 10 уз, а у довольно многоцелевых групп судов круизного назначения быстрогходных лайнеров дедвейтом 10–14 тыс. т – 20–21 уз. Оцениваемые суда плавают с еще более высокими скоростями.

Соответственно различному характеру грузов различны и в ПОСК-затраты и удельный груз в местной части транспортных линейных судов: грузовые суда проектируют с $c_{\text{н}} = 1,45 + 1,65 \text{ м}^2/\text{т}$, лайнеры – с $c_{\text{н}} = 1,85 + 2,25 \text{ м}^2/\text{т}$ (в среднем ок. 2,0 $\text{м}^2/\text{т}$).

К отличительным чертам последнего этапа в развитии универсальных сухогрузных судов относятся постройка так называемых „дизаграфных“ судов, стандартных судов и судов открытого типа.

„Парообразными” называют суда, которые проектируют и строят с таким расчетом, чтобы при максимальном водоизмещении их валовая регистровая вместимость не превышала определенной величины (чаще всего 300, 500, 2000 регистр. т.), отговорной статьи (параграфы) международных или национальных правил и предписаний, регламентирующих численность экипажа, требования кavitационному оборудованию, условия страхования, различные обзоры и т. п. Превышение указанных в правилах и предписаниях значений регистровой вместимости судна приводит к склонению к росту эксплуатационных расходов, что стимулирует избежать, удерживая вместимость „парообразных” судов на предельном уровне.

Для замены устаревших стандартных судов, строившихся во времена второй мировой войны серийно по несколько сот единиц, и в первую очередь судов типа „Либерти” (адмиралтейский 10650 т, скорость хода 11,5 уз, построено 2500 единиц), в разных странах мира разработано несколько десятков проектов новых стандартных судов, в основе которых положены требования экономичности и универсальности.

Следует заметить, что вспомогательные рубежи смены называются „ход для имиджа „Либерти”, или „ход для серии „Либерти”, пока условно можно назвать стандартными, так как суда постепенно модифицируются, а специализация не выделяется, как правило, в пределах отечественной фирмы или завода. Основные из судовых назначений в том, что строятся они по проектам, заранее разработанным гуро-строительными фирмами, а не индивидуальными проектам, разработанным по требованиям заказчика. Таким образом, „сталинские” суда являются, по сутиству, судами серийной постройки.

Серийная постройка судов характерна для судостроения социалистических стран, при капиталистической системе хозяйства замены несутся, как правило, из единичных судов или из линии серии по несколько единиц. Однако однотипные выигрыши серийного производства побудили и народные судостроительные фирмы капиталистических государств изменять судостроительный подход и вернуться по-старому „сталинистике”, т. е. серийным судам.

Существенным шагом вперед по пути сокращения пространств в портах и уменьшения стоимости грузовых операций является создание судов открытого типа, или открытых судов. Если принять во внимание, что универсальные сухогрузные суда, перевозящие генеральные грузы, из-за большой доли непрородительного ручного труда, затрачиваемого на обработку этих грузов, во 50% времени простоят в портах, а расходы на грузовые операции составляют значительную долю эксплуатационных расходов, то станет понятным экономическое значение вложенных открытых судов, т. е. судов, значительно лучше приспособленных к механизированной обработке перевозимого груза. Характерные особенности этих судов рассмотрены в следующих параграфах этой главы.

В заключение следует остановиться на том, что в развитии транспортного судоходства и судостроения существуют две противоположные тенденции, направленные на специализацию и универсализацию морских грузовых судов.

Более ранней является тенденция к специализации судов, развернувшаяся на рубеже 50–60-х гг., когда специализированные суда стали постепенно вытеснять универсальные грузовые суда, безраздельно господствовавшие в транспортных флотах всех государств. Незначительное количество специализированных судов того времени представляли лишь рефрижераторные суда, пассажирсы и рулевые. К комбинированным судам относились малочисленные нефкерувозы. Процесс специализации начался прежде всего судов для перевозки массовых грузов и несколько позже — судов для перевозки пакетных и тарно-щупучих грузов. Новые типы специализированных судов продолжают появляться и в настоящее время.

Однако в связи с кризисными изменениями в судоходстве капиталистических стран, обострившимися в середине 70-х гг., более явно проявлялись такие недостатки специализированных судов, как узость их транспортных возможностей и значительные для бытальных потребов. В этих условиях судостроители и судовладельцы вновь обращаются к универсальным судам и судам комбинированных типов. Так появляются второе поколение универсальных и комбинированных судов, лучше приспособленных для перевозки и размещения грузов, выделившиеся в отдельную группу многоцелевые сухогрузные суда, сочетающие характерные черты и конструктивные особенности как специализированных, так и универсальных судов.

Многоцелевые суда, сохранив классическую универсальность, т. е. способность перевозить разнообразные гидрато-инертные и мелко-щупучие генеральные грузы, приобрели и некоторую специализацию. Специализация выражается в том, что все они приспособлены для перевозки стандартных контейнеров, но части из них грузовые трюмы и тандемы оборудуются для перевозки грузовых и легковых автомобилей и другой самоходной техники, некоторые суда приспособлены для перевозки особо тяжеловесных и крупногабаритных грузов и т. д. Из сказанного следует, что многоцелевые суда занимают промежуточное положение между судами универсальными и специализированными, приближаясь в каждом конкретном случае к тем или другим судам.

Поэтому многоцелевые сухогрузные суда являются дальнейшим развитием универсальных судов и не имеют от последних принципиальных отличий, в дальнейшем те и другие будут имеющимися универсальными сухогрузными судами или сухогрузными судами общего назначения, за исключением случаев, когда будет необходимо подчеркнуть их различие.

6.23.2. Состав и размеры грузовых помещений

К грузовым помещениям на универсальных сухогрузных судах относят грузовые трюмы, тандемы и цистерны, выполняющие обычно в виде глубоких щеки-цистерн. В пустые цистерны при переходах судов без груза может быть принят жидкий балласт.

Уже на начальных этапах проектирования транспортного судна возникает комплекс вопросов, связанных с назначением размеров, расположением и обрудованием его грузовых помещений. В данном параграфе рассмотрены грузовые помещения сухогрузных судов универсального назначения, перевозящих как генеральные, так и массовые грузы, но с учетом специфики транспортного и плавильного плавания.

Размеры грузовых трюмов и танкодеков.

Основные положения, которыми руководствуются при разделении суммарного объема грузовых помещений проектируемого судна по длине к залоге на отдельные трюмы и танкодеки, сводятся к следующему.

Подразделение грузовых помещений по длине осуществляется с таким расчетом, чтобы обеспечить конструктивные условия для перевозки грузов и проведения грузовых операций при соблюдении требований прочности и непотопляемости проектируемого судна.

При перевозке массовых грузов длина отдельного трюма значения не имеет. Однако для ускорения грузовых операций, особенно при разгрузке, желательно иметь минимальное количество поперечных переборок — для сокращения суммарной протяженности зоны зачистных работ, образуемой бортами и поперечными переборками. Иными словами, целесообразны длинные трюмы.

При перевозке разнообразных генеральных грузов судно, как правило, загружает несколькими, зачастую многочисленными, партиями различного груза, адресованного к тому же в различных портах и различным грузополучателям. Во избежание потерь от возможного взаимного воздействия некоторых сортов груза на пруты и симбык при выгрузке однородных грузов, входящих в различные партии, желательно иметь за судном количество изолированных грузовых помещений. Удобно это и при упаковке грузов в трюмы, когда переборки, ширею с бортами, являются надежной опорой для избыточного груза, а также при выгрузке отдельных партий грузов в различных портах.

Таким образом, в данном случае целесообразны короткие трюмы. Однако они не должны быть и чрезмерно короткими, ибо это затрудняет работу береговых кранов при разгрузке и погрузке (в настоящее время такой способ грузовых операций является преобладающим), поскольку не удается поставить достаточное количество кранов для обработки всех трюмов одновременно. При ориентации исключительно на судовые стропы укорочение трюмов (при числе судовых якорей равном числу трюмов) способствует ускорению обработки судна в портах, так как при большом количестве трюмов на судне может работать одновременно и большее количество бригад*.

* Увеличение количества строп, а также бригад, одновременно работающих на судне, может быть достигнуто и при длинных трюмах, в случае установки двух якорей на трюм. Однако, как показали практика грузовых работ, пропорциональность груза фронт, работающих совместно в одном трюме, оказывается вследствие значительных помех равной неудобной, а также примерно полуторной (или несколько больше) производительности одной бригады.

Длинномерные грузы, являющиеся застежку и тикловесными, требуют трюмы соответствующих размеров.

Для укладки круглого и тикового леса удобны трюмы, кратные длине перевозимых лесоматериалов.

Из сказанного следует вывод, о том, что не существует какой-то однозначной зависимости длины трюмов для всех видов грузов. Поэтому при проектировании судов универсального назначения идут на компромисс, выбирая такую длину трюмов, которая соответствовала бы грузам, наиболее вероятным для данного судна, или устраивая на одном и том же судне трюмы различной длины.

При выборе длины трюмов, а следовательно, и количества поперечных концентрических переборок, учитывают и то обстоятельство, что сокращение количества переборок уменьшает массу корпуса судна и снижает затраты на его постройку. Минимальное количество поперечных переборок, необходимое с точки зрения прочности судна, регламентируется всеми классификационными обществами, в том числе и Регистром СССР.

Согласно Правилам [31] количество переборок зависит от длины судна и назначения МО. Предельная длина трюма ограничивается 30 м.

Количество переборок, достаточное для обеспечения прочности, оказывается, однако, не всегда достаточным для обеспечения непотопляемости судна при затоплении хотя бы одного отсека. Поэтому у некоторых судов с минимальным наружным бортом, к которым предъявляются дополнительные требования в отношении непотопляемости, количество переборок должно быть увеличено (чтобы ограничить проникание массы корпуса, подобных случаев обычно вытекают из-за некорректного монтажа надводного борта).

Анализ современной практики мирового судостроения показал, что на грузовых судах устанавливают обычно трюмы максимальной длины, допустимой по правилам классификационных обществ. Это соответствует стереотипу массовых грузов, в основном перевозимых на походных судах, расширяет транспортные возможности трюмов по перевозке и других грузов, и особенностям длинномерных, и улучшает строительную стойкость таких судов.

Применение трюмов не линейных судов также близко к максимальной, но дополнительная поперечная переборка у них встречается значительно чаще, чем у трюмов. Это объясняется особенностями грузов, перевозимых на линейках, и большей заботой о сохранности судна и груза при возможной аварии.

После определения общего количества переборок возникает вопрос об их расположении по длине судна или, что же самое, о пропорциональности каждого трюма в отдельности. При этом принимается во внимание то обстоятельство, что от расположения поперечных переборок зависят объемы грузовых отсеков (т. е. суммарный объем трюмов в вынужденных грузовиках или танкодеках), а соотношение этих объемов влияет на длительность погрузочно-разгрузочных работ.

Действительно, при равной производительности кранов, поставленных на каждый отsek, судно простоит под погрузкой или разгрузкой столько времени, сколько понадобится для обработки наибольшего по объему отсека. Чем равномернее распределение грузового пространства судна между отсеками отсеками, тем, в общем случае, лучше судно. Однако в полной мере это утверждение справедливо, если все грузовые отсеки одинаково удобны для прохождения грузовых операций, а перерабатываемый груз однороден. В наибольшей мере выполняются эти условия при перевозке массовых грузов на судах с МО в корме. Но даже и в этом случае первый постовой трамп обычно менее удобен для грузообработки, чем остальные. При переработке генеральных грузов на судах с машиной посередине условия работы могут оказаться совершенно различными в каждом отсеке как из-за конструктивных особенностей (конфигурации трапом и трапницок, наличие или отсутствие туннелей гребного вала, пандусов и других затруднений работе конвейерной, роликовой и постовой грузовых линий и пр.), так и из-за разнообразия грузов.

В силу перечисленных обстоятельств нет необходимости добавлять абсолютную неизобъемность всех грузовых отсеков, особенно на линейных судах, а необходимо так распределить кубатуру грузовых помещений, чтобы обеспечить наибольшую оправданность одновременного окончания грузовых работ по всему судну в целом. По этой причине объем концевых грузовых отсеков у судов с МО последние уменьшают на 40–50% по сравнению с остальными, а у судов с МО в корме помимо аналогичного уменьшения объема первого (постового) отсека уменьшают на 5–15% и вместимость отсека, примыкающего к МО, высокодороговатой обработке которого поддается коррекция надстройки и рубки на корме.

Такое распределение кубатуры грузовых помещений является близким к оптимальному с точки зрения грузовых операций, и то же время оно удобно для удифференциации судов и выгодно в отношении автолопастности, поскольку предотвращается возможность появления значительных аварийных дифферентов.

Эти расширения транспортных возможностей линейных судов, перевозящих, наряду с обычными, особо опасные и крупногабаритные грузы, такие как цирконий, просел, магнитоизделия и др., один грузовой отсек, расположенный в средней части корпуса судна, делают, как правило, лишнее другим. Такой удлиненный трамп, называемый, иногда "длинным трампом", распологают обычно в средней части судна, что удобно для укладки грузов (конфигурация трампа приближается к "лучевой"), размещения соответствующих грузовых устройств и предпочтительно с точки зрения автолопастности.

При подразделении грузовых помещений по высоте исходит в основном из физических свойств грузов, предполагаемых к перевозке на проектируемом судне. Наибольшее значение имеет способность груза выдерживать давление выталкивающих слоев. Второе обстоятельство, привлекаемое во внимание, — способы и средства погрузки, укладывающей и выгрузки грузов.

Почти все массовые грузы, перевозимые на судах навалом, не боятся больших дистанций и не теряют своих качеств при укладке в штабели, сопоставимые с высотой борта даже наиболее крупных судов. Следовательно, нет необходимости в целях обеспечения сохранности этих грузов делать грузовые отсеки по высоте. Для работы грейферов и машин изнутри транспортной механизации, применяемых при погрузке массовых грузов, удобнее грузовые отсеки без промежуточных палуб в платформах. Таким образом, для перевозки массовых грузов наиболее подходит однопалубные суда.

К аналогичному выводу приводят и рассмотрение специфики лесных грузов (как круглого лога, так и пиломатериалов).

Массовые грузы в большинстве своем не могут воспринимать значительные усилия. Практикой установлено, что предельно допустимая высота штабеля таких грузов не превышает 3–6 м. Эта величина и ограничивает глубину трампа. При большой глубине трампа, постигающей у ряда судов 8–10 м, устраивается при необходимости перекинутые промежуточные платформы (так называемые разделочные платформы). Необходимо учитывать и приемлемую высоту погрузки груза автогрузчиками, а также и то обстоятельство, что для сепарации различных по свойствам грузов и разных партий однородных грузов желательно возможное большое количество палуб и платформ. С другой стороны, высота междупалубного пространства должна быть достаточной для установки контейнеров, которые часто перевозят на универсальных судах, и для возможности применения погрузчиков различных типов. Для удовлетворения этих требований необходимо, чтобы высота междупалубного пространства была не менее 3,0–3,2 м.

Если на судне предполагается перевозить и пакетированный груз, то вместо трапница (в разных образцах и глубина грузового трампа) должна быть крановая высота наиболее легковесных пакетов.

Учитывая перечисленные выше факторы, в таких характеристиках перевозимого груза показывают, что большинство судоходных судов умеренно-изначальной классификации способны грузам, однако на линейных судах часто устраивают на одну палубу больше, чем на разных им по размерам грузах.

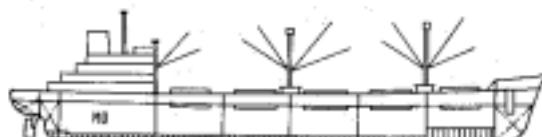


Рис. 23.1. Двухпалубный пакетированный трамп длиной 10960 т. Грузовые трампы к трапницам — 10 шт, $N = 17100 \text{ м}^2$; грузовые стеньги — 10 шт \times 3 т

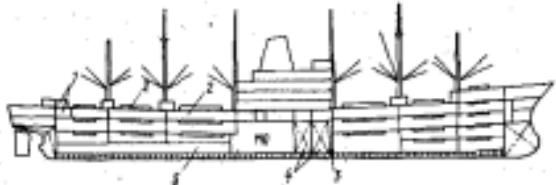


Рис. 23.2. Трехдековый контейнерный лайнередаимом 10 700 т

1 – помещения для овощных грузов; 2 – грузовые рефрижераторные танкеры; 3 – коефардамы; 4 – грузовые цистерны; 5 – палуба гребного вала. Грузовые танкеры и танкеры – 11 шт., $W = 16.66 \text{ м}^2$; грузовые рефрижераторные помещения – 6 шт., $W = 11.40 \text{ м}^2$; грузовые цистерны – 6 шт., $W = 154.60 \text{ м}^2$; специальные грузовые помещения – 6 шт., $W = 38.8 \text{ м}^2$; грузовые склады 10 шт. \times 16 т; танкетированные склады – 1 склад

Действительно, современные танкеры имеют большую частью трюм и танкеры (рис. 23.1), а грузовые лайнеры – трюм и два танкера, по крайней мере в косвенном построении судна, где сидячий объем больше, чем в корме, а туннель гребного вала отсутствует. При трех непрерывных палубах и платформе число палубных пакетов у грузовых лайнеров доходит до трех, а если грузовые помещения расположены еще и в баке, то в итоге получается пятипакетная конструкция – трюм и четыре танкера (рис. 23.2).

На линейных судах помимо обычных грузовых трюмов и танкеров устраивают, как правило, так называемые специальные грузовые помещения. К ним относятся рефрижераторные помещения и диптанки, а также помещения для особо лесных или опасных грузов.

Рефрижераторные помещения предназначаются для перевозки небольших партий скоропортящихся грузов. Размеры подобных помещений сравнительно невелики – обычно одна или два танкера, иногда также и трюм, но в пределах одного грузового отсека. На некоторых судах рефрижераторные помещения замывают змевы части одного танкера.

Для одновременной перевозки различных солидных грузов, требующих и различных температурных режимов, рефрижераторные помещения делят, большей частью, на ряд отдельных камер. Суммарный объем рефрижераторных камер составляет обычно 2–5% общей грузоподъемности.

Холодильные установки рефрижераторных помещений устанавливают обычно на палубе или платформе над МО, поэтому в большинстве случаев рефрижераторные помещения примыкают к переборкам МО.

Грузовые диптанки не имеют грузовых люков и оборудуются лишь необходимой грузовой системой. Грузовая насыпь располагает большей частью в МО, но на ряде судов имеются и автономные насосные установки, предназначенные для обтукивания диптанков, упавших от МО.

Объем грузовых диптанков на различных судах колеблется в довольно широких пределах, однако наиболее характерными являются следующие цифры: 4–6% суммарной кубатуры грузовых помещений на судах с машиной посередине и до 7–9% на судах с машиной в корме.

Небольшие изолированные помещения для личистии особо ценных, опасных и других небольших грузов, имеющих обычно, как помещения для специального груза, или специальные склады. Они состоят большей частью из одиночных помещений объемом по 100–200 m^3 каждое. Располагают специальные помещения обычно в верхних палубах; иногда для этой цели используют и надстройки бака и котла.

§ 23.3. Грузовые люки и грузовые устройства

Чтобы на различных этапах проектирования судна необходи́мо определить размеры и расположение грузовых люков и выбрать тип их закрытия.

Решая эти вопросы, проектировщик сталкивается с такими прочностными требованиями, как обеспечение безопасности (т. е. прочности и герметичности корпуса) и нормальной эксплуатации судна (т. е. необходимости выполнения в корпусе отверстий для люков, схода, эшафта и пр.).

Размеры люков. Каждый вид грузового люка в нормальной палубе судна уменьшает прочность, жесткость и герметичность корпуса, что должно быть компенсировано специальными мерами конструктивного характера. Кроме того, люки ослабляют устойчивость палубных грузов и перевозку на открытой палубе сырьевой техники, в настиче у них закрытий приводят к загромождению палубы и затрудняют работу грузовых устройств при открытых люках. С увеличением размеров люков эти недостатки усилививаются. Кроме того, увеличивается и стоимость судна.

С другой стороны, грузовые работы на судне проводятся тем быстрее, удобнее и дешевле, чем больше грузовых люков, т. е. чем больше раскрытия палубы над грузовыми помещениями. Поэтому с этой точки зрения было бы судно типа речной баржи – совершаю без палубы над грузовыми помещениями, иначе говоря, полностью открытым сверху.

Практически возможно и иное решение вопросов устроения грузовых отверстий – горизонтальное перемещение грузов из трюма судна (и в трюмы) с помощью автомобилей. В этом случае верхняя палуба может быть выполнена вообще без грузовых люков, которые заменяются грузовыми пандусами и воротами. Однако суда с горизонтальной погрузкой эффективны при перевозках легких упакованных универсализированных грузов, т. е. являются специализированными (см. гл. 25).

Очевидно, что груз, расположенный непосредственно под вырезами люков (на просветах люков), может обрабатываться грузовыми средствами порта или самого судна без дополнительного горизонтального перемещения в трюм или танкере. В то же время часть груза, находящаяся под палубами судов, при погрузке должна быть перемещена от просветов

локов к бортам и переборкам, а при выгрузке – в обратном направлении. Протяженность подпалубных участков, называемая гарфажной подпалубной карманной, а следовательно, и путь перемещения грузов, достигает на крупных судах 6–8 м, а иногда и более.

Вокное дополнительное перемещение груза вызывает увеличение длительности и стоимости загрузочно-разгрузочных работ, рост стояночного времени и соответственно сокращение ходового времени судов за навигационный период. В результате уменьшается провозоспособность и экономическая эффективность судов.

Естественно поэтому стремление проектантов к сокращению относительного количества подпалубного груза, т. е. к повышению „вертикальной проницаемости“ новых судов путем большого раскрытия палубы и уменьшения прослойки подпалубных карманов. Добиться этого можно по увеличению либо количества люков, либо их размеров, причем оба способа имеют свои достоинства и недостатки.

При малых же размерах люков пострадают, прежде всего, универсальность судна, поскольку крупногабаритные грузы они смогут брать только на палубу, а операции с навалочными грузами в длинномерном крупным лесом будут затруднены, так как размеры грейферов и „подъемов“ для созеркаемых с размерами люков. Кроме того, вследствие увеличения периметра люков увеличивается и зона замедленной работы кранов и стрел, что понижает производительность. Более крупные люки позволяют устранить эти недостатки, но по мере роста их размеров все труднее обеспечивать надлежащую прочность и герметичность закрытий, усложняется работа с лифтовыми крышкиами.

Практика современного судостроения показывает, что при создании открытых судов (§ 23.4) используется оба способа повышения „вертикальной проницаемости“.

Результаты исследований и наблюдений за проведением грузовых операций на различных судах позволяют сформулировать следующие выводы:

1) для сокращения времени грузовых работ необходимо стремиться к уменьшению размеров подпалубных пространств, но не обязательно исключать из них полностью;

2) при постепенной усадке маковых, кивовых и подобных им мешковидных грузов в трюмах судов наличие подпалубных пространств производительности до 3,5–4,0 м приводит к незначительному увеличению времени на грузовые работы (по сравнению со временем при работе на полностью открытых судах), которое не превышает 10%;

3) если составляющие „подъемы“ слишком тяжелы для перемещения и укладки вручную, то время на грузовые операции начинает резко возрастать уже при протяженности подпалубных пространств более полутора метров;

4) при перевозке навалочных грузов суда с подпалубными пространствами, не превышающими в среднем 2,0–2,5 м, практически эквивалентны полностю открытым судам, так как могут быть обработаны

непосредственно грейферными кранами без применения средств внутренней механизации.

Существенным обстоятельством, определяющим размеры грузовых люков в последние годы, является требование кратности люков размерам стандартных контейнеров.

Закрытие грузовых люков. При выборе типа закрытий учитывают не только обязательные требования, предъявляемые к их прочности, а в первую очередь и к износостойкости, которые должны быть безусловно выполнены, но и целый ряд других, не столь обязательных. Эксплуатационные требования формулируются следующим образом: закрытия должны быть просты, легкими, долговечными, удобны для проведения грузовых работ при открытых и укладки груза при закрытых люках. Время, затрачиваемое на открывание и закрывание люков, должно быть минимальным. Существенна и стоимость закрытий.

Две люковые из открытых типов наиболее полно удовлетворяют перечисленные выше условиям закрытия с откатными крышками, передвижущими к залежечным концам люков, а для люков в гондолах – закрытия с двух- и многосекционными откатными крышками, открывающимися по направлению к бортам и переборкам.

Выбор типа грузового устройства. Целительность грузовых операций на судах в немногой степени зависит от производительности грузового устройства. Поэтому определение типа грузового устройства и размещение его занятий на судне должно уделять первое внимание уже на начальных этапах проектирования. Естественно, что характеристики назначенного грузового устройства должны быть согласованы с размерами и назначением проектируемого судна, а также с особенностями его общего расположения.

Основными типами судовых грузовых устройств в настоящее время являются грузовые стрелы с пеледами и грузовые краны. Установка какого-либо другого грузового оборудования является исключением. Таким образом, выбор типа грузового устройства сводится в большинстве случаев к выбору между грузовыми стрелами и кранами. И те и другие обладают определенными достоинствами и недостатками.

Устройства с грузовыми стрелами просты и надежны в эксплуатации, они дешевые и требуют меньше ухода, чем краны. Стрелы менее чувствительны к перегрузкам и могут работать при больших углах крена. Кроме того, повышенная грузоподъемности и увеличение вылета у стрел достигается проще, чем у кранов.

Основными преимуществами грузовых кранов являются меньшие затраты времени на приведение их из исходного положения в рабочее (и наоборот) при начале (окончании) грузовых работ и повышенная производительность (количеством грузовых циклов в единицу времени), т. е. большая производительность при равной грузоподъемности со стрелами. Краны значительно минимизируют стрелы. Они могут брать груз из любой точки на плоскости, ограниченной минимальными и максимальными радиусами вылета гака, в отличии от стрел, которые без перестановки mustут брать

груз лишь в одной определенной точке (на каждой переставку стрел затрачиваются до золотухи). Краны не нужны грузовые молты и колонны, что облегчает обработку судна береговыми грузовыми средствами и улучшает обзор из ходовых рубок. К тому же, они занимают меньше места на палубе, чем грузовые стрелы с молтами и лебедками.

Из сказанного следует, что грузовые стрелы и пиджины подходит для прямых судов, поскольку основную роль здесь играет стоимость грузового устройства, его простота и надежность, а быстрая подготовка к действию и производительность менее существенны. Немаловажно и то, что массивные грузы, являющиеся основным для трампсов, перерабатываются, как правило, не судовыми, а специализированными береговыми погрузочными средствами, поэтому собственные грузовые устройства на прямых судах используются сравнительно редко. Для линейных судов, плавающих по определенному графику и посещающих в течение рейса несколько промежуточных портов, стоимость и сложность грузового устройства отходят на второй план, так как в этом случае наиболее быстрая грузовая операция. Кроме того, перевозочные работы с разногабаритными генеральными грузами, наиболее характерными для грузовых лайнеров, механизированы меньшей степенью, чем работы с массивными грузами, и собственные грузовые устройства используются значительно чаще. По этим причинам грузовые краны появлялись вначале на линейных судах.

Чтобы не сужать транспортные возможности линейных судов и в то же время сократить стоянки в портах, на этих судах устанавливают комбинированные грузовые устройства, состоящие из стрел и кранов. Если же все паки обрабатываются кранами, грузоподъемность которых выбирается в диапазоне от 25 до 40 т, то обычно для тяжеловесных грузов оставляют однотипные стрелы повышенной грузоподъемности.

Грузоподъемность каждой отдельной стрелы также зависит от типа судна. На трампах лебедкиных размеров, питомием до 3–5 тыс. т, ставят обычные 3-тонные стрелы, на более крутих 5- и 10-тонные. Тяжеловесные стрелы на трампах устанавливают редко; грузоподъемность их большей частью 20–30 т.

На грузовых лайнерах община комбинированием 5- и 10-тонных стрел, разногабаритных так, чтобы на все паки, кроме концевых, приходилось 10-тонные стрелы. Грузоподъемность тяжеловесных стрел на линейных судах колеблется в больших пределах. Чаще всего это стрелы на 30–40 т, но попутно распространение и стрелы тяжеловесы на 60, 80 и более тонн.

Количество стрел, об обслуживающих один грузовой пак, для судов каждого типа довольно стабильно: обычно это две стрелы на трампах и четыре на лайнерах, за исключением концевых грузовых паков, где всегда устанавливаются всего две стрелы. На лайнерах с тринадцатью паками чаще всего применяют одни тяжеловесы, при большем количестве паков — два.

*Некоторые суда устанавливают спаренные краны грузоподъемностью 2x12 т.

При выборе количества кранов, обслуживавших каждый грузовой пак, руководствуются теми же соображениями, что и при выборе стрел, при этом учитывается, что каждый кран заменяет пару неких стрел при их совместной работе. Поэтому устанавливают обычно один или два крана на пак.

§ 23.4. Суда открытого типа

Коротко об этих судах уже упоминалось в третьих параграфах. Под открытым подразумевается судно, в котором все дразные операции могут быть осуществлены береговыми кранами (или грузовыми средствами судна) без применения автогирокранов, якоря или ручного труда для горизонтального перемещения груза по паку. Иными словами, размеры паков должны быть таковы, чтобы можно было уложить груз или вытащить его из любой точки пака крестообразно краем, не прибегая к подъёму, перевозке или подтаскиванию. Выполнение этого условия обеспечивает минимальное время стоянки судна под грузовыми операциями в портах (разд. 1 и "открывает" суда).

Указанные условия являются основным при проектировании открытого судна. Для его выполнения у универсального грузовозного судна, перевозящего разногабаритные штучные, пакетированные, тяжеловесные лесные и завалочные грузы, величина поддакнувших краинок I_k должна быть не более 1,0–1,5 м как у бортов, так и у переборок. Иными словами, условие $I_k \leq (1,0+1,5)$ и может рассматриваться как обобщенный критерий "открытости" судов этого типа.

Основные схемы расположения паков на "открытых" судах показаны на рис. 23.3, а соответствующие потеречные сечения — на рис. 23.4.

С точки зрения быстроты и удобства проверки грузовых операций предпочтение следует отдать схеме с универсальными центральными паками, однако применять ее можно лишь на небольших и среднегабаритных судах питомием до 7–8 тыс. т, шириной не более 16–18 м, у которых ширина паков равна 12–14 м. Дальнейшее увеличение ширины грузовых паков приводит к стремительному росту массы металлических ложковых закрытий.

Помимо увеличения массы закрытий с шириной грузового пака возрастает и взаимное омешивание ложковых краинок и комингсов. При ходе судна за волнистым, а это усложняет обеспечение герметичности паков. Кроме того, чем шире паки, тем относительно меньшая часть верхней палубы будет участвовать в обеспечении общей прочности судна и, следовательно, тем выше пределы ее погибели.

Устройство двух рядов продольно расположенных ложков (парных ложков) позволяет значительно уменьшить их размеры на крупных открытых судах. Кроме того, при схеме с парными ложками упрощают и решают конструктивные вопросы, поскольку в общей прочности судна помимо бортовых участвуют таексы и средний пояс палубы, расположенный между рядами ложков.

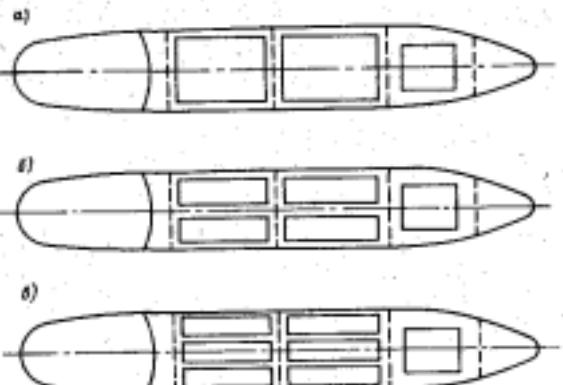


Рис. 23. Расположение палок на верхней палубе открытых судов: а - палки центральных палок; б - палки поперечные (поперечное расположение палок по ширине судна); в - тройные палки (перекрестное расположение палок во ширине судна)

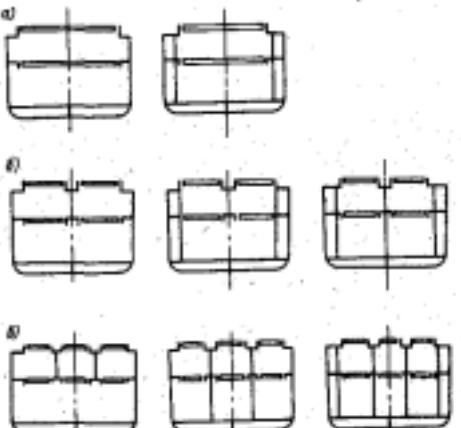


Рис. 23.4. Схематические поперечные сечения двухднульных открытых судов: а - с центральными палками; б - с поперечными палками; в - с тройными палками.

На очень широких судах может быть использовано даже трехкратное расположение палок (тройные палки). Однако при этом еще более усугубляется недостаток, присущий открытому судну с матовыми палками: увеличивается зона понижения производительности краин и стрел, соответствующая увеличенному периметру палок. Для того чтобы было удобно работать с лесными и пакеточными грузами, ширина палок должна быть не менее 6 м (при работе только со штучными грузами и пакетами ширина палок может быть уменьшена до 4 м). Если при этом принять пропорциональность карманов равной 1,5 м, то минимальная ширина судна с парными палками окажется 17–18 м, а с тройными палками – около 25–27 м. Относительная ширина палок верхней палубы у этих судов составляет 30% вместо 10–15% у открытого судна с широкими центральными палками.

Особенности открытых судов не ограничиваются обычно конфигурацией и размерами их палок, а оказывают влияние также на конструкцию корпуса и его обводов.

Основным конструктивным особенностям этих судов служит отсутствие обмыка оборудуемых на них бортовых щитерн (двойные борта) и продольную переборку или переборки в грузовых помещениях – на судах с парными или тройными палками (см. рис. 23.4).

Применение бортовых щитерн позволяет улучшить форму грузовых помещений (т. е. приблизить ее к форме прямоугольного параллелепипеда путем устранения пиксельности бортовых обводов и неудобств для упаковки груза объемом в районах бимсовых и скользуих книц) и изъять из них бортовой набор. Благодаря этому упрощаются и сокращаются во времени производство грузовых операций и повышается коэффициент использования объема грузовых помещений, особенно при перевозке пакетированного груза. Бортовые щитерны используют (аналогично днищам) для жидкого груза, топлива или балласта, что значительно улучшает условия балластировки и удифференциации судна при различных вариантах нагрузки. Естественно, что у судов с двойными бортами отпадает необходимость в специальных днищах и в толстино-балластных щитернах. Кроме того, двойные борта упрощают заливку полубаков в районе грузовых палок и уменьшают их пролет, а следовательно и профиль, повышают прочность и жесткость корпуса судна. У судов с двойными бортами легче получить подводимые карманы минимальных размеров. Автоматически решается и проблема обеспечения прохода по палубе между продольными компонентами палок и фальшбортом (в соответствии с требованиями техники безопасности циркуляция экипажа должна быть не менее 0,9 м) при незначительных размерах подводимых карманов у бортов судна или даже при их полном отсутствии.

Но применение двойных бортов связано и с отрицательными моментами, такими как известная потеря кубатуры грузовых помещений, утяжеление, в ряде случаев, корпуса судна в условиях его эксплуатации. В зимнее время может понадобиться обогрев бортовых балластных

актери, а самое с чем необходимо предусмотреть соответствующую судовую систему, а чтобы антресоры были доступны для съемки и ухода, ширина их должна быть не менее 1000–1200 мм. И наконец, во избежание несимметричного затопления судна шириной противоположных бортов приходится соединять перегородками каналами.

Продольную переборку на судах с парными листами или дас переборки на судах с тройными листами усиливает прежде всего из соображений прочности. Если переборка идет по всей глубине трима и твинклов, то она разрушает давление перекрытия, служит опорами для погребков палуб в районе между рядами листов и прикрепляет к более полному участку и общему изгибу средние погребки палубы судна.

К недостаткам продольных переборок следует отнести некоторое изменение конструкции корпуса судна и увеличение его массы. Для устранения избыточного крена и для сообщения между симметричными грузовыми отсеками в продольных переборках устраивают большие открытия варезы, достаточные для прохода автономных.

Изменения обводов открытых судов выражаются в придании борту розетки в его киевской части, что позволяет несколько уширить верхнюю палубу, не изменения ширину судна по затоплению, т. е. при тех же самых отношениях L/B и B/T . Уширение верхней палубы эквивалентно в тех случаях, когда центральные листы оказываются трехмерно большими, а парные – сплошными узкими. Частичный разрез борта позволяет увеличить ширину парных листов и обеспечить при этом проход якоря бorta по палубе.

Необходимо отметить, что для создания открытого судна недостаточно только увеличить размеры грузовых листов. По конструктивным соображениям у судов с широкими вырезами в настиле верхней палубы цитообразно обеспечить участие продольных компонентов листов верхней палубы в общем изгибе судна, что требует соединения их между собой в единую балку по всей длине судна, в это пространство сплюснув на судах с машиной в корме. В районе грузовых помещений "открытого" судна невозможно устройство рубки или надстройки, так как это сопряжено с повышением звенников кормовых упорных компонентов листов. Следовательно, и ходовая рубка должна размещаться в корме.

Определенные затруднения возникают с расположением грузовых устройств, поскольку промежутки между подгружаемыми компонентами листов, используемыми обычно под поперечные рубки, необходимы для размещения листовых краинок. Решают этот вопрос путем установки на открытые судно палубных кранов, а не общепринятых магнитных стреловых. В последние годы получила распространение практика размещения краинок по одному из бортов. Однако это влечет за собой необходимость оборудования судна специальными противокреплениями системами.

Таким образом, создание открытого судна сопряжено с выполнением определенных требований, предъявляемых к общему расположению и конструкции судна и танку судовых грузовых устройств.

Несомненна на то, что с увеличением площади палубовых закрытий увеличивается стоимость судов, суда открытого типа находят все более широкое применение и количество их с каждым годом растет.

Наряду с созданием "открытых" судов не вызывает никакого сомнения целесообразность максимального возможного раскрытия палуб (в пределах, не требующих решения сложных конструктивных, производственных и эксплуатационных проблем) на всех судоходных судах.

Контрольные вопросы

- Что представляет собой паратранспорт, спартарии, открытые и многослойные струйчатые суда?
- Чем руководствуются конструкторы при выборе размеров грузовых трапов и твинклов?
- На каких принципах основывается выбор размеров грузовых листов, танка и закрытий в судовых погребков устройства?
- Какие архитектурно-конструктивные особенности характерны для судов открытого типа?

Глава 24. СУДА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ МАССОВЫХ ГРУЗОВ

§ 24.1. Общие сведения

Под термином "массовые грузы" подразумеваются сыпучие и наливочные грузы, перевозимые на судах без тары. Основными массовыми грузами являются руды и их концентраты, каменный уголь, зерно, химические удобрения и бокситы. В последние годы все чаще перевозят без тары также сахар и цемент.

Расширение номенклатуры грузов, перевозимых наливом, значительно увеличение их количества и улучшение маркировок перевозок привело к изменению количества, танка и размеров судов, используемых для их перевозки.

До второй мировой войны массовые грузы перевозились, в основном, на судоходных судах общего назначения, и флот специализированных судов, состоявший из рудовозов и углевозов, был сравнительно невелик. В последние годы строительство рудовозов и других судов, специально приспособленных для транспортировки массовых грузов, начало кинетично расширяться.

Поскольку специализированные суда оказались экономически неспециализированных, главным образом вследствие меньшего времени, затраченного на погрузочно-разгрузочные работы в портах, их доля в перевозках массовых грузов киперально росла. Продолжает этот процесс и в настоящее время.

Развитие специализированных судов для перевозки массовых грузов (окраинно СМГ) идет по двум направлениям. С одной стороны,

утягивается специализация, что выражается в постройке судов, а наибольшей степени приспособленных для перевозки какого-либо одного конкретного груза. К подобным судам, помимо давно уже существующих, рулежков в углеродов, прибавляются бокситовики, цементовики и сахаровозы. Такие узкоспециализированные суда вполне оправдывают себя на направлениях с устойчивыми потоками определенных грузов, несмотря на то, что половину кругового рейса они, как правило, совершают в балласте. Однако, вследствие эмбаргоевых различий физических свойств массовых грузов, в первую очередь плотности, сущности иущейся агрегатной кубатуры (см. § 7.1), неоправданно является технически невозможным или экономически нецелесообразным использовать узкоспециализированные суда для транспортировки грузов, не отвечающих основному назначению судна. Так, запрещаются перевозить руду на судах, не имеющих специальных погрузчиков; в то же время, использование рудовозов для транспортировки сравнительно легких массовых грузов – угольных или зерновых – вероятностью, поскольку эти суда будут значительно недогружены из-за недостаточной ёмкости танкера.

Во-вторых, стремление к лучшему использованию конькобрушицы мирового рынка и ликвидации балластных пробегов привело и к противоположному направлению в развитии судов для перевозки массовых грузов – их универсализации – полной или частичной.

При частичной универсализации узкоспециализированное судно приспособливается (когда лишь в какой-то степени) для перевозки еще одного вида груза. Такие суда называются комбинированными. Каким именно будет второй груз, определяют, в основном, исходя из возможностей загрузки судна в обратном рейсе, во избежание балластных пробегов. В ряде случаев это может быть даже не пакеточный груз, а жидкий, лесной или ячменный. Так, из "чистых" рудовозов развились нефтегрузовозы и углерудовозы. Углероды превратились в суда для перевозки в одном направлении угли, а в обратном – автомобили.

Стремление к максимуму расширению транспортных возможностей судов, перевозящих массовые грузы, привело к созданию особого типа судов – так называемого универсального судна для перевозки массовых грузов (УСМГ)*. Это специализированные суда, поскольку они предназначены и приспособлены для перевозки лишь массовых грузов; и в то же время – универсальные, так как пристраиваются к расчету на перевозку любых (или почти любых) массовых грузов с примерно одинаковой эксплуатационно-экономической эффективностью. Разумеется, в рейсах с рудой показатели у них будут хуже, чем у рудовозов, а в рейсах с камиком – лучше, чем у углеродов и т. д., хотя суммарные показатели за круговой рейс или за навигацию могут оказаться таким же, или даже лучше, чем у узкоспециализированных судов за счет сокращения балластных пробегов.

* В зарубежной судостроительной литературе широко распространено сокращенное обозначение UBC – от английских слов Universal Bulk Carrier.

Последние годы наметилась явная тенденция к постройке и эксплуатации, в основном, универсальных и комбинированных судов для перевозки массовых грузов, речь ниже пойдет именно об этих судах.

По разным СМГ занимают примерно равное положение между неспециализированными сухогрузными судами и танкерами, что обусловлено, в основном, спецификой массовых грузов.

Хотя в отношении парктюнности, а также по уровню механизации и производительности погрузочно-разгрузочных работ эти грузы мало отличаются от наливных, между ними имеются и существенные различия. В частности, если грузовые операции с современными супертанкерами возможны не только у причалов, но и в рейдах (у специальных перегружачных буров), то спорадически с массовыми грузами осуществляются пока у причалов и ветках. Ограничение глубинами в портах является основным препятствием к увеличению размеров СМГ несмотря на то, что экономическая привлекательность более крупных судов очевидна.

Эксплуатационная скорость большинства современных судов для перевозки массовых грузов изменяется в довольно узких пределах, от 14 до 16 уз, хотя встречаются и суда, скорость хода которых значительно отличаются от характерных значений, особенно в меньшую сторону. Так, у некоторых небольших специализированных судов, в основном угло- и цементовозов, скорость хода не превышает 11,0–11,5 уз, в то же время ряд универсальных судов плавает со скоростями, близкими к 17 уз.

§ 24.2. Универсальные суда

Требования, предъявляемые к универсальным судам. Основные требования, предъявляемые к универсальным судам для перевозки массовых грузов (УСМГ), – наиболее общим виде формулируются так: эти суда должны быть наилучшим образом приспособлены для погрузки, перевозки и выгрузки любых массовых грузов (за исключением таких специфических, как, например, цемент), как в исходном транспортном виде, суда должны обладать хорошей мореходностью в балласте и, кроме того, быть дешевыми.

Очевидно, что на универсальные суда распространяются все детальные требования, предъявляемые к узкоспециализированным судам, в частности к рудовозам – возможность загрузки в разгрузки тоннами грейферами, без применения внутриваловых машин; обеспечение саморазгруживания перевозимого груза и перевозки его без установки временных предельных переборок (инфент-барьеров); возможность размещения водного балласта в количествах, достаточных для поддержания горизонтальности в балластных пробегах, за счет специальных требований, обуславливаемых различными свойствами тары, ссыпаемых на этих судах грузов, в первую очередь, их удельной погрузочной кубатурой. В качестве основных грузов, перевозимых на универсальных судах, принимают утлы, руду и зерно-

со следующими значениями удельной погрузочной кубатуры $\mu_{\text{ср}}$, используемой в проектных расчетах:

Груз	$\mu_{\text{ср}} \cdot \text{м}^3/\text{т}$
Тяжелая руда	0,35–0,45
Легкая руда	0,55–0,65
Каменный уголь	1,30–1,35
Тяжелое зерно	1,25–1,30
Легкое зерно	1,55–1,60

Из специфических требований, предъявляемых к универсальным судам, наиболее существенными являются следующие:

кубатура грузовых помещений цоколя должна быть достаточной для перевозки любых массовых грузов — от руды до легкого зерна — при осадке судна по грузовой марке;

коэффициент остойчивости при перевозке различных грузов должны быть минимальными.

Кроме того, универсальное судно будет тем эффективнее, чем в большей степени окажутся выполнеными некоторые дополнительные условия, согласно которым желательно, чтобы:

количество грузовых помещений было достаточно большим для перевозки зерна разных сортов или широкий для сведения к минимуму случаев, когда требуется мешкование или иные способы ограничения подвижности насыщенного зерна (всплытие неконтролируемой загрузки зернов);

при перевозке зерна не требовалась установка шнеков и цианфит-бортов;

для сокращения сроков и стоимости разгрузки судна объем работ по загрузке грузовых помещений был минимальным;

значения изгибающих моментов при любых вариантах загрузки не превышали величин, гарантирующих умеренную массу корабельных судов;

объем и расположение дна балластных щитов обеспечивали удовлетворительную посадку и остойчивость судна при ходе в балласте.

Выполнение всех перечисленных условий осложняется тем, что некоторые из них несовместимы или противоречивы и не могут быть осуществлены при проектировании судна в полную меру и без взаимного ущерба. Так, например, стремление к сокращению затратных операций приводит к созданию судов с минимальным числом грузовых помещений, что необходимо при перевозках зерна; развитие чисто балластных щитов неминуемо ведет к уменьшению кубатуры грузовых помещений и удельной грузоподъемности судна; конструктивные меры, примененные для улучшения остойчивости судна в приемлемых пределах при перевозке разнообразных грузов, утяжеляют корпус и усложняют конструкцию, т. е. снижают грузоподъемность судна и повышают его строительную стоимость.

Несмотря на существующие недостатки, широкое распространение в проектных расчетах получили универсальные суда для перевозки массовых грузов.

конструктивный тип изм., практическое выполнение которых возможно в ряде модификаций. Поскольку все универсальные суда в известной мере являются результатом компромиссных технических решений, хотя и осуществляются по-разному, каждому из них присущи определенные достоинства и недостатки, парализующие, кроме того, их модификации к модификации.

С концептуальной точки зрения все универсальные суда для перевозки массовых грузов могут быть разделены на три основных типа:

I — суда с подпалубными и склоновыми балластными щитами;

II — суда с дном из продольных переборками;

III — суда с частичными (короткими) глиайдексами.

Наиболее распространены получившие суда I типа, как наиболее простые, а следовательно, и дешевые, хотя и не лучше с других точек зрения. Характерные особенности этого судов сводятся к следующим.

УСМГ I типа представляет собой однопалубные суда с кормовым расположением МО. Высота двойного дна близка к высоте двойного дна универсальных сухогрузовых судов, подпалубные и бортовые щиты могут быть соединены двойными бортами (рис. 24.1).

Суда этого типа хороши приспособлены для транспортировки угля и зерна, но мало пригодны для перевозки руды. Руда, равномерно погруженная во все грузовые трюмы, занимает лишь их нижнюю часть, вследствие чего ИЦ перевозимого груза в целом судна в своем максимальном расположении чрезвычайно низко. В результате остойчивость судна возрастает до недопустимых значений, а период качки уменьшается иногда до 5–6 с. При этом бортовая катка оказывается настолько перегруженной, что условия обитаемости для членов экипажа становятся совершенно невыносимыми.

Таким образом, из-за неподходящей остойчивости в рядах универсальных судов подобные суда не могут быть отнесены к действительно универсальным, хотя и используются для перевозки различных грузов.

Для улучшения остойчивости судов I типа применяют так называемую прорезиненную загрузку трюмов. Это означает, что пижевыми рулонами

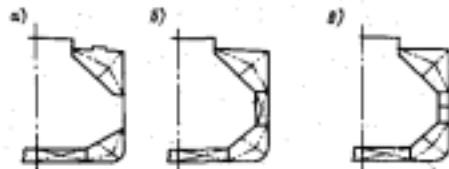


Рис. 24.1. Поперечные сечения УСМГ I типа: а — основная модификация; б — с двойными бортами; в — с двойными бортами и продольными коридорами в междуфюзеляжном пространстве.

грузами заполняют не все грузовые трюмы, а лишь каждый второй, т. е. через трюм. Естественно, что трюмы заполняются значительно хуже, чем при разномерной загрузке, а это благоприятно отражается на остойчивости. Однако чередующаяся загрузка вызывает значительный рост изгибающих моментов в перерезывающих сил, действующих на судно в группе.

Рост изгибающего момента при чередующейся загрузке уменьшается с увеличением количества трюмов; одновременно упрощается и удифференцировка судна. Обычно общее количество трюмов принимают равным пяти — у судов дедвейтом до 18–20 тыс. т, семь — у судов дедвейтом до 35–40 тыс. т и девять — одиннадцать — у судов больших размеров. Рудой загружают, большей частью, нечетные трюмы, что при общем количестве 5, 7, 9 или 11 трюмов позволяет легко удифференцировать судно без приема балласта и избежать чрезмерной концентрации грузов (так как в этом случае загружает не один трюм балласта, чем при загрузке четных трюмов).

Дальнейшее улучшение показателей остойчивости у судов I типа возможно путем применения трюмов разной длины. При этом трюмы, предназначенные для руды, делают более короткими, чем смесевые с ними. Это позволяет поднять уровень руды еще выше и тем самым дополнительно уменьшить остойчивость, приблизив ее к остойчивости судна с грузом угля или зерна. Однако максимальная величина изгибающего момента при этом возрастает еще больше, что вызывает необходимость в дополнительном подкреплении корпуса судна.

Поскольку наибольшие трудности при проектировании и эксплуатации УСМГ связаны с перевозкой руды, значительно отличающейся по удельной погружочной кубатуре от других массовых грузов, стали строить УСМГ, предназначенные для перевозки любых массовых грузов, кроме руды.

Однотипная грузоподъемность судов I типа, у которых склоновые и подводные цистерны предназначаются исключительно для балласта, может быть легко доведена до 1,35–1,40 м³/т, что вполне достаточно для использования полной грузоподъемности в рейсах с каменным углем и тяжелым зерном. Однако для перевозки легких сортов зерна этого мало. В этом случае увеличение грузоподъемности возможно путем использования для зернового груза подводных цистерн, для чего из палубы делают односторонние загрузочные люки, ведущие в каждую подводную цистерну, а в днищах цистерны — отверстия, закрываемые крышкиами, через которые зерно ссыпается в трюмы. Закрытие загрузочных люков и крышки ссыпных отверстий выполняется подвижными замками.

Использование подводных цистерн в качестве грузовых помещений позволяет уменьшить грузоподъемность судов дедвейтом 15–25 тыс. т на 8–12%, т. е. до 1,50–1,57 м³/т, что обес печивает полное использование грузоподъемности при перевозках в более легких сортах зерна. Таким образом, судно становится в полной мере универсальным, однако превращение подводных балластных цистерн в цистерны двойного назначения —

т. е. в грузобалластные — имеет отрицательные последствия, в частности: увеличение регистрового тоннажа и некоторое усложнение конструкции и эксплуатации судна, поскольку перед приемом в цистерны зернового груза их требуется предварительно прокачивать.

Соединение подводных и склоновых цистерн, т. е. переход к модификации б или в на рис. 24.1, позволяет получить дополнительные объемы для балласта или устроить, как наrudовозах, бортовые закрытые коридоры для прохода электрических кабелей и трубопроводов и для прохода экипажа. Кроме того, в этом случае весь бортовой набор оказывается вне пределов грузовых помещений, а это имеет существенное значение при перевозке навалочных грузов, так как позволяет избежать повреждений набора крупнокусковыми грузами и сокращает трудоемкость работ по зачистке трюмов от остатков грузов.

По этой же причине на многих УСМГ подводные переборки делаются без набора — гофрированными, с вертикальными гофрами. В то же время у судов с плоскими бортами конструкции корпуса усложняются, а объем грузовых трюмов уменьшается на 3–4%. Существенным недостатком цистерн и невозможностью использовать подводные цистерны для перевозки зерна — из-за конструктивных осложнений по обеспечению ссыпания зерна в трюмы при разгрузке судна. Это обстоятельство ограничивает удельную грузоподъемность подобных судов, а следовательно, и степень их универсальности.

Балластировка УСМГ I типа в рейсах без груза обычно затруднений не вызывает, так как объем балластных цистерн, к которым относятся паки, подплывные, склоновые и междуднищные цистерны, оказывается достаточным для получения необходимой посадки, а их расположение обеспечивает умеренную остойчивость. На судах с трюмами разной длины всегда один из коротких трюмов также оборудуют для приема балласта.

Однобаковые сведения по судам I типа позволяют установить следующие зависимости, представляющие интерес при проектировании и подобных судов. Объем грузовых подводных цистерн составляет в среднем 8–10% от суммарной вместимости трюмов; когда он увеличивается до 13–14%, в то же время в этих цистернах размещаются от 20 до 45% всей балластной воды.

Деборт в балласты (при выходе в рейс с паками зашивки) равен 40–45% дедвейта в грузу для судов дедвейтом до 25–30 тыс. т и 50–55% — для более крупных судов. Производительность балластных насосов обычно такова, что балластировка судна занимает 5–7 ч. Лиши на крупных судах устраивают склоновые насосные отделения, обычно в носу, редко — в средней части судна; в большинстве случаев балластные насосы размещаются в МО.

Суммарная вместимость трюмов, предназначенных для руды, равна 43–45% всей кубатуры грузовых помещений.

Стены бортовых подводных цистерн прокладывают под углом 30–40° к горизонту, а склоновых — под углом 45–50°.

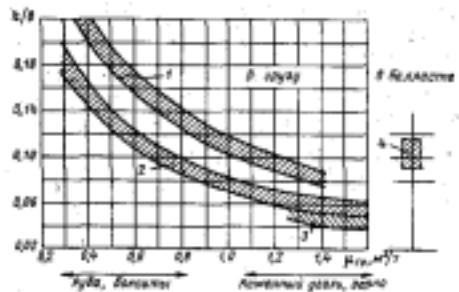


Рис. 24.2. Отстойность метастабитическая высота УСМГ I типа в группе к в балласту

1 – суда с грузами разной длины; 2 – суда с грузами одинаковой длины; 3 – суда, перевозящие мясо в бортовых полуподъемных цистернах; 4 – все УСМГ I типа

Остойчивость УСМГ I типа колеблется в зависимости от особенностей судна, рода перевозимого груза и характера загрузки цистерн и трюмов. Оценить, насколько удачно спроектировано судно в отношении остойчивости, можно с помощью графика на рис. 24.2. Очевидно, что судно для массовых грузов, остойчивость которого существенно превышает пределы, показанные на этом графике, не может считаться хорошим.

Примером рассматриваемых судов являются УСМГ типа „Звенигород“ дедвейтом 22 900 т. Как показано на рис. 24.3, грузовые трюмы



Рис. 24.3. УСМГ типа „Звенигород“ дедвейтом 22 900 т

этих судов имеет разную длину, что привело к распределению суммарной грузоподъемности $W_{12} = 29750$ м³ (по сыпучему грузу) между семью грузовыми трюмами следующим образом: 2950–4520–3390–6050–1930 – 6030 – 3280 м³. Руль переворачивается в четырех примерно равных коротких ходах, общий объем которых составляет 12 550 м³ или 42% суммарной грузоподъемности. Эксплуатационная скорость равна 15,5 уз., длина плавания 12 000 миль. Грузовое устройство отсутствует, предполагается, что погрузка и выгрузка будут осуществляться исключительно портными средствами. Для погрузки судовых запасов и запасных частей предназначены стрелы, расположенные за кормой короткой оконечности.

§ 24.3. Комбинированные суда

Комбинированные суда для перевозки массовых грузов, приспособленные и для транспортировки нефти и нефтепродуктов, или комбинированные УСМГ, практически не отличаются по общему расположению от обычных УСМГ или близки к ним. Из дополнительного оборудования для комбинированных судов характерно наличие грузовых и цистерновых нефтепреконвейерных насосов и систем подогрева жидкого груза. Поскольку грузовые помещения комбинированных УСМГ используются как для жидких, так и для массовых грузов, необходимо принимать специальные конструктивные меры для предотвращения грузовой и зачистной систем от загрязнения и для защиты трубопроводов, особенно змеевиков системы подогрева груза, при грузовых работах с рулём и кормовым углом. Одна из возможных решений – установка в трюмах съемных подогревателей и размещение грузовых трубопроводов вне грузовых трюмов.

В отечественной практике еще нет установленного германца для подобных судов (в principio Регистр СССР они фигурируют как нефтеплавники). За рубежом их называют судами типа ОВО (OVO – аббревиатура от словосочетания Oil/Bulk/Ore – сажет, т. е. судно для перевозки нефти, насыщенных грузов, руды).

По правилам [31] Регистра СССР продольные переборки в трюмах комбинированных УСМГ не требуются. Подобные суда могут быть с одинарными или двойными бортами, но обязательно со скругленными и полуподъемными бортовыми цистернами, причем последние могут быть делены по продольным комингсам люков. При этом угол, образуемый скругленными стеклами полуподъемных цистерн с горизонтом, должен быть не менее 30°, а скругленные цистерны – 45°. Протяженность скругленных цистер по ширине судна должна быть не менее 0,125 Б. Двойное дно должно быть горизонтальным или блоками к нему с уклоном заезда второго дна к диаметральной плоскости не более 3°.

Междупротивные поперечные переборки могут быть кофферированного типа или с вертикальными гофрами и должны устанавливаться на втором

две на опоры трапециoidalного сечения, к верхней палубе крепятся промежуточными коробчатыми балками или трапециoidalными опорами. Количества поперечных переборок определяются требованиями, предъявляемыми к универсальным сухогрузным судам, однако для трех комбинированных судов, как правило, не должна превышать 0,1L.

Более подробные данные по комбинированным судам для перевозки массовых грузов и нефти, виксюка и нефтепродукты, а также отнесенные типичных комбинированных судов, можно найти в монографии Ж. К. Железнова [13].

Представителями современных комбинированных УСМГ являются суда типа „Мария Буденый“ водоизмещением 104 000 т. Как и у обычных УСМГ, грузовые трюмы этих судов разной длины – 5 длинных и 4 коротких (рис. 24.4) и как у них – в средней части корпуса размещены палубные погрузчики и 10-тонные стрелы для работы с грузовыми платформами. Снабжение МО устроено традиционное: одиночные трубопроводы, от которых проходят под трапециoidalными палубами трубы, упирающим в продольный днище судна, щитом которого 2,5 м. Затяжка нефти осуществляется через центральный трубопровод, проходящий поверх палубы с отставанием и наклоном промежука. Для разгрузки находящихся в котельной и кают-компании, а также в коридорах погрузчики промежуточного сектора, проходящий в туннеле днищного дна. Нижняя часть поперечных переборок коффердамного типа используется для размещения запасов подгружаемой груза. Производительность грузовых трюмов: 2 × 4000 м³/час. В нижней части предусмотрены грузовые днища для зерна и кирпича. На протяжении плавучей части судна днища. В подиумных анкерах установлены кулиссы для пропуска якоря путем.

Суда предназначены для транспортировки цистерн нефти плотностью 0,83–0,88 т/м³ и различных массовых грузов, включая дегу с удельной погрузкой 0,36 м³/т. Суммарная вместимость грузовых трюмов 107 500 м³, балластных цистерн – 39 000 м³.

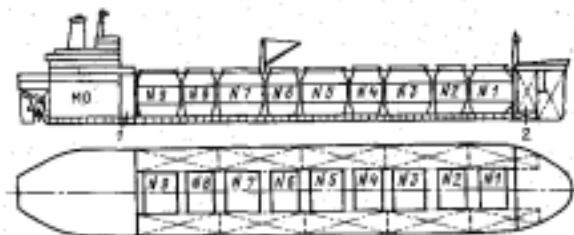


Рис. 24.4. Комбинированное УСМГ типа „Мария Буденый“ водоизмещением 105 000 т
1 – грузовая палуба судна; 2 – грузовой систем

Контрольные вопросы

1. Какие специальные требования предъявляются к УСМГ?
2. Каким путем упрощают грузооборот остойчивость УСМГ при перевозке опасных грузов?
3. Назначение и характеристики особенности комбинированных УСМГ?

Глава 25. СУДА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ УКРУПНЕННЫХ УНИФИЦИРОВАННЫХ ГРУЗОВ

25.1. Укрупненные унифицированные грузы и суда для их перевозки

Ранее уже говорилось, что охвачение простота судов в портах возможен лишь на основе механизации грузовых операций. При переработке мелких пакетов-штучных грузов инерционным условием такой механизации является укрупнение перегружаемых мест, а для более эффективного использования как грузового оборудования, так и судов, необходима еще и унификация перевозимого груза.

Решение поставленной задачи возможно путем пакетизации и контейнеризации грузов, рассматривая этот термин не в узком, а в более обобщенном значении слова.

Пакетизация (пакетирование) грузов, как упоминалось в гл. 16, – это объединение отдельных мелких единиц груза (ящиков, мешков, кин, паков, пластик и т. п.) в одно укрупненное место-пакет. Для закрепления грузов в пакете используют пленочные, сетевые, стропы и пр.

Контейнеризация грузов осуществляется с помощью многосторонне используемой жесткой тары, называемой макромицами грузами. Тарой служат контейнеры, трайлеры (контейнеры на колесах – полуприцепы) и пакеты (плоскучие контейнеры-баксы).

Каждому способу укрупнения грузов присущи свои достоинства и недостатки.

Пакетизация грузов требует больших затрат, более доступна для широкого освоения, позволяет более использовать вместимость судов и их грузоподъемности, не связана с проблемой возврата тары. Однако форма и размеры пакетов во многом определяют характером груза, а пргодность различных грузов к пакетированию далеко не спорродаствует, так как зависит, в первую очередь, от способности груза выдерживать значительную нагрузку. По этим причинам универсальность пакетизации ограничена, а унификация мест доказательно установлена.

Укрупнение мест с помощью жесткой тары (контейнеризация) обходится дороже, приводят к большим потерям грузоподъемности и

трудоемкости судна, но в то же время позволяют создавать места значительно более крутизны и тяжелы, чем пакеты, поддавшиеся перегрузке в более смятые сроки. Кроме того, повышается сохранность грузов и расширяется их комбиконфигурация: возможна контейнеризация не только тарно-учетных грузов (прим. более крупных, чем перевозимые в пакетах, а также и в менее прочной таре), но и сыпучих, жидких и рефрижераторных, перевозимых в специальных контейнерах, трейлерах и баржах. Существенно и то, что в этом случае получаются строго унифицированные места определенной конфигурации, независимо от характера, размеров и упаковки перевозимого в контейнерах груза.

В силу отмеченных причин одновременно существуют и развиваются оба способа укупоривания и унификации грузов. Однако контейнеризация – более совершенная форма ограничения грузов, поэтому будущее, несомненно, за нею.

Все виды укупориваемых унифицированных грузов, за исключением груженых пакетированных массой в сотни тонн, можно перевозить на обычных сухогрузных судах, однако значительно эффективнее использовать в этих целях специализированные суда, наименее образом приспособленные к погрузке, транспортировке и выгрузке определенных унифицированных грузов. К настоящему времени сложились следующие типы таких судов: для перевозки пакетированных грузов (бакетоматы), с вертикальной и горизонтальной погрузкой; для перевозки контейнеров (контейнерные суда или контейнероматы) с вертикальной и горизонтальной погрузкой; для перевозки трейлеров (трейлерные суда, или суда с горизонтальным способом подъема – СГП, или суда типа ро-ро), другие укупориваемые унифицированные грузы в виде пакетов, фантов, контейнеров, а также разнообразных колесно-гусеничных тягачей, особооборудованных и крупногабаритных грузов (из открытой палубы); для перевозки барж (люгеров) (баржоматы или люгероматы).

Кроме того, построено немало судов, у которых лишь часть грузовых помещений пригодна для перевозки унифицированных грузов, главным образом контейнеров, а остальные – для обычных грузов. Такие суда, называемые иногда частично контейнерными, или полу контейнерными, не отличаются в основном от обычных сухогрузных судов.

В последние годы к перевозкам стандартных контейнеров присасывают в той или иной степени практически все сухогрузные суда, независимо от их размеров и назначений: универсальные сухогрузные суда, эсминцы, суда для перевозки массовых грузов и даже рефрижераторы.

Экономическая эффективность специализированных судов для перевозки укупориваемых грузов (сокращение СУГ) и целесообразность их применения зависят от многих факторов, прежде всего, от протяженности рейсов и объема грузопотока. Использование этих судов позволяет производить грузовые операции значительно быстрее и дешевле, чем на обычных сухогрузных судах. Однако для СУГ характерны большие затраты вместимости, доходящие до 35% у контейнерных и до 60% – у трейлерных судов. Из этого следует, что при разных размерах СУГ и

объемного судна последнее перевозит за рейс большее количество груза, а для обеспечения равной пропускной способности специализированное судно должно ссыпать больше грузов в портлокомов, соответственно, больше тоннажа. Сложившаяся достоинства и недостатки специализированных судов, можно привести к выводу, что СУГ будут тем экономичнее, чем короче рейсы. В первую очередь, это положение относится к трейлерным судам, суда для перевозки пакетов и контейнеров способны конкурировать с обычными сухогрузными судами на линиях большой протяженности.

Размеры специализированных судов различны: для контейнерных перевозок используются сравнительно мелкие суда, а на океанических линиях – более крупные. Делает большинство специализированных судов жесткими в диапазоне, характерном для универсальных сухогрузных судов, т. е. от 1500 до 20 000 т, но эксплуатируются суда и значительно больших размеров, поскольку для СУГ отпадает такой лимитирующий фактор, как длительные стоянки в портах под грузовыми спирадами. Так, дельта трейлерных судов превышает 30 тыс. т, а плавайзеров и контейнерных крупных контейнерных судов составляет 45–50 тыс. т.

Скорость хода СУГ несколько выше, чем у сухогрузных лайнеров. Даже мелкие специализированные суда плавают до 3 тыс. т имеют боевую часть скорость хода 16–17 уз, скорость хода крупных судов соответственно выше – 20–23 уз. Построены суда с еще более высокими скоростями – до 25–27 уз и даже выше 30 уз.

Все суда, предназначененные для перевозки укупориваемых унифицированных грузов, являются элементами различных транспортно-технологических систем (ТТС). Под этим термином подразумевается комплекс технических средств, функционирующий на основе согласованных и взаимоувязанных технических, технологических, организационных и коммерческо-правовых решений (мероприятий), позволяющих с максимальным эффектом и наименьшими трудовыми затратами обеспечить перевозку грузов из конкретных направлений от отправителя до получателя [17].

Комплексная ТТС связана в основном в едином целом перевозки контейнеров по линиям железных дорог, разделенным водным пространством. В комплекс технических средств контейнерной ТТС входит прежде всего суда-контейнеровозы – крупнотонажные или работы на транзитных магистральных линиях – и фидерные, меньших размеров для перевозки контейнеров между магистральными и местными портами. Кроме того, к ним относятся: специализированные перевозочные комплексы в морских портах (контейнерные терминалы), специализированный железнодорожный и автомобильный подвижной состав, склады комплектации и реформирования контейнеров, самы контейнеры и средства для их технического обслуживания и ремонта.

Трейлерные ТТС (в эксплуатационной литературе имеются также роллерной системой) обеспечивают перемещение грузов в трейлерах по системам шоссейных дорог, разделенным водным пространством.

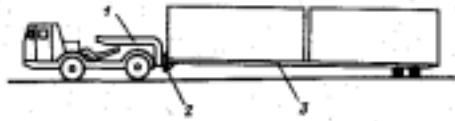


Рис. 25.1. Портовый экипаж с роликтрейлером грузовым двумя 6-метровыми контейнерами

2 – цепное устройство типа «гусеничка»; 3 – палуба сверху роликтрейлера; 7 – клемма роликтрейлера

Кроме того, трейлерные суда или СПС (суда с горизонтальным прохождением грузовых операций) перевозят грузы в пакетах и контейнерах, длинномерные и особотяжеловесные грузы (на верхней открытой палубе), а также грузы на передвижных грузовых платформах-роликтрейлерах (рис. 25.1) в самодвижущуюся контейнерную технику. Трейлерная ГТС наиболее эффективна на линиях со сложной и неустойчивой структурой грузопотоков. Помимо судов к техническим средствам этой системы относятся склады и устройства для формирования и разформирования укрупненных грузовых единиц, перегружочные машины и механизмы (тягачи, погрузчики и др.) и средство укрупнения грузовых единиц (трейлеры, роликтрейлеры, флоты, контейнеры).

Логистическая ГТС обеспечивает перевозку грузов по схеме река-море-река. В состав технических средств логистической системы входят следующие элементы: крупнотонажные магистральные и меньшие по размерам фидинги-дикстерны; комплексы пакетов; базы стоянки и якорные плавучие краны; букоир-кантонажные и букини-топчи для приема пакетов от логистических и транспортировочных составов из них по рекам, а также для доставки пакетов к пакетировщикам.

Наибольшее распространение получили специализированные контейнеровозы и трейлерные суда с горизонтальной погрузкой (суда типа ро-ро), которым посвящены следующие параграфы этой главы.

§ 25.2. Специализированные контейнерные суда жесткой конструкции

Архитектурно-конструктивные особенности контейнерных судов, как и судов других типов, определяются перевозками грузом, т. е. контейнерами.

Контейнерные суда проектируют под большегрузные контейнеры, чаще всего применительно к 10-тонному 6-метровому контейнеру, узбому для сменных перевозок. Как правило, обеспечивается возможность замены контейнеров, выбранных в качестве основных, хотя бы частично, другими контейнерами, т. е. 6-метровыми контейнерами 12-метровыми.

Помимо универсальных контейнеров, составляющих абсолютное большинство (от 70 до 100%), в судах перевозят некоторое количество специальных контейнеров, предназначенные для сыпучих, жидкых и опасливых грузов. Наиболее распространены рефрижераторные (изотермические) контейнеры с термоизоляцией внутренних поверхностей и ходовые оборудованиями. Имеется для подобных контейнеров отводят специальные рефрижераторные трюмы.

Специализированными контейнерными судами в узком смысле этого слова (иначеющим образом приспособленными для перевозки только контейнеров) могут считаться лишь суда с жесткой (жестяной) конструкцией всех грузовых помещений, рассчитанной на вертикальную погрузку контейнеров. За рубежом такие суда называют полностью контейнерными судами (full container ship, voll Container Schiff). В отечественной литературе применяют несколько терминов: специализированные контейнерные суда, чисто контейнерные суда, контейнерные суда жесткой типа (конструкции). Наиболее подходящим является термин специализированное контейнерное судно (СКС), принятый в дальнейшем изложении.

Особенности специализированных контейнерных судов определяются предъявляемыми к ним требованиями об обязательном устраивании горизонтальных перемещений контейнеров в трюмах при их погрузке и выгрузке. Иными словами, должны быть обеспечены возможности установки контейнеров непосредственно краном в любое место трюма, а выполнять это требование можно лишь тогда, когда грузовые помещения окажутся полностью открытыми сверху. Действительно, у СКС размеры грузовых ящиков верхней палубы перекрывают габариты контейнеров, находящихся в трюмах (рис. 25.2), т. е. применительно к перевозкам контейнеров подпалубные коридоры отсутствуют. Из этого следует, что специализированные контейнерные суда являются однотремянными и полностью открытыми судами.

Как и у универсальных открытых судов, у СКС МО расположено обычно в корме или значительно сдвинуто в корму, что характерно для крупнотонажных быстротходных судов с мощной энергетической установкой, которую трудно или невозможно вписать в застроенные кормовые облицовки полубаллов судов. Сдвинутые в корму МО затрудняют приведение грузовых операций, но позволяют сокращение корпуса скручивания.

Для удобства укладки контейнеров грузовые помещения должны иметь форму глубоких ящиков с вертикальными стенками. Без промежуточных палуб и платформ, поэтому на многих СКС устроены двойные борта, а палубы и платформы приходят только в пространстве между бортаами. Обычно в верхней части междуборного пространства устраивают склонный подпалубный проход вдоль судна, в нижнюю часть которого входит подистрипер.

Сужающиеся трюмы в носовой оконечности или совсем не используют для контейнеров, размещая там балластные и грузовые

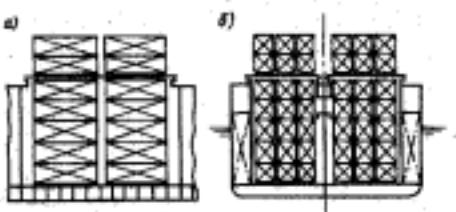


Рис. 25.2. Размещение контейнеров в рамках СКС: а — продольный разрез; б — поперечное сечение

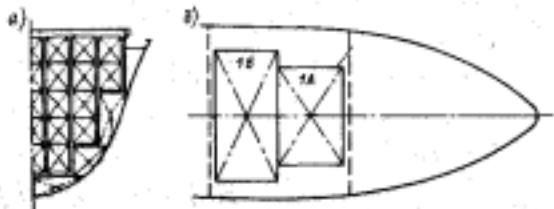


Рис. 25.3. Поперечное сечение (а) и продольный срез (б) СКС в рамках корабельного транса

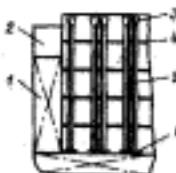


Рис. 25.4. Направляющие стойки в контейнерном трансе:
1 — бортовая панель; 2 — подконтейнерный каркас; 3 — раструб; 4 — поперечные связи; 5 — стойки; 6 — местные направляющие для контейнерного дна

длинник⁶, или устраняют троны с уступами по высоте и Т-образные в плане (рис. 25.3). Конфигурация лежаков повторяет очертания установленных в трюмах контейнеров, т. е. в этом случае тоже Т-образна.

Специфической особенностью грузовых помещений СКС, отличающей их от аналогичных помещений сухогрузных судов склерового типа, является система артикуляции направляющих стоек для контейнеров, образующих в трюмах контуры клеток или ячеек (рис. 25.4). Отсюда происходит второе название СКС: контейнерные суда ячеистой (клетчатой) конструкции.

Направляющие стойки в трюмах СКС выполняют две функции: способствуют ускорению грузовых операций, особенно при перевозке контейнеров, и препятствуют их смешению во время рейса. Каждая ячейка ограничена по углам четырьмя направляющими, штуками по всей высоте трюмов, — от компонентов лежаков до двойного дна.

Конструктивное оформление направляющих стоек разнообразно. Обычно используют профильную сталь, чаще всего уголники размером от 100x100 до 150x150 мм. Стойки присоединяют к корабельным конструкциям (компонентам лежаков, рамным бимсам и карнизам, внутренним борям, переборкам) непосредственно или через переходные элементы в виде горизонтальных балок, кронштейнов, брасов, что позволяет избежать искривления стоек от местных вертикальностей корабельных конструкций. В свою очередь, у компонентов лежаков, покрытых утолщенным отгибом наружу, обраzuющийся раструб, облегчает заводку контейнеров.

Расстояния между направляющими стойками несколько превышают размеры контейнеров. Образующиеся при этом зазоры должны быть достаточными для предотвращения застиривания контейнера, спускаемого с небольшим наклоном, или при крене в 5–6°. В то же время, зазоры не должны быть слишком большими, чтобы контейнеры могли было устанавливаться без большого смещения и перекоса, стоя один на другой — для правильной передачи нагрузки по вертикали, соответствующей конструкции контейнеров. Ширина зазоров на построенных судах колеблется по длине контейнеров от 40 до 60 мм и по ширине от 25 до 30 мм.

При разработке проектов СКС расстояния между смежными контейнерами по ширине судна принимают равными 100 мм, по длине — 60 мм.

Контейнеры располагают в ячейках поддона судна, чтобы уменьшить влияние качки на груз, не защищенный, как правило, контейнером целиком. Направляющие стойки ячеек крепят края ячеек на болтах, что позволяет менять размеры ячеек пропорционально к размерам контейнеров.

В пределах каждого трюма ячейки с контейнерами делятся по длине и ширине судна на дружины (рис. 25.5). Членение по длине осуществляется рамными или коробчатыми бимсами и ходостными бимсами, установленными между смежными рядами контейнеров. Эти бимсы могут совпадать

⁶ Использование наклонных трюмов для перевозки генерального груза не оправдало, так как приводило к задиранию судна в портах.

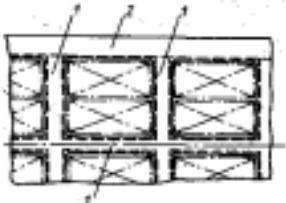


Рис. 15.5. Разделение контейнерных ящиков на группы

1 – продольные и поперечные балки;
2 – бортовые стойки

и с подкрепленными комбинированными листами, размеры которых соответствуют группам ящиков. К балкам крепятся направляющие стойки ящиков, кроме того, балки повышают жесткость корпуса при крученнях и используются для прохода к торцам контейнеров. По ширине трубы ящиков делятся на трубы продольными балками – контейнеротрубок (парных, тройных) и переборками (дущущими по всей высоте трубы, или частичными, расположенным лишь в верхней части трубы под палубой). Под верхней палубой переборки соединяются с продольными комбинированными листами или с модульными коробчатыми каркасными. У судов с поперечными пакетами поперечное членение ящиков может отсутствовать. Однако при значительной ширине ящика его делят на секции продольными балками, что позволяет соответственно разделить и крышки. Эти же балки разделяют на группы контейнерные ящики.

Количество контейнерных трубы определяется количеством поперечных переборок, предписанных правилами. Однако для повышения жесткости корпуса, обусловленного у контейнерных судов значительными вырезами ящиков, довольно часто уменьшают протяженность отсеков по сравнению с требуемой правилами. Размещают переборки так, чтобы длина каждого трубы оказалась кратной длине контейнеров, с учетом интервалов между их торцами. Ширина контейнерных трубы зависит от предельной ширине грузовых ящиков, которая доходит до 80–85% ширины судна.

Для компенсации стоящих существенных вырезов применяют меры конструктивного характера: сближают, как упоминалось выше, поперечные переборки; увеличивают высоту двойного дна, количество поперечных стяжек и сплошных фланцев; устраивают, где возможно, внутренние борты и создают продольные коробчатые подпалубные балки и в районе ширстеков и палубных стрингеров.

Чтобы более использовать грузоподъемность судна, часть контейнеров (обычно около 1/3) размещают на палубе, то есть – на закрытых

ящиках. Количество ящиков на палубе контролируется от одного до четырех, уменьшаться, как правило, по направлению к носу. Очень удобны для этих целей плоские закрытые контейнерного типа, применявшиеся на специализированных контейнерных судах. Для точной установки и закрепления контейнеров первого яруса используют различные рода анкерирования: устремиста и замки. В большинстве случаев палубные контейнеры целиком располагают на листовых крышкиах, однако они могут и выходить за пределы ящиков. В этих случаях специализирующиеся ящики контейнеров опираются на усиленный фальшборд или сплошистеные стойки.

При плавании судна на волнении палубные контейнеры подвергаются воздействию изнуряющих сил, пропорциональных массе контейнера, его отставанию от оси вращения судна и амплитуде качки и обратно пропорциональных периоду колебаний в квадрате. Наибольшие изнерционные силы возникают при поперечных колебаниях, поэтому многие контейнерные суда обладают усиленными бортовой качки (в основном инструментами Пассманного типа), а контейнеры надежно крепят к палубе. С этой целью применяют специальные устройства следующих основных типов: жесткого, с постепенным стойками; скользко-каркасного, со скользящим каркасом и посторонками; троекового с оттяжками. Наиболее распространены простые по конструкции троековые устройства, представляющие собой оттяжки в трапециях в глаголь-гаками (для быстрой отдачи в аварийных ситуациях).

Грузовые устройства СКС не отличаются многообразием; как правило, это изнутие козловые краны с вращающимися или посторонними консолями. С появлением контейнерных участков в портах (контейнерных терминалов), оборудованных специальными кранами для перегрузки контейнеров, СКС стали строить без грузовых устройств – это удешевляет судно, улучшает его остойчивость и повышает грузоподъемность.

Несимметричные погребения размещают либо в корме, либо в рубке на баке. Помимо несимметричного назначения такая рубка защищает палубные контейнеры от активизирующейся с носа зоны. При отсутствии носовой рубки с этой же целью устанавливают, в ряде случаев, перед носовым торцом палубного блока контейнеров обоймовые стени высотой и несколькою контейнерных ярусов. В районе грузовых помещений верхняя палуба не должна иметь седловатости.

§ 25.3. Особенности выбора основных элементов специализированных контейнерных судов

Выбор основных элементов СКС невозможен без тщательной графической проработки вариантов размещения контейнеров в трумах и на палубе. Однако для ориентировочных прикидок возможностью ограничиваются однократными расчетами. В этом случае сначала определяют за пределы заданном проектуемого судна, а затем и сплошные

размерениям, воспользовавшись их соотношениями, типичными для СКС.

Зависимость между количеством контейнеров и бедствием выражается следующим образом:

$$DW = 20n_k \quad (25.1)$$

где n_k — количество стандартных 6-метровых контейнеров.

Формула (25.1), полученная путем обработки данных по специализированным контейнерным судам, дает основания полагать, что при проектировании этих судов масса груженого контейнера принималась за максимальную, а уменьшение на 10–15%. Такой подход согласуется с распространенным мнением, что полезный объем контейнеров недопользовуется в среднем на 15% (несколько данных коэффициент затратки контейнеров составляет пока 0,70–0,75, а в ряде случаев уменьшается даже до 0,60).

Коэффициент угла наклона водонепроницаемых СКС по бедствию довольно точно выражается зависимостью

$$\theta_{DW} = 0,540 + 0,006DW, \quad (25.2)$$

где DW — плавдес судна, тыс. т. Формула действительна в диапазоне $DW = 5\text{--}25$ тыс. т.

Коэффициенты общей кренности β и отклонение L/T у СКС не отличаются от аналогичных элементов обычных сухогрузных судов. Для увеличения контейнерометаносности крайних грузовых отсеков желательно приложение скосов краев СКС, что может быть достигнуто путем увеличения продольной высоты судна, характеризуемой коэффициентом $\varphi = 6,0$, за счет выбора значений β , близких к верхнему пределу при данной относительной скорости, и уменьшениям значений β .

Контейнеры представляют собой сравнительно легкий, объемистый груз с высокой удельной погружной кубатурой. Даже у полностью загруженных контейнеров типа IА и IС удельная кубатура составляет 2,38 и 1,78 м³/т, а с учетом 15%-го недогруза она возрастает до 2,74 и 2,05 м³/т соответственно. Полагая, что потери кубатуры из-за зазоров и интервалов между контейнерами, а также потери, связанные с лекальностью обвязов и наличием бортовых пистер, компенсируются перевозкой части контейнеров на верхней палубе, приходим к заключению, что СКС должны иметь размерные соотношения обычных судов, перевозящих генеральный груз с удельной погружной кубатурой $\mu_{cp} = 2,2\text{--}2,4$ м³/т (предполагают, что оптимальную массу составляют контейнеры типа IС). Это обусловлено, почему у большинства СКС отклонения высоты борта k от соотношения $H/T = 1,60\text{--}1,85$, что характерно для судов с избыточным запасом бортом.

Соответственно высоким значениям H/T у СКС должны быть и повышенные значения β/T . Положение усугубляется тем, что центр тяжести перевозимых контейнеров располагается значительно выше, чем центр тяже-

сти генерального груза. Вместе с тем указанные обстоятельства отменяют β/T у СКС находится обычно в пределах 2,5–3,0, а у рядов судов поднимается еще выше — до 3,5, т. е. выходит за пределы, наблюдавшиеся у универсальных судов.

Чтобы избежать столкновения значений β/T , неблагоприятных в отношении качки и потери скорости из-за волнения, некоторые суда эксплуатируются с постоянным ballastom (твердым или жидким), в качестве которого используют специальные соединения с плотностью около 2 т/м³.

При проверке остойчивости СКС по Правилам [33] Регистра СССР определяют угол крена контейнеровоза на установившейся дифракции и воле под действием бокового ветра, который должен быть не более половины угла, при котором верхняя палубаходит в воду, и во всяком случае, не более 15°. Исправленная метacentрическая высота СКС в реяхах с контейнерами должна быть не менее 0,20 м.

Различные аспекты учета требований, предъявляемых к остойчивости контейнеровозов при определении их элементов, подробно исследованы в работе [5], основные положения которой сводятся к следующему.

Более остойчивость контейнеровоза обеспечивать только за счет остойчивости формы, т. е. практически путем увеличения ширин судна, это приводит к ухудшению параметров качки и увеличению сопротивления движению судна, особенно из волнения. Кроме того, временная ширина судна может лимитироваться условиями постройки и эксплуатации (например, ширина судов, проходящих Панамский канал, не должна превышать 32,3 м). Поэтому добиться необходимой остойчивости путем балластировки судна приводит к увеличению осадки, росту воронежения и уменьшению коэффициента его утилизации, т. е. в конечном итоге, к ухудшению экономических показателей. Поэтому на практике применяют оба способа, добиваясь их оптимального сочетания. В среднем на контейнеровозах количество водного ballast, применяемого перед выходом судна в реи с полным грузом контейнеров на борту, составляет от 15 до 30% дедвейта.

Для определения основных элементов контейнеровозов с учетом требований к их остойчивости могут быть использованы следующие зависимости, полученные на основе приближенных формул плавучести и начальной остойчивости.

Из уравнения остойчивости в безразмерной форме (см. § 8.5), приведенного в виду

$$\beta/T = A_1 + (A_2 - A_3), \quad (25.3)$$

где

$$A_1 = (h/B)/(3a_2); \quad A_2 = (h/a_2)(H/T); \quad A_3 = a_1/a_2;$$

h — начальная метацентрическая высота; $a_1 = (1/k_1)(a/\delta)^{1/2}$,

при $k_1 \approx 2,0$; $a_2 = (1/k_2)(a^2/\delta)$ при $k_2 = 11,4+11,9$;

$\xi = z_B/H$ – относительное водоизмещение ЦТ судна; L, B и T – главные размеры судна; δ и a – коэффициенты поправки, может быть определено отклонением δ/T контейнерного судна, проектируемого для эксплуатации как без балласти, так и с балластом.

Количество балласта, необходимое для получения желаемой остойчивости судна с выбранными основными элементами, определяется по уравнению:

$$\frac{B}{T} - A_1 = \left[\frac{A_2}{\xi} \frac{1 - \bar{P}_{60}(\delta/a)}{1 - \bar{P}_{60}} (\xi + \bar{P}_{60}\bar{z}_{60}) - A_3 \right] D = 0, \quad (25.4)$$

где $P_{60} = P_{60}/D$ – относительная масса балласти и $\bar{z}_{60} = z_{60}/H$ – относительное водоизмещение его ЦТ.

В процессе разработки проекта контейнеровозов может потребоваться изменение ряда выбранных основных элементов проектируемого судна или его металлической высоты. В этом случае приращение $\Delta(\delta/T)$, необходимое для компенсации изменения основных элементов судна при сохранении остойчивости независимой, или приводимой к новому значению относительной металлической высоты δ/B , определяется по следующим соотношениям:

$$\Delta(\delta/T) = (A_1 + 0.5A)^{1/2} \cdot \frac{\Delta\delta}{\xi} - 2 \left(A_1 + \frac{4A_2 - A_3}{8A_2^2} \right) \frac{\Delta\delta}{a}; \quad (25.5)$$

$$\Delta(\delta/T) = A_1 \cdot \frac{\Delta(h/B)}{h/B} + \frac{2A_2 + A_3}{4} \left[\frac{\Delta\xi'}{\xi} + \frac{\Delta(B/T)}{B/T} \right]. \quad (25.6)$$



Рис. 25.5. Специализированное контейнерное судно типа „Симон Большой“ вместимостью 412 ТЕУ. Продольный разрез и схематизированый вид сверху

Статистические данные по соотношениям стальных-размерений контейнеровозов, необходимые для определения основных элементов этих судов на начальных этапах разработки проекта, а также описание последовательности и содержания более углубленных расчетов по оптимизации элементов проектируемых контейнеровозов, содержатся в работе [7].

В качестве примера специализированного контейнерного судна рассмотрим контейнерное судно типа „Симон Большой“ вместимостью 15 300 т, разработанное на верфи 412 ТЕУ. Судно однодвигательное, с изолированным машинным布置ом и короткими расстояниями МО (рис. 25.6). Главные размеры: 135.9 x 21.0 x 10.5 м. Эксплуатационная скорость 17.8 уз, водоизмещение плавания 10 000 тонн, 246 контейнеров размещаются в трюмах (9 четырех ярусов по палубе, кроме трюма № 1, и в 4–6 ярусов, в зависимости от металлической высоты в трюме, по длине) и 166 – контейнеров 40/45/48 на изолированных грузовых палубах. На краевых палубах контейнеры укладываются в зазорах рядов по длине, при этом краевые палубы контейнеров устанавливаются в зазорах рядов по ширине, при этом краевые палубы контейнеров устанавливаются на портальном. Суда этого типа могут также перевозить спирожеканоны 173 13-метровых и 64 рефрижераторных 6-метровых контейнеров. Грузовые палубы, кроме верхней, парные, изолированный по 8.25 и изолированный 12.8 м, закрытия трюмного типа. Продольные изолиты листов – сплошные. Боковой бакстес приводится в фор- и астерики, отсеки шлюбовые для межкубортных изолитов и межпоплавковых дверей.

5.25.4. Трейлерные суда (суда типа ро-ро)

На трейлерных судах ускорение грузовых операций достигается благодаря перемещению груза по палубам на колесах, цепями склонки, груз вкатывают на судно при погрузке в порту отправления и выкатывают с судна в порту назначения. Следовательно, трейлерные суда потому был наилучшим образом приспособлены для горизонтальной погрузки. И могут совсем не иметь грузовых палуб в палубах.

Основным видом груза, перевозимого на трейлерных судах, являются собственно трейлеры (дорожные полуприцепы), но в разной степени они пригодны для перевозки прицепов, автомашин и любой другой колесной или гусеничной техники. Кроме того, на этих судах с успехом перевозят и грузы, не обладающие колесами или гусеницами – флоты, пакеты, контейнеры, минитаржи, а также особоценностные и крутоугарные грузы.

Флоты и контейнеры перемещают в грузовые пространства СГП гладким образом с помощью плоских автолитераторов и автоконтейнеровозов. Пакеты (включая и пакеты леогенераторов) укладываются в ящиках на открытые грузовые передвижные платформы, оснащенные колесами наибольшего диаметра – ролитрейлеры (см. рис. 25.1), которые специальными тягачами перемещаются в грузовые помещения судна. В порту назначения ролитрейлеры выкатывают с судна. Размеры платформ в плане близки к размерам стандартных большегрузных контейнеров и флотов, которые могут доставляться на суда и на ролитрейлерах. Применяются, но в значительно меньшем объеме, и другие виды

нагрузочного оборудования, позволяющие вкатывать контейнеры и флаги с суши.

Себятаховесные и крупногабаритные грузы укладывают береговыми кранами на верхнюю открытую палубу, свободную от грузовых ящиков и строп, магн., пебедочных рубок и компонентов линков, исключаясь на СПИ, в отличие от судов с вертикальной погрузкой, нет ни собственных грузовых устройств, ни грузовых люков. Правда, часть СПИ относится к судам гибридного типа, грузовые помещения которых могут быть загружены портальными ящиками через один из грузовых люков, установленных в верхней, а иногда и в нижнейших палубах. Такие суда, предназначенные таким образом, для перевозки контейнеров в навалочных грузах, называют судами типа кон-ро (от англ. Container-Roll on/Roll off). Но и в этом случае свободное пространство на верхней палубе оказывается гораздо большим, чем на обычных универсальных сухогрузных судах.

Трейлерные суда представляют собой двух- или многогабаритные суда с ограниченным количеством поперечных переборок, с кормовыми (на-зе) или с посткормовыми (реже) грузовыми портальми и, иногда, с бортовыми грузовыми пандусами и люками. Максимум стояния на этих судах расположается в корме (рис. 25.7).

Система грузовых коммуникаций обеспечивается на трейлерных судах поперечными связями и подъемниками. Поворотные (подъемные) съезды, используемые внутри корпуса судна для связи между палубами, называют ангарами, стационарные (неподвижные) съезды — ландсами. Наружные поворотные аппарели, соединяющие судно с причалом, часто называют рампами.

Часть внутренних съездов делают поворотными, хотя они сложнее и дороже, чем ландсы, для увеличения грузовместимости помещений и водонепроницаемого закрытия вырезов в палубах — в поднятом положении.



Рис. 25.7. Схематический продольный разрез двухпалубного трейлерного судна (суда типа ро-ро)

1 — погонные аппарели (рамки); 2 — внутренние стационарные съезды (ландсы); 3 — низкотипные люки на палубе; 4 — воздушнозаборники системы вентиляции грузовых помещений; 5 — грузовой ящик; 6 — грузовой якорь; 7 — полукомпенсаторы (подъемные) люксы; 8 — внутренние сплошные аппарели.

Наиболее сложными конструкциями на трейлерных судах являются наружные аппарели — раммы. Поскольку угол наклона рамы к горизонту равно, как и внутренних аппарелей в пандусах, не должен превышать 11°, а разница между возвышением оси ходореза рампы относительно уровня палубы может изменяться в широких пределах, раммы должны быть достаточно динамичны. Стремление к убюстрению грузовых операций требует применения рамы, допускающих многогранное движение грузовой техники, или устройства двух параллельных рам, а позиционирование грузоподъемности различными, взаимогруженными и другие перемещаемыми по раммам грузам, приводящие к необходимости увеличения прочных размеров, а следовательно и массы рамы, доходящей до 400 т.

Рамы в зависимости от соотношения между их продольным направлением и опущенным положением и диаметральной плоскостью судна подразделяют на прямые, угловые и поворотные. Наиболее просты прямые рамы, но суда, оборудованные подобными раммами, должны изготавливаться только короткими. Угловые рамы допускают пандусировку судов к причалу одним определенным бортом, а поворотные — любым из бортов, что существенно расширяет эксплуатационные возможности судна. В то же время угловые и особенно поворотные рамы значительно сложнее и дороже прямых. Угол отклонения рамы от диаметральной плоскости составляет от 30 до 45° на один борт.

Подъемники и лифты различных конструкций занимают меньшее пространство в грузовых помещениях, чем аппарели, но они сложнее, дороже и менее надежны.

Грузовые люки являются вспомогательным грузовым оборудованием на трейлерных судах. Чтобы не создавать препятствий перемещению колесной техники, закрытия люков выполняют бескомпенсаторными запорами с пандусами.

Палубе, на которую попадают грузовые единицы во рамке, является распределительной: с уровня этой палубы грузы раскатывают по пандусам к аппарелям, а также с помощью лифтов, на другую палубу. Распределительная палуба является обычно и наружной переборкой. Высота этой палубы на трейлерных судах переборок, кроме кормовой, вообще не ставят, а лиже — минимальное их количество, необходимо для выполнения ников, цистерн и МО. На некоторых судах устанавливают еще опущенные промежуточные переборки, однако в этом случае их общее количество оказывается недостаточным для выполнения требований, предъявляемых к водонепроницаемости судна. С целью повышения степени водонепроницаемости трейлерных судов лиже палубу переборок устраивают двойными бортами. Междубортное пространство используется для судовых запасов и балласта, а также для пассажирских успокоительных цистерн. В ряде случаев устанавливают и большее количество поперечных водонепроницаемых переборок и доводят их иногда до верхней палубы судна, но сближают пандусами верхности для проезда колесной техники. Во время рейса короткое закрывание. Требования Регистра СССР о водонепроницаемом построении судов на отсеки распространяются на трейлерные суда грузовой 170 м и более [34].

В районах корпуса с малым количеством траперов палубы подкрепляют панелеми.

Высоты международных пространств принимаются на трейлерных судах с учетом габаритов перевозимых грузов (см. [14]) и колеблются от 3,1 до 6,3 м. Для перевозки легковых автомобилей в высоких грузовых помещениях (более 5 м и выше) могут быть установлены легкие стальные палубы или откидные платформы по бортам.

На ряду СПУ умеренных размеров с целью повышения горизонтальной оси приращения раммы, что важно для широтоки у высоких причалов, показывает корневую часть распределительной палубы.

Закрытые мостики и кормовые ворота зачастую совмещают с наружными аппарелями. Для удлинения аппарелей их нередко выдвигают с отходящей частью, двух- и трехсекционными. Водонепроницаемость закрытий обеспечивается запиранием в разношерстных узловых конструкциях. Для подъема и опускания закрытий – аппарели – применяют гидравлические, или троековые приводы.

Особое внимание уделяется вентиляции грузовых помещений, в которых скапливаются пары бензина и выпадающие газы от моторов тягачей, погрузчиков и автомобилей. Очень важно необходиимо обеспечить 20–30-кратный обмен воздуха в час во время грузовых операций и не менее 10-кратного обмена на ходу судна. Поэтому отличительной чертой нового вида трейлерных судов является наличие на верхней палубе многочисленных воздуходувиков, расположенных по бортам на прохождении грузовых помещений.

МКО стремятся разместить под распределительной палубой, а также (или вместе) делают возможное уже для трейлерных судов мало подходит громоздкие малооборотные двигатели, вместо них используют в основном, более компактные двигатели – паровые и газовые турбины, высоковоротные цилиндры и цилинды повышенной оборотности с радиусными передачами. Удобны и дешевые элекстрические установки, позволяющие заменять один главный двигатель несколькими агрегатами меньшей мощности и размерами и допускающие различные варианты размещения первичных двигателей и гребных моторов. Для повышения живучести трейлерные суда часто строят двухвальных. Распределение мощности между двумя отдельными двигателями благоприятно и в отношении компоновки механизмы установки в специальных условиях.

Размеры трейлерных судов характеризуются обычно не только дедвейтом, но и суммарным объемом грузовых помещений.

Определение главных размерений трейлерных судов сопряжено с рядом трудностей, вызванных спецификой груза и его размещения.

Трейлеры представляют собой еще более легкий и объемистый груз, чем контейнеры. Принято считать, что объем генерального груза, заключенного в трейлерах при заполнении их на 85%, составляет лишь около 40% кубатуры грузовых помещений. Несколько компенсирует потерю вместимости перевозка трейлеров и контейнеров на верхней палубе.

Таким образом, задача сводится к проектированию судна, имеющего максимальную площадь палуб (прямую, не перегороженную переборками) и перекрывающего высококубатурный и высокогабаритный груз. При этом судно должно быть достаточно остойчивым и отвечающим требованиям, предъявляемым к некотонажным судам; должны быть обеспечены также хорошие маневренность на малых ходах.

Для решения поставленной задачи соотношения главных размерений и коэффициенты теоретического чертежа принимают у трейлерных судов несколько иными, чем у обычных универсальных сухогрузных судов с аналогичной относительной скоростью хода. Увеличение площади палуб достигается путем пропитывания грузовой затарки, уменьшения общей массы судна и пополнения мидель-лангоута в приближении оконечностей.

Переход к коэффициентам теоретического чертежа, которые для трейлерного судна обозначим именем „тр“, можем написать:

$$a_{tr} = a + \Delta_1; \quad b_{tr} = b - \Delta_2; \quad \delta_{tr} = \delta - \Delta_3. \quad (25.7)$$

Значения поправок Δ колеблются в пределах 0,03–0,12.

Относительные изменения коэффициентов полноты благоприятны также в отношении ходкости и остойчивости. Соотношения между b и a , характерные для трейлерных судов, предопределяют V-образную форму палуб, а необходимость уширения палубы в районе ворот приводят к прижиманию транцевой кормы.

Вследствие симметричной легкости груза (удельная загрузочная кубатура около $4 \text{ м}^3/\text{т}$), трейлерные суда эксплуатируются с осадкой, значительно меньшей, чем допускается Правилами о грузовой марке. Вместе с тем высота борта должна быть достаточной для размещения трейлеров, фистов и контейнеров, уложенных на грузовые тележки. Оба эти обстоятельства в совокупности с необходимостью обеспечить остойчивость судна приводят к следующему соотношению ширин: высоты борта и осадки:

$$H/T = 2,2 - 2,6; \quad B/T = 3,0 - 4,0.$$

Во избежание чрезмерно больших значений B/T , ограниченно сказывающими на ходовых и других мореходных качествах судна, может быть принят балласт.

Ограничение L/B соответствует иному пределу этой величины, характерному для современных судов.

При выборе размерений трейлерных судов необходимо уже на ранних этапах разработки проекта сочетать расчеты с эскизами, так как только графическая проработка рассматриваемых вариантов может дать уверенность в практической реализации. Для первоначальных (примитивных) расчетов можно исходить из следующих цифр и зависимостей.

Если обозначить через P_{tr} суммарную массу трейлеров, принимаемых на судно (предполагается, что количество трейлеров и их характеристики

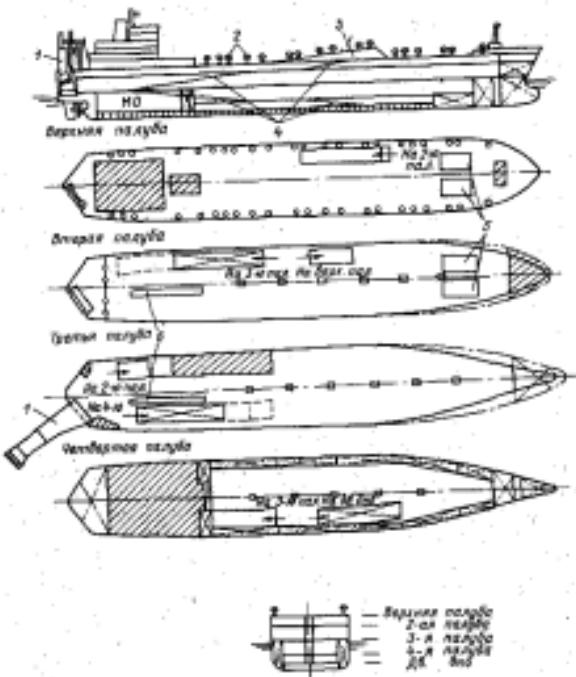


Рис. 25.8. Трэйлерное судно типа „Макарогорск“ водоизмещением 23 690 т
1 – рамы; 2 – кингстонбомбера; 3 – наклонный или винтовой настил на верхнюю палубу;
4 – внутренние мачты; 5 – трубоукладка; 6 – кабина МО

оговорены заданиям), то дебейт определяется по выражению

$$DW = (1,4+1,7)P_{tr} \quad (25.8)$$

Значение коэффициента пропорциональности в (25.8) зависит от скорости и дальности плавания судна (безызменные скорости и дальность соответствуют верхним значениям коэффициента).

В ряде случаев в задании на проектирование трэйлерного судна указывается не грузоподъемность или количество трэйлеров, а вместимость грузовых помещений N_{tr} . В этом случае можно воспользоваться следующей приближенной зависимостью [14]:

$$DW = 30 + 0,39N_{tr} \quad (25.9)$$

Значения коэффициентов углающих подводных лодок для трэйлерных судов при P_{tr} находятся в пределах 0,50–0,60.

Эти величины DW и F_{tr} , можно найти подсчетом, а затем, с помощью соотношений засечек, и главные размерения проектируемого судна.

При расчете на нагрузки необходимо принимать во внимание, что корпус трэйлерного судна несколько легче, чем корпус обычного сухогрузного судна с такими же размерами, ибо осадка трэйлерного судна окажется меньше, следовательно, мицелии будут и толщина скажется. Кроме того, у трэйлерного судна мицелия массы компонентов линков и потерянных переборок, отсутствуют грузовые магты и стрель. Ограниченно можно сказать, что измеритель массы корпуса с оборудованием, описанной и кубическим модулем, уменьшается на 12–15%.

На последующих этапах разработки проекта трэйлерного судна необходимо воспользоваться откликоческими линиями, практическими рекомендациями и зависимостями, вытекающими из формул для расчета нагрузки, содержащейся в работах [1, 14 и 46].

Для более полного представления о трэйлерных судах показываемыми с хроникальными представлениями судов этого типа – современными криволинейными трэйлерами судном типа „Макарогорск“ водоизмещением 22 690 т (рис. 25.8). Судно четырехпалубное, с кингстоном расположенным МО, краевыми грузовыми герметиками шириной 11,0 и высотой 5,2 м в короткой узелей транспортной рабочей зоной 36 и шириной приставной части 7 м, рассчитанной на нагрузку до 60 т. Рабочая палуба наружная – третья, обозначенная с другим настилом и настилом двойного яма – по состоянию внутренним измерениям (инвентарем). Правые для двух ямок палубы закрытыются занавесами с палубами герметичными уплотнениями краевыми. Наклон, наружный от второй на краю палубы, засыпки склона ям с недопророванными дамрами. Надом вся палуба толкает 6°, стороны из приставной части 7 м.

Для внутренней криволинейных групп предусмотрены парные ямы на первом и втором занятых размером ямами 7,68 X 12,60 м. Засыпки ям наружные уплотняются занавесами с палубами.

Палубы подкрепляются поперечными, расположеными в цилиндрической плоскости. К этим же палубам крепится съемки палуб для 240 легких автомобилей.

бене, которая может быть установлена во втором танкище. Размеры и вместимость грузовых помещений, исключая первое бакету, следующие:

Грузовые помещения	Площадь, м ²	Высота, м	Вместимость, м ³	Количественность, ТБУ
Верхняя палуба	3185	—	—	390, в 3 яруса
I палуба	4457	3,1	13 872	210, в 1 ярус
II палуба	3821	5,3	21 946	431, в 2 яруса
III палуба	2521	5,3	12 621	241, в 2 яруса
Транс.	1938	3,1	5 956	81, в 1 ярус
Всего:	16 323	—	54 395	1368

Судно снабжено собственной погружной тюковкой, состоящей из 12 тяговых и погружных грузодополнительных от 4 до 30 т. Вместимость грузовых помещений определяется 50 контейнерами кунтарной производительности 860 м³/т, что обеспечивает 20-кратный объем грузов в час во время проведения грузовых операций.

На распределительной палубе обеих рамах расположены пост управления грузовыми операциями, которые могут производиться при разнице в уровнях трюмной палубы и привода от +2,0 до -5,5 м.

Главные размерения судна L X B X H X T = 190,6 X 31,8 X 22,0 X 9,2 м. Энергетическая установка дизель-редукторная, однотактная, мощнностью 2 X 13 500 л. с. (2 X 9925 кВт). Судно оборудовано исключительно пакетизированым устройством.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Лавров М. М. Определение основных размеров судов с горизонтальной грузодобывкой в начальных стадиях проектирования [В кн.: Тр. ШНИИМФ, 1977, Вып. 223, С. 21-36].
- Аксентьев Л. Г., Благовещенский С. Н. Аварии судов от потери остойчивости. Л.: Судостроение, 1975. 198 с.
- Александров А. В. Остойчивость судов // Морской флот, 1983, № 8, С. 51.
- Андреев В. П. Проектирование судов. Л.: Судостроение, 1985. 330 с.
- Бровинов А. В. Учет требований о остойчивости при определении основных элементов концепции // Судостроение, 1978, № 1, С. 9-12.
- Бойкинский Я. И. Свертывание движений судов. Л.: Судостроение, 1988. 288 с.
- Лайкович А. И. Проектирование контейнерных судов. Л.: Изд. ПКН, 1985. № 1, 98 с.
- Гильмер Т. Х. Проектирование современного корабля: Пер. с англ. Л.: Судостроение, 1984. 376 с.
- Горлов Д. А. Решет водонепроницаемый в основных размерах корабля. Л.: Судостроение, 1955. 313 с.
- Дорин В. С., Панас Е. М., Солдатов Е. Е. Применение экономико-математических методов в ЗЭМ при проектировании судов // Судостроение, 1967. С. 17-24.
- Дорин В. С., Панас Е. М., Солдатов Е. Е. Экономико-математическая модель в пути решения задачи установления оптимальных типов транспортных судов [В кн.: Сб. НТД им. акад. А. В. Кузнецова. Вып. III, С. 9-14].
- Ерофеев А. А., Кузьменко А. В. Практические вопросы нормирования производственно-структурных работ // Судостроение, 1978, № 6, С. 37-38.
- Жданков Ю. К. Комбинированные суда для перевозки нефти и химических грузов. Л.: Судостроение, 1976. 200 с.
- Зверев А. С. Особенности проектирования судов с горизонтальной грузодобывкой. Л.: Изд. ПКН, 1986. 96 с.
- Исследование основных параметров и архитектурно-конструктивного типа универсального погружного судна плавучего завода // Тр. ШНИИМФ, 1979. Вып. 234. С. 3-14.
- Кириат Ф. М. Путешествия А. Ф. Штурма В. М. Протупыльские качества морских судов. Л.: Судостроение, 1972. 812 с.
- Кочетов С. В. Программные транспортно-транзитационные системы на мерседес грузовика. М.: Транспорт, 1981. 232 с.
- Лавров С. М. Морские танкеры. Л.: Судостроение, 1979. 360 с.
- Международные конвенции о грузовой марке 1966 года. М.: Ростехиздат МИИТ, 1968. 143 с.
- Международная конвенция по общему судну. М.: Ростехиздат МИИТ, 1976. 67 с.

21. Международная конвенция по предотвращению затонувания судов 1973 года и Протокол 1978 Года. М.: ЦИРА Народн. 1981. 361 с.
22. Мурд К. Л. Обеспечение плавучести корабля. М.: Водоходник. 1965. 194 с.
23. Мурд К. Л. Проектирование морских судов. Выбира элементы формы и определение надежности эксплуатационной установки проектируемого судна. Л.: Судостроение. 1976. 206 с.
24. Он же. Проектирование морских судов. Ч. I. Методика определения элементов проектируемого судна. Л.: Судостроение. 1964. 359 с.
25. Он же. Проектирование формы судна с построением гидравлического корпуса. Л.: Судостроение. 1962. 243 с.
26. Он же. Особенность судна и его плавучесть на волнении моря. Л.: Судостроение. 1967. 239 с.
27. Он же. Теория проектирования судов. Л.: Судостроение. 1955. 480 с.
28. Ногай Д. М., Бровинов А. В. О потоплении быстрор滚动ных грузовых судов. Судостроение. 1969, № 8. С. 5-10.
29. Ногай Д. М. Оптимизация элементов и характеристики проектируемых судов из базы математико-технических методов//В кн.: Азимов В. В. Проектирование судов. Л.: Судостроение. 1983. С. 272-308.
30. Ногай Д. М., Соколов Ю. Н. Системы автоматизированного проектирования судов. Л.: изд. Изд. 1981. 182 с.
31. Правила классификации и постройки морских судов. Л.: Транспорт. 1985 (Регистр СССР). Ч. II. Корпус. С. 71-277.
32. Правила классификации и постройки морских судов. Л.: Транспорт. 1985 (Регистр СССР). Ч. III. Установки, оборудование и снабжение. С. 278-351.
33. Правила классификации и постройки морских судов. Л.: Транспорт. 1985 (Регистр СССР). Ч. IV. Остойчивость. С. 354-401.
34. Правила классификации и постройки морских судов. Л.: Транспорт. 1985 (Регистр СССР). Ч. V. Деление на отсеки. С. 492-512.
35. Правила классификации и постройки морских судов. Л.: Транспорт. 1985 (Регистр СССР). Ч. VI. Противопожарная защита. С. 423-504.
36. Правила классификации и постройки морских судов. Л.: Транспорт. 1985 (Регистр СССР). Ч. VII. Механические установки. С. 505-514.
37. Правила оборудования морских судов. Л.: Транспорт. 1985 (Регистр СССР). 64 с.
38. Правила по инженерному оборудованию морских судов. Л.: Транспорт. 1985 (Регистр СССР). Ч. III. Сигнальные средства. С. 72-92.
39. Правила по инженерному оборудованию морских судов. Л.: Транспорт. 1985 (Регистр СССР). Ч. IV. Радиосборудование. С. 93-149.
40. Правила по инженерному оборудованию морских судов. Л.: Транспорт. 1985 (Регистр СССР). Ч. V. Наименование оборудования. С. 159-176.
41. Правила по предотвращению затонувания судов (конструкция и оборудование). Л.: Транспорт. 1986 (Регистр СССР). 119 с.
42. Проблемы гидравлической гидромеханики//Под ред. И. А. Титова. Л.: Судостроение. 1995. 352 с.
43. Родников Н. Н. Современные тенденции. Л.: Судостроение. 1990. 280 с.
44. Справочник практика для морских судов СССР. М.: ВО "Мортехинформресурс", 1984. 188 с.
45. Системы автоматизированного проектирования: В 9-ти кн. Кн. 8. Инженерный сплайн//Д. М. Жук, П. А. Кузьмин, В. Б. Мананов и др.; Под ред. И. П. Ногайко. М.: Водоходник. 1986. 159 с.
46. Соколов Д. Г., Азимов М. М. Техническо-эксплуатационное обоснование выбора основных элементов и архитектурно-инструментального типа структурных единиц с горизонтальным способом пружинных связей//В кн.: Тр. ЦНИИММФ. 1972. Вып. 136. С. 3-39.
47. Справочник по теории корабля//В. Ф. Дробязков, А. Н. Братинев, В. Е. Мурку и пр. М.: Водоходник. 1984. 589 с.
48. Справочник по теории корабля. Том 1. Гидромеханика. Сопротивление движению судов. Судовые движители//Под ред. Я. И. Волынкина. Л.: Судостроение. 1983. 786 с.
49. Гидравлические основы САПР//В. П. Коринев, В. Н. Курбатин, И. П. Ногайко. М.: Энерготомиздат. 1987. 400 с.
50. Гурбак Е. К., Альбус С. С., Йтуальф И. М. Проектирование обводов и движимой морской транспортных судов. Л.: Судостроение. 1985. 204 с.
51. Экспериментальная замена гребных машин: раздел 2 часть V "Плавание на отсеках" Практика классификации и постройки морских судов Регистра СССР. Изд. 1973 г./V кн.: Регистр СССР: Обзоры архитектурно-планировочных материалов. Выпуск второго. Л.: Транспорт. 1980. С. 107-115.
52. Бенчичи Г. Л., Таскер Р. Г. Current status of stability and buoyancy criteria used by the U. S. Navy for advanced marine vehicles//Naval Engineers Journal. 1975, vol. 87, N 5, p. 33-46.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Автоматизация судоходства** 311
Архитектура судов 195
Балласт водный 16, 234, 240
Балласторезка судов 235, 240
Водотяжные конструкции 167
Высокоманевренность
 — насыпей 73, 83
 — речных судов 67, 79
 — частей 75, 83
Водонепроницаемость
 — водяные 38
 — защелки 26, 46
Грузовые марки 103, 111
Грузоподъемность
 — по скользящему пути 67
 — по скользящему пути 68
 — твердотельная 57
 — гидравлика 73
Грузовые отпарщики 188
Грунты
 — жидкости 183
 — судов 178
 — классификация 179
Дизайн 29
 Длинномеры 218, 246, 272
Дифферент 237
Динамика
 — подводного пространства 224
 — судов абсолютная 23, 145
 — судов относительная 141
Жидкости грунты — см. Грунты жидкости
Жесткие пояса — см. Пояски жесткие
Судовые жилые
Задачи теории прочности судов:
 — износов 6
 — внутренних 6
Закрепление
 — корабля 124, 148
 — массово 148
Зона износа 204
Измерительные масштабы 33
Классификация:
 — морских транспортных судов 131
 — грузов 179
Компания 221
Конструкция 221
Конгломератор 184
Контейнеровозы 193
Контейнеровозы 292, 295
Конфигурация:
 — Нормаль 61
 — общая плавности 135
 — пологие конструктивной жесткости 140
 — плавные морские парусногрузы 149
 — продольной плавности 138
Литография 252
Линии грузовых 272
Магнитно-электрическое отображение 214
Межнародные конвенции:
 — о грузовых марках 117
 — по ограничению химии на море 102
 — по общему праву 86
 — по предотвращению загрязнения судов 238
Минимальные высоты:
 — абсолютные 84
 — относительные 84
Метод:
 — вертикальный 153, 156
 — геомеханических приближений 153, 155
 — статистический 152
Мосты:
 — магнитогидравлический 238
 — задний 298
Нагрузки судов:
 — гидро 24
 — разобщен 35
 — расчет 32
Надводный борт 177
Напряженность:
 — стальных обшивочных листов 109
 — требований 103, 104
Оптимизация:
 — структуры и назначения флота 246
 — элементов судна 158
Относительная длина — см. Длина судна относительная
Относительная ширьина судна 96
Осадка:
 — в баллах 241
 — средняя 236
Остивинекторы:
 — кренеров 83
 — рекомендации 91
 — требования 88
Плавучесть:
 — плавки 136
Плавуческая кубатура судна:
 — увеличения 73
Пороги:
 — горизонтальные 14
 — плавные 14
 — частичные 14
Положение по длине судна:
 — магнитного отображения 234
 — изгибосжимающего изгиба 143
 — ходового мостика 204
 — сектора магнитного 142
Полимерные судовые 202
Радиорубка 212
Разработка:
 — проект 8
 — теоретического чертежа 164
Регулируемый выпотырок — см. Выпотырок регулируемый
Рубки:
 — грузовых 204
 — плавки 209
 — киперных 399
САПР судов 161
Силуэт судна 195
Сливание 238
Строение по плавучим 166
Судок:
 — для парусных массовых грузов (СПМ) 281
 — упруго-пластичных ультрафильтрованных грузов 291
 — заграждающего плавания 178
 — изгибосжимающего изгиба 178
 — изгибосжимающее 175
 — контейнеровоза — см. Контейнеровоз
 — ходовой (ходов) 176
 — износов — см. Технор
 — герметичного плавания — см. Трамп
 — открытого типа 277
 — президент 246
 — с горизонтальными способами производства грузовых отпарщиков (СГО) 292
 — стандартное 265
 — струйное 265
 — изогнутого баллонта 265
 — отстоящие 261
Теоретический чертеж 164
Теория прочносто-механики судов:
 — основные задачи 6
 — развитие 12
Техническое задание 8
Тип судов:
 — архитектурный 174, 245
 — архитектурно-конструкционный 343
 — конструкционный 175, 343
Трамп 176
Транспортно-эксплуатационная система (ТЭС) 293
Трайлер 184
Трубы дымовые 200
Удифференцировка судна промышленности 59
Уражение:
 — прочносто-механики 74
 — мас 54
 — в алгебраической форме 55, 57, 58
 — в сфероидальной форме 58
 — методика в дифференциальной форме 58
 — отстойники 85
Устройство судовых 275
Флаг 181, 187
Характеристики судна 5
Цилиндрическая ветвь 144
Шестигранные ветви 241
Чертежи балластных 235, 241
Чертежи теоретических — см. Теоретический чертеж
Штиковка груза 188
Эксплут. 233
Элементы судна 5
Энергетическая установка судовая (ЭСУ) 213
Экспорт высоты 68

СОДЕРЖАНИЕ

Ряды первые.	Исходные положения.....	5
	Глава 1. ТЕОРИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДОВ. ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТОВ.....	5
§ 1.1.	Теория проектирования судов, ее сопоставляющая в место среди других судостроительных дисциплин	5
§ 1.2.	Сфера разработки проекта	8
§ 1.3.	Развитие теории проектирования судов	12
	Глава 2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕСЧЕТОВ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЕКТИРУЕМОГО СУДНА ПО ПРОТОТИПУ.....	14
§ 2.1.	Пересчеты при вхождении в составленные подрядчики	14
§ 2.2.	Первичные замечания проектанта к изложенной остойчивости	15
§ 2.3.	Пересчет остойчивости судна на финальных углах крена	18
§ 2.4.	Пересчет показателей изолированности и общей устойчивости судна	21
	Глава 3. НАГРУЗКА СУДНА И ВИДЫ ВОДОИЗМЕЩЕНИЯ.....	24
§ 3.1.	Общие позиции о нагрузках судна	24
§ 3.2.	Нормативный и проектный подходы к различиям нагрузок на разделы	25
§ 3.3.	Виды воздействий и характерные состояния нагрузок	28
Ряды вторые.	Качественный анализ в проектировании судов.....	32
	Глава 4. СВЯЗЬ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ СУДНА И СОСТАВЛЯЮЩИМИ НАГРУЗКАМИ.....	32
§ 4.1.	Расчет нагрузок судна на начальных этапах разработки проекта	32
§ 4.2.	Определение массы корабля с помощью формулы первой и второй групп	33
§ 4.3.	Определение массы корабля с помощью формулы третьей в четвертой группе	37
§ 4.4.	Расчет массы макетов и топлива	40
§ 4.5.	Определение массы снабжения и балласта	45
§ 4.6.	Обоснование залога подотделки в связи с остойчивостью	46

Глава 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЦЕНТРА ТЯЖести И УДИФФЕРЕНЦИОВКА ПРОЕКТИРУЕМОГО СУДНА.....	48
§ 5.1. Определение положения ЦТ судна по высоте	48
§ 5.2. Определение положения ЦТ судна по длине	49
§ 5.3. Проектная удифференцировка судна	50
Глава 6. УРАВНЕНИЯ МАСС И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ.....	54
§ 6.1. Исходные положения	54
§ 6.2. Уравнение масс, выраженное в функции главных размерений	55
§ 6.3. Уравнение масс, выраженное в функции водонизмещений	57
§ 6.4. Уравнение масс и формы коэффициентов угла наклона водонизмещений	58
§ 6.5. Дифференциальные уравнения масс Нерни и Буббона	60
Глава 7. СВЯЗЬ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ И ПРОЗИМЕСТЬЮ СУДНА. РЕГИСТРОВАЯ КВАСТИМОСТЬ	67
§ 7.1. Общие сведения о грунтовистости	67
§ 7.2. Управление грунтовистостью судоходных и пассажирских судов	74
§ 7.3. Регистровая грунтовистость судов	79
Глава 8. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОСТОЙЧИВОСТИ СУДОВ. УРАВНЕНИЯ ОСТОЙЧИВОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ.....	83
§ 8.1. Критерии нестойчивости проектируемых судов	83
§ 8.2. Вероятность и классификация остойчивости судов	86
§ 8.3. Требования, предъявляемые Регистром СССР к остойчивости судов	88
§ 8.4. Практические данные об остойчивости судов	91
§ 8.5. Уравнение остойчивости в алгебраической форме и его использование для определения основных элементов проектируемых судов	95
§ 8.6. Анализ стойкости возможных элементов проектируемого судна за его остойчивость	98
Глава 9. УЧЕТ ТРЕБОВАНИЙ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К НЕПОТОПЛЕМОСТИ И НАДВОДНОМУ БОРту СУДОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ИХ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	103
§ 9.1. Общие подходы к определению изолированности	103
§ 9.2. Требования Регистра СССР к изолированности судов	104
§ 9.3. Зависимость и от ее зависимость от элементов судна	106
§ 9.4. Определение главных размерений проектируемых судов, исходя из требований к изолированной остойчивости	108
§ 9.5. Выбор расчетных пропорций и проверка выполнения требований, предъявляемых Регистром СССР к изолированности судна	113
§ 9.6. Учет требований Регистра о грунтовой ширине	117
Глава 10. СВЯЗЬ МЕЖДУ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПРОЕКТИРУЕМЫХ СУДОВ И СОПРОТИВЛЕНИЕМ ВОДЫ ИХ ДВИЖЕНИЯ.....	120
§ 10.1. Принципиальные замечания	120
§ 10.2. Вспомогательные элементы судна и сопротивление течки	122
§ 10.3. Вспомогательные элементы судна и остойчивого сопротивления	124

§ 10.4. Поток спроектирования. Гидравлический и проектный подходы к определению оптимальных элементов судов	128	§ 17.2. Разработка силового и бензинового типа судна	197			
Глава 11. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ФОРМЫ КОЛЛАПСА ПРОЕКТИРУЕМОГО СУДНА		133	§ 17.3. Классификация судовых помещений	202		
§ 11.1. Исходные заданные к предварительному выбору параметров формы корабля предварительного судна	133	Глава 18. НАДИГАДНОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ПОМЕЩЕНИЯ. ВЫБОР ТИПА СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ И ЕЕ РАЗМЕЩЕНИЕ НА СУДНЕ			203	
§ 11.2. Выбор коэффициентов гидродинамического сопротивления	135	§ 18.1. Понятие управления судном	211			
§ 11.3. Выбор относительных длины и сеченияльных гидравлических размеров	141	§ 18.2. Номинации средней и внутренней силы	212			
§ 11.4. Выбор положения центра всплытия, наиболее полного занимаемого и гидравлической астели	142	§ 18.3. Выбор типа судовой энергетической установки	213			
§ 11.5. Выбор формы обводов сопротивляемой судна	144	§ 18.4. Рекомендации энергетической установки и габариты машинно-котельной отделений	214			
Ряды третий. Методология выбора основных элементов промежуточных судов. Редизайн гидравлического чертежа		151	§ 18.5. Выбор номинации машинного отсека из длины судна	215		
Глава 12. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОЕКТИРУЕМЫХ СУДОВ		151	Глава 19. КОМПЛЕКСАЦИЯ И ПОМЕЩЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ			218
§ 12.1. Обзор представлений о методах проектирования судов	151	§ 19.1. Комплексизация номинации	221			
§ 12.2. Метод последовательных приближений	153	§ 19.2. Жилые и общественные помещения	223			
§ 12.3. Метод квирн	156	§ 19.3. Санитарно-гигиенические и медицинские помещения	228			
Глава 13. ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СУДОВ		158	§ 19.4. Административные, хозяйственные и бытовые помещения	230		
§ 13.1. Критерии оптимизации	158	§ 19.5. Несколько примеров композиций по судоходным судам. Общая классификация номинаций номинаций и пакетов	231			
Глава 14. РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЧЕРТЕЖА СУДНА		164	Глава 20. БАЛЛАСТИРОВКА СУДОВ. ВЫБОР АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНОГО ТИПА СУДНА			234
§ 14.1. Предварительные положения	164	§ 20.1. Исходные положения	234			
§ 14.2. Подготовительные работы	166	§ 20.2. Требования к лодочному судну в плавании трупа и при ходе в балласте	236			
§ 14.3. Построение теоретического чертежа	169	§ 20.3. Отрезание номинации в однотипном балласте и его размещение по судну	240			
Ряды четвертый. Общий обзор о морских транспортных судах и их классификации. Выявление задач теории проектирования судов		173	§ 20.4. Выбор архитектурно-конструктивного типа судна	242		
Глава 15. КЛАССИФИКАЦИЯ СУДОВ		173	Глава 21. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДОВ			246
§ 15.1. Несколько вступительное	173	§ 21.1. Обзор положений	246			
§ 15.2. Классификация морских транспортных судов по назначению и технологиям транспорта	173	§ 21.2. Исходные данные для технико-исследовательских обоснований	247			
§ 15.3. Классификация морских транспортных судов в соответствии с группами судов по функциям и видам грузов	176	§ 21.3. Определение технико-экономических характеристик судов-прототипов	248			
Глава 16. ГРУЗЫ, ТАРА И ГРУЗОВЫЕ ОПЕРАЦИИ НА СУДАХ		178	§ 21.4. Выбор оптимальных судов-прототипов	250		
§ 16.1. Грузы	178	Ряды пятых. Особенности судов различного назначения и их учет при решении внутренней задачи теории проектирования судов			253	
§ 16.2. Тара	184	Глава 22. НАЛИВНЫЕ СУДА			253	
§ 16.3. Грузовые операции на судах	188	§ 22.1. Обзор сведений о наливных судах	253			
Глава 23. АРХИТЕКТУРА СУДОВ. КЛАССИФИКАЦИЯ СУДОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ		195	§ 22.2. Характеристики особенности нефтеперевалочных судов	254		
§ 23.1. Внешний вид современных судов	195	§ 22.3. Выполнение требований Международной классификации МАРПОЛ 73/78	259			
318			Глава 24. УНИВЕРСАЛЬНЫЕ И МНОГОЦЕЛевые СУХОГРУЗНЫЕ СУДА			318
			§ 24.1. Общие сведения. Параграфы, стадионы, открытые и многоцелевые суда	318		
			§ 24.2. Состав и размеры грузовых помещенияй	319		
			§ 24.3. Грузовые линии и грузовые устройства	319		
			§ 24.4. Суда открытого типа	319		

Глава 24. СУДА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ МАССОВЫХ ГРУЗОВ	283
§ 24.1. Общие сведения	283
§ 24.2. Танкетальные суда	283
§ 24.3. Комбинированные суда	289
Глава 25. СУДА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ УКРУПНЕННЫХ ЭНДИВИДУАЛЬНЫХ ГРУЗОВ	291
§ 25.1. Инерционные укрупнительные грузы и суда для их перевозки	291
§ 25.2. Специализированные колесные суда единой конструкции	294
§ 25.3. Особенности выбора основных элементов специализированных колесных судов	299
§ 25.4. Треклерные суда (суда на рельсах)	303
Список литературы	311
Приложенный указатель	314

УЧЕБНИК

Бразинко Алантий Владиславович

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

Заведующий разделом П. К. Зубарев

Редактор Н. К. Климентьева

Художник-иллюстратор С. В. Алексеев

Художественный редактор А. Н. Мирошников

Технический редактор Е. А. Полихнов

Корректор С. Н. Маковская

ИБ № 1383

Подписано в печать 5.03.85. Формат 60 x 90 1/16. Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Усл. лист. № 20,6. Усл. кр.-лист. 20,6. Ученик. л. 31,46. Тираж 7700 экз. № 34419-89. Знак № 519. Цена: 3 р. 60 к.

Издательство "Судостроение", 191065, Ленинград, ул. Гоголя, 8.

Наименование и издательство "Судостроение" на заборе писалось автомата оптимизатором Егоровой Е. А.

Отпечатано в Тульской типографии при Государственном комитете СССР по печати, г. Тула пр. Ленина, 139.