Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

И. Д. Овчинников

ТЕХНИКА ТРАНСПОРТА

Утверждено в качестве учебного пособия
Ученым советом Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

Комсомольск-на-Амуре
2012

УДК [656.6+656.2](07)
ББК 39.42-082я7+39.2я7
О-355

Рецензенты:

В. М. Козин, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМиМ ДВО РАН);

Л. Ю. Теребиж, директор Ванинского филиала Федерального государственного унитарного предприятия «РОСМОРПОРТ» Министерства транспорта Российской Федерации

Овчинников, И. Д.

О-355 Техника транспорта : учеб. пособие / И. Д. Овчинников. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2012. – 126 с.

ISBN 978-5-7765-0932-2

Учебное пособие содержит сведения о принципиальном устройстве, обслуживании и ремонте транспортных средств. Изложены основные элементы конструкции основных видов транспортных средств, их назначение и особенности, которые необходимо учитывать при организации перевозок. Приведены также исходные данные, необходимые для разработки курсового проекта, методика его выполнения и основные требования к оформлению. Для продуктивной работы над проектом в тексте и приложениях приведен справочный материал.

Пособие предназначено для студентов специальности 190701 – Организация перевозок и управление на транспорте очной формы обучения. Кроме того, пособие может быть полезно специалистам в области грузовых перевозок.

УДК [656.6+656.2](07)
ББК 39.42-082я7+39.2я7

ISBN 978-5-7765-0932-2

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……..….. 5

1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ …..…… 6

2. МОРСКОЙ ТРАНСПОРТ…….. 8
   2.1. Краткая историческая справка ……..... 8
   2.2. Судно как транспортное средство ……. 12
   2.3. Судовые устройства ……... 26
   2.4. Качества судна …… 31
   2.5. Особенности эксплуатации судов ……. 33

3. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ……... 43
   3.1. Краткая историческая справка ……..... 43
   3.2. Железнодорожный транспорт как инженерное сооружение …. 44
   3.3. Структура техники железнодорожного транспорта …… 49
   3.4. Железнодорожное полотно …… 51
   3.5. Железнодорожные локомотивы …… 59
   3.6. Железнодорожные вагоны ……. 65
   3.7. Особенности эксплуатации железнодорожного транспорта ….. 67

4. АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ……. 70
   4.1. Краткая историческая справка …….. 70
   4.2. Состав автомобильного транспорта …….. 71
   4.3. Конструктивные элементы автомобиля ……... 75
   4.4. Обслуживание и ремонт автотранспорта ……. 80

5. ВОЗДУШНЫЙ ТРАНСПОРТ……... 81
   5.1. Краткая историческая справка …….. 81
   5.2. Состав воздушного транспорта ……. 82
   5.3. Движение воздушного транспорта …… 83
   5.4. Конструктивные элементы самолета …… 85

6. ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ……... 87
   6.1. Краткая историческая справка …….. 87
   6.2. Состав трубопроводного транспорта ……...…… 89

7. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА……. 91
   7.1. Содержание курсового проекта ……. 91
   7.2. Основные требования к оформлению курсового проекта …….. 92

8. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА……... 94

ЗАКЛЮЧЕНИЕ …….. 117

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК……..... 117

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ДИАГРАММА Э. ПАПМЕЛЯ……... 119
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ФОРМУЛЫ А. Б. ЗНАМЕНСКОГО
ДЛЯ РАСЧЕТА ОСТОЙЧИВОСТИ
НА БОЛЬШИХ УГЛАХ НАКЛОНЕНИЙ …….. 120
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. СОРТАМЕНТ ТРУБ СТАЛЬНЫХ
БЕСШОВНЫХ ГОРЯЧЕДЕФОРМИРОВАННЫХ
ПО ГОСТ 8732-78..……. 122
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КПД ГРЕБНОГО ВИНТА…… 124
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ……..... 124
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. ТИПОВАЯ ОСНАСТКА ГРУЗОВОЙ
СТРЕЛЫ ……...…….. 125
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. СУДОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ, ВЫДАВАЕМЫЕ
КЛАССИФИКАЦИОННЫМ ОБЩЕСТВОМ…….. 126

ВВЕДЕНИЕ

В каждый исторический период времени конструкция, оснащение транспортных средств определялись уровнем развития науки, техники и технологии, а общественные потребности в перевозках грузов, в свою очередь, определяли развитие областей науки и техники, необходимых для транспортного машиностроения и перевозок, судостроения и мореплавания. Более того, транспорт способствовал созданию инфраструктуры, представляющей собой основу жизнедеятельности общества и экономики.

Моря и океаны не только разделяют страны и континенты, но и одновременно связывают их морскими путями, поэтому основное население планеты и основное производство расположено в сравнительно узкой прибрежной полосе. Перевозки по воде, развиваясь сами, стимулировали развитие наземных видов транспорта, необходимых для доставки грузов получателям.

Перевозка грузов представляет собой сложный процесс производства. В нем участвуют не только перевозчики, грузоотправители и грузополучатели. В перевозке участвуют работники брокерских, агентских, стивидорских и сюрвейерских компаний, порты, банки, страховщики и различные государственные органы. Их деятельность направлена на своевременную и качественную доставку грузов.

Материальный грузовой поток, который представляет собой перевозки, обеспечивается транспортными и различными грузоподъемными средствами. Качество перевозки, ее надежность определяется совершенством, исправностью технических средств и технологий, применяемых в транспортном процессе, а также квалификацией персонала транспорта, транспортных узлов и обслуживающих их компаний. Процесс перевозки грузов основывается на техническом, технологическом, организационном, коммерческом, правовом и финансовом обеспечении. Кроме того, транспортный процесс обеспечивается техническим и материальным снабжением, а также различными услугами в транспортных узлах.

К техническому обеспечению относятся транспортные средства различных типов и характеристик, оборудование транспортных узлов и коридоров, а также вспомогательные и специальные технические средства. Именно транспортные средства (суда, вагоны, автомашины, трубопроводы и т.д.) являются основным компонентом транспортного процесса, без которого он невозможен. Различные свойства перевозимых грузов определяют разнообразие типов транспортных средств, а особенности потребления и, соответственно, объемы перевозки грузов требуют необходимость иметь транспортные средства различных грузоподъемности и возможностей.

Скорость движения транспортных средств выбирается из соображений наилучшего соотношения между временем доставки груза и затратами на его перевозку. При этом если быстрота доставки груза дает преимущества на рынке перевозок, то все необходимые затраты оправданы.

1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Транспорт (*transportare* – лат. перемещать) является отраслью производства, обеспечивающей потребности общества в перевозке грузов и пассажиров. Ее особенность в том, что транспорт не перерабатывает сырье и не создает продуктов, он оказывает услуги. На транспорте производственный процесс и продукция, которая является перевозка, совпадают во времени и пространстве. Перемещение грузов или пассажиров является одновременно производственным процессом и продукцией транспорта.

Транспорт – совокупность транспортных средств, путей сообщения и технических устройств и сооружений. Транспортные средства – это вагоны, локомотивы, автомобили, грузовые и пассажирские суда, самолеты, трубопроводы и пр. Пути сообщения представлены дорогами, мостами, водными, морскими и воздушными трассами. Техническими устройствами и сооружениями служат гаражи, предприятия ремонта и технического обслуживания, грузовые терминалы и пассажирские станции, средства связи, сигнализации, автоматизации и т.п. В транспортной отрасли занято свыше 3,2 млн чел., что составляет 4,6 % работающего населения.

Транспорт представляет собой единую транспортную систему, состоящую из подсистем каждого вида транспорта: железнодорожная, автомобильная, морская, речная, воздушная и трубопроводная. Каждая из них состоит из основных элементов: инфраструктуры, транспортных средств и управления. К транспортной системе также относятся транспортные узлы и коридоры, промышленный и общественный транспорт. Транспортная сеть транспортной системы России составляет (без городского и промышленного транспорта):

– железные дороги 89 тыс. км;
– речные пути 127 тыс. км;
– автомобильные дороги с твердым покрытием 745 тыс. км;
– магистральные нефтепродуктопроводы 70 тыс. км;
– магистральные газопроводы 137 тыс. км;
– воздушные линии 600 тыс. км.

Транспортная система характеризуется также тем, что в межсезонье 10 % населения страны фактически отрезаны от остальной территории, не имея доступа к круглогодично эксплуатируемым автодорогам или к железнодорожным станциям, аэродромам. По состоянию на 2011 г. средняя

подвижность населения составляет 6300 км/чел. в год, для сравнения в Западной Европе – 15-20 тыс. км/чел., в США – 25-30 тыс. км/чел. в год.

Роль подсистем транспортной системы России в удовлетворении потребностей в перевозках различна. Наибольшую грузонапряженность, т.е. количество тонно-километров груза на километр транспортного пути, имеет железнодорожный и автомобильный транспорт.

Природные условия России предопределили первостепенное значение всепогодного железнодорожного транспорта, на который приходится 85 % внутреннего грузооборота, и трубопроводного транспорта. Эти два вида транспорта выполняют основной объем грузовой работы. В европейской части страны железнодорожная сеть имеет радиальную структуру, а в азиатской части – широтное простирание и небольшую плотность. Важнейшая магистраль – Транссибирская – строившаяся с 1892 по 1916 г. и модернизированная в 1970-80-х гг., практически исчерпала свои транспортные возможности. Однопутная Байкало-Амурская магистраль имеет пока невысокую пропускную способность. Существенное значение для развития Восточной Сибири после сооружения моста через Лену будет иметь Амуро-Якутская магистраль, построенная в 2011 г.

Морскому транспорту принадлежит основная роль в межгосударственном грузообороте. Важность морского транспорта для России определяется её положением на берегах трёх океанов и протяжённостью морской границы 42 тыс. км. Внутренние речные судоходные пути России составляют 80 тыс. км. Грузооборот по ним составляет 3,9 % от общего.

Трубопроводный транспорт используется для перемещения сырой нефти, природного и попутного газа, а также нефтепродуктов, жидких и газообразных химикатов. Автомобильным транспортом перевозится около 6,9 млрд т груза, грузооборот его составляет 216 млрд т-км.

Общегосударственные и региональные транспортные узлы взаимно дополняют друг друга. Грузы определенной территории аккумулируются в региональном узле, а затем доставляются в общегосударственный транспортный узел, что сокращает порожний пробег транспорта.

При доставке грузов грузополучателям морской и водный транспорт взаимодействуют с наземными видами транспорта. Такие постоянные и временные связи нескольких видов транспорта формируют смешанные перевозки. Существующие производственные связи могут быть непосредственными и опосредственными. Непосредственные связи проявляются при выполнении смешанных перевозок на транспортных узлах, где груз передается с одного вида транспорта на другой. Опосредственные связи образуются при функционировании существующих в транспортной сети параллельных маршрутов разных видов транспорта и перевозок по нескольким вариантам маршрутов. Эти связи проявляются в виде перераспределения грузовых потоков одного направления по различным видам транспорта.

Основные перевозки различных грузов выполняются железнодорожным и автомобильным транспортом. Хотя трубопроводный транспорт обеспечивает транспортировку значительных объемов груза, этот груз специфичен и очень ограничен по номенклатуре, всего лишь нефть и природный газ.

2. МОРСКОЙ ТРАНСПОРТ

2.1. Краткая историческая справка

Конструкция первых судов полностью определялась теми материалами, которыми располагал тот или иной регион. В Древнем Египте, где было мало леса, для постройки использовался папирус. Растения связывали в пучки, торцы герметизировали смолой. Затем из этих пучков связывали само судно. В Средней Азии для постройки судов использовали шкуры и прутья, из которых делали каркас. В Европе, располагавшей значительными запасами леса, строили деревянные суда. Сначала это были долбленые суда. Позже, по мере развития технологии обработки дерева, суда начали строить из досок, используя для обеспечения водонепроницаемости стыков смолу.

Одним из древнейших судов, обнаруженных на территории, издавна заселенной русскими, является дубовый челн, который был поднят в 1950-х гг. со дна Днепра. Судно довольно хорошо сохранилось, хотя возраст его составляет 2500 лет. Оно имеет главные размерения $L \times B \times H$, равные 9,0×0,9×0,81 м. Сейчас этот челн хранится в Центральном военно-морском музее в Санкт-Петербурге.

В качестве движителя на древних судах использовали шесты, а затем весла. Одно весло использовалось как рулевое. Позже оно видоизменилось, превратившись в руль. Около 3000 лет до н.э. был изобретен парус, который вначале служил как движитель, дополняющий весла. Первоначально он имел прямоугольную форму и поднимался на безвантовой Λ-образной мачте. Такие паруса позволяли использовать для движения только попутный ветер. Длина транспортных судов достигала 20-30 м, а скорость составляла около 4 уз[1]. Якоря были деревянными с каменными или свинцовыми штоками. Железные якоря, напоминавшие своей формой адмиралтейский якорь, появились только в 300-х гг. до н.э.

Начало корабельным наукам было положено в 200-х гг. до н.э. работой Архимеда «О плавающих телах», в которой он сформулировал закон плавучести. Крупнейшим судном Древнего мира было гигантское судно

[1] Узел – внесистемная единица скорости, применяемая в морской навигации.
1 уз = 1 морская миля в час = 1,852 км/ч.

для перевозки грузов и пассажиров, построенное по проекту Архимеда, водоизмещением 4200 т с размерениями $L \times B$, равными 90×15,5 м.

Появившиеся косые паруса открыли новый этап развития мореплавания, позволяя использовать для движения судна ветер практически любого направления. Основным строительным материалом для судов становится дерево. Развиваются кораблестроительные науки. В конце 1750-х гг. в России выходит книга Л. Эйлера «Корабельная наука, или Трактат о строении кораблей и управляемости ими». Своего наивысшего развития транспортные суда с парусным движителем достигли в 1860-х гг. Построенные в те годы клиперы имели водоизмещение до 4500 т и развивали скорость до 18 уз.

Первый пароход был построен в 1807 г., он работал на линии Нью-Йорк-Олбани. Судно имело главные размерения $L \times B \times T$, равные 43,28×4,27×1,22 м. Паровая машина мощностью 18 л.с. обеспечивала ему скорость 6,3 км/ч. В России первый пароход «Елизавета» был построен Ч. Бердом в 1815 г. Паровая машина мощностью 16 л.с., вращавшая гребные колеса диаметром 3,99 м, обеспечивала пароходу скорость 9,7 км/ч. Пароход «Елизавета» много лет работал на линии Санкт-Петербург-Кронштадт.

Первым пароходом, совершившим океанское плавание, стал «Сириус», построенный в 1837 г. Несмотря на штормовую погоду, судно с 40 пассажирами на борту пересекло Атлантику за 18 сут и 10 ч. Судно водоизмещением 412 т имело деревянный корпус с главными размерениями $L \times B \times T$, равными 63,4×7,88×4,58 м. Паровая машина мощностью 320 л.с. обеспечивала судну скорость 9 уз. В 1834 г. страховое общество «Регистр судоходства английского Ллойда» выпустило «Книгу правил, регламентирующую порядок классификации судов», которая стала первым нормативным документом, определявшим правила постройки судов.

Практические опыты применения гребных винтов на судах начались в 1840-х гг. Первым русским судном с гребным винтом стал фрегат «Архимед», построенный в 1848 г., с паровой машиной мощностью 300 л.с. Развитие технологии металлургии, недостаток корабельного леса предопределили с 1830-х гг. переход к железному, а затем к стальному судостроению, хотя первый целиком металлический пароход был построен еще в 1822 г. Вытеснение дерева металлом началось в 1840-е гг. Металлические суда имели значительные преимущества перед деревянными. Корпусные детали можно было прочно соединить между собой, обеспечивая прочность и водонепроницаемость. Стало возможным устроить водонепроницаемые переборки, содержать в чистоте трюмы. Повысилась пожарная безопасность судов. Корпуса судов стали значительно долговечнее, их наружную поверхность проще было очищать.

В 1850-х гг. для океанских перевозок было построено огромное для того времени судно «Грейт Истерн» водоизмещением 32 тыс. т. На нем впервые были сделаны двойное дно и двойные борта, применена продольная система набора. Участвовавший в его постройке инженер В. Фруд стал автором работ в области теории корабля, гидродинамики и качки. Он создал первый опытовый бассейн для проведения модельных испытаний судов и определения буксировочного сопротивления.

Интенсивное развитие производительных сил в конце XIX – начале XX в. определило рост потребности в морских перевозках и, соответственно, развитие судостроения, а также корабельных наук. Увеличиваются размеры судов, совершенствуются их силовые установки, повышается их обитаемость. Валовая вместимость судов увеличивается с 5000 рег. т[1] в середине XIX в. до 16000 рег. т в начале XX в. Начиная с 1881 года, на судах начали устанавливать паровые машины тройного расширения, давление пара подняли до 12 атм[2], что позволило сократить расход топлива и повысить экономичность перевозок. Однако к концу XIX в. возможности повышения мощности и экономичности паровых машин исчерпываются, им на смену приходит паровая турбина. Первый турбоход водоизмещением 44 т, построенный в Британии инженером Ч. Парсонсом в 1896 г., развил скорость 34,5 уз, которая обеспечивалась силовой установкой мощностью 2100 л.с. В наше время танкер «Beawise Giant» с размерениями $L \times B \times T$, равными 458,2×68,8×24,6 м, водоизмещением 825,6 тыс. т и скоростью 13 уз является крупнейшим в мире судном.

В конце 1860-х гг. торговый флот России насчитывал всего 51 морской пароход. Основная масса экспортных грузов перевозилась иностранными судами, за фрахт приходилось платить значительные средства. В результате мер, предпринятых правительством, уже к концу 1880-х гг. в России работало 152 морских судна общей вместимостью 174241 рег. т. Одна только крупнейшая судоходная компания РОПиТ имела 75 судов вместимостью 64799 рег. т. Большим вкладом в развитие корабельных наук стал четырехтомный труд инженера М.М. Окунева «Теория и практика кораблестроения», изданный в 1870-х гг.

Русские суда работали на морских и океанских линиях, выполняя перевозки в порты Европы, Африки, Индии и Китая. Доставка пуда[3] груза из Европейской части России на Дальний Восток в 1885 г. сухопутным путем стоила 12 р., в то же время фрахт такого же количества груза составлял 0,51-1,12 р. Большую роль в заселении и развитии русского Дальнего Востока сыграли суда пароходной компании «Добровольный флот». Они пе-

[1] Тонна регистровая – единица объема (вместимости), используемая в морской практике. 1 рег. т = 100 куб. футов = 2,83 м^3.

[2] Атмосфера – внесистемная единица давления. 1 атм = 1 кгс/см^2 = 9,81 кПа.

[3] Пуд – единица массы в русской системе мер. 1 пуд = 16,38 кг.

ревезли с 1883 по 1901 г. 288705 чел., в том числе 57349 переселенцев из Центральной России. В середине 1906 г. суда этой же пароходной компании начали совершать регулярные рейсы на трансатлантических линиях. В конце 1914 г. в составе флота России находился 1121 пароход общей грузовместимостью 912751 рег. т.

В конце XIX в. началась специализация судов. В 1898 г. строится первое судно «Юниверс», предназначенное для перевозки навалочных грузов. Его конструкция исключала опасное смещение груза при качке и штивку во время разгрузки. По предложению академика Д.И. Менделеева в 1904 г. в России было построено первое в мире наливное судно «Вандал» для перевозки нефти из Баку в центральные районы России. Это судно знаменательно еще и тем, что на нем впервые в качестве главного двигателя был установлен дизель. В начале XX в. Россия прочно удерживала первое место в мире по числу теплоходов в составе своего торгового флота.

В 1899 г. вошел в строй спроектированный адмиралом С.О. Макаровым ледокол «Ермак», который в начавшуюся зимнюю навигацию спас 33 судна, попавших в бедственное положение из-за тяжелой ледовой обстановки на Балтике.

Восстановление морского флота, практически уничтоженного в результате революции и последующей разрухи, началось в 1920-х гг. Торговый флот страны в 1925 г. имел в своем составе 141 судно и впервые после начала своего восстановления завершил год безубыточно. Грузооборот морских перевозок в 1937 г. вплотную приблизился к объему перевозок в предвоенном 1913 г., а уже в 1940 г. превысил его на 19,5 %.

Тяжелые потери понес торговый флот в период Великой Отечественной войны, обеспечивая воинские перевозки и перевозки по ленд-лизу. Восполнить военные потери судов удалось сравнительно быстро напряженной работой отечественной судостроительной и судоремонтной промышленности, а также поставками по ленд-лизу судов типа «Либерти» водоизмещением 14500 т и грузоподъемностью 8400 т с главными размерениями $L \times B \times T$, равными 134,5×17,4×8,4 м.

В послевоенные годы в нашей стране началось интенсивное развитие торгового флота. В 1950-е гг. была построена серия танкеров типа «Казбек» дедвейтом[1] 11800 т, началось строительство судов типа «река-море», были построены серии среднетоннажных судов типа «ДнепроГЭС» дедвейтом 7200 т и рефрижераторов типа «Актюбинск» дедвейтом 4800 т.

В 1960-х гг. наш флот пополнился двумя сериями производственно-транспортных судов типа «Севастополь» и «Янтарный» дедвейтом 4300 т, оборудованных морозильными установками. Вступила в строй серия лесо-

[1] Дедвейт – эксплуатационная характеристика судна, представляет собой сумму коммерческих грузов, снабжения, экипажа и пассажиров, собственных запасов топлива, масла и воды, кроме мертвых запасов в цистернах.

возов типа «Вытегралес» дедвейтом 6000 т с большим раскрытием палуб и высокой степенью механизации грузовых операций. Были построены серии быстроходных судов типа «Капитан Кушнаренко» дедвейтом 16000 т, скоростью 18,5 уз и типа «Бежица» грузоподъемностью 11500 т, скоростью 17 уз, а также суда типа «Парижская коммуна» дедвейтом 16000 т, скоростью 19 уз. В 1970-х гг. построены крупнейшие в отечественном судостроении судов танкеры дедвейтом 150000 т. Строились балкеры типа «Балтика» дедвейтом 35800 т и типа «Харитон Греку» дедвейтом 53700 т.

Отечественный флот выполнял не только морские перевозки, но и участвовал в освоении Арктики и Антарктики. К 1990-м гг. морской флот нашей страны вышел на шестое место в мире по объему тоннажа, успешно работая на морских и океанских линиях. Почти 46 % экспортных грузов перевозилось отечественными судами. В настоящее время, к сожалению, вследствие непродуманных реформ эта доля сократилась до 3-4 %, но восстановление флота началось.

2.2. Судно как транспортное средство

Классификация судов. Судно как транспортное средство для перевозки грузов представляет собой сложное инженерное сооружение, опирающееся на воду для поддержания вертикального равновесия. Суда классифицируют, используя для этого в качестве критериев:

1) назначение судна;
2) район плавания;
3) тип главной энергетической установки;
4) тип движителя;
5) материал корпуса судна;
6) способ, которым судно опирается на воду.

По критерию «назначение» все суда подразделяют на пассажирские, грузовые, промысловые, служебные, технические и специальные.

Пассажирским судном считается судно, предназначенное для перевозки 12 и более пассажиров. Пассажирские суда классифицируют в три подгруппы: лайнеры, рейсовые пассажирские суда и туристические или круизные.

Грузовые суда подразделяют на сухогрузные и наливные (танкеры). Сухогрузные суда классифицируют в две подгруппы: универсальные, которые предназначены для перевозки различных грузов, и специализированные, которые ориентированы на перевозку определенного вида груза. К универсальным грузовым судам относят грузовые лайнеры (карголайнеры), которые обслуживают определенную грузовую линию, и трамповые грузовые суда, которые обслуживают различные судоходные линии.

К специализированным грузовым судам относят контейнеровозы, лихтеровозы, трейлеровозы, лесовозы, балкеры, рефрижераторы, фруктовозы. Конструкция грузовых помещений специализированных судов, их грузовые устройства, ориентированные на определенный вид груза, позволяют обеспечивать качественную перевозку грузов и высокую производительность грузовых операций. В танкерах выделяют наливные суда для перевозки нефти и нефтепродуктов, газовозы и химовозы.

Промысловые суда предназначены для лова и обработки рыбы и других морепродуктов. К этой классификационной группе относят: большие и малые рыболовные траулеры, сейнеры, китобойные суда, краболовы, плавучие базы обеспечения морского промысла, плавучие рыбо- и крабоконсервные заводы.

К *служебным судам* относят: линейные и портовые ледоколы, буксирные суда, суда навигационного обеспечения – гидрографические, лоцманские, плавучие маяки и спасательные суда. В группу *технических судов* входят дноуглубительные суда, грунтовозы, плавучие грузоподъемные краны, плавучие доки, плавучие причалы.

Судами специального назначения считают суда, имеющие на борту специальное оборудование и работающий на нем персонал в количестве не более 12 чел. Сюда относятся суда сейсморазведки, экспедиционные, исследовательские и учебные суда.

Архитектура судна. Архитектура судна представляет собой совокупность результата проектных решений, определяющих внешний вид судна и его внутреннее строение (рис. 2.1). На архитектурный облик судна влияет не только достижения науки, но и технология постройки, а также развитие моды. Архитектурный вид судна в основном определяется формой форштевня, ахтерштевня, расположением и видом его надстроек, дымовых труб.

Различают три вида надстроек. Надстройка в носовой оконечности называется бак, надстройка в кормовой оконечности – ют, в средней части судна – средняя, которую иногда называют спардек. Бак служит для увеличения плавучести носовой части судна, умеряет килевую качку судна при входе носа в волну и защищает палубу от носовой волны. Ют защищает судно от кормовой волны. В надстройке юта часто устраивают жилые, санитарные и служебные помещения, особенно при кормовом расположении машинного отделения. Среднюю надстройку обычно устраивают при среднем расположении машинного отделения. В надстройке размещают жилые, санитарные и служебные помещения.

К служебным помещениям, которые размещаются в надстройке, относятся рулевая и штурманская рубки, радиорубка, судовая канцелярия, кают-компания, столовая, камбуз. Рулевая и штурманская рубки, объеди-

ненные в одно помещение, называются ходовой рубкой. К санитарным помещениям относятся умывальники, душевые, бани, прачечные, гальюны.

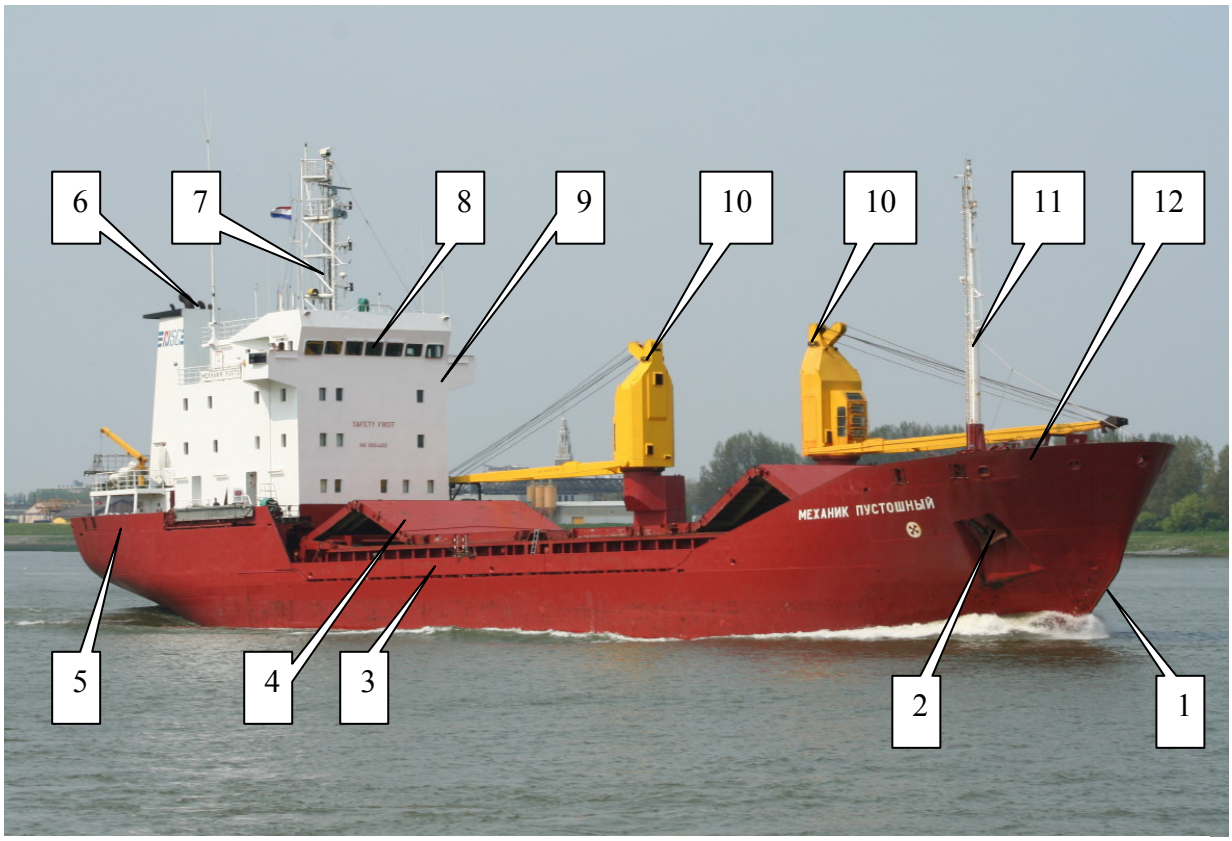


Рис. 2.1. Морское судно для перевозки генерального груза:

1 – носовая оконечность корпуса судна с наклонным форштевнем;
2 – якорное устройство; 3 – фальшборт; 4 – закрытие грузового люка;
5 – кормовая оконечность; 6 – кожух дымовой трубы; 7 – грот-мачта;
8 – ходовая рубка; 9 – кормовая надстройка; 10 – грузовые краны;
11 – фок-мачта, 12 – бак

В ходовой рубке располагается пост управления судном, оборудованный штурвалом и репитером гирокомпаса, машинным телеграфом, радиотелефоном, судовым телефоном, громкоговорящей связью, штурманским столом и электронной картой. Здесь же расположены показывающие приборы радиолокатора, эхолота, лага и системы навигации (ECDIS).

Архитектура современных судов характеризуется кормовым расположением машинного отделения и кормовой надстройкой, отсутствием седловатости у палуб, плоскими поверхностями надстроек, рубок, дымовых труб и мачт. Конструктивные элементы корпусов, судовых устройств, оборудования современных грузовых судов имеют высокий уровень унификации. Различного рода декоративные конструкции, как правило, не применяются.

Закрытия грузовых люков имеют по контуру резиновые уплотнения, обеспечивающие герметичность задраивания люка. Для повышения производительности труда, сокращения времени подготовки к грузовым операциям закрытия люков на судах снабжены гидравлическими приводами, работающими от судовой системы гидравлики. По-походному закрытия трюмов крепятся к комингсам люков винтовыми задрайками. В составе грузового устройства обычно применяются грузовые краны, которые в сравнении с грузовыми стрелами обеспечивают более высокую (на 14-16 %) производительность выполнения грузовых операций.

Для окраски надводной части корпуса и устройств судов применяют обычно двухкомпонентные краски, защищающие от коррозии в течение минимум пяти лет. Для окраски подводной части корпуса используется необрастающая краска, защищающая корпус не только от коррозии, но и от обрастания ракушкой и водорослями. В районе бронзового гребного винта, а также в районах бронзовой донно-бортовой арматуры на корпус устанавливаются протекторы для защиты его от электрохимической коррозии.

Для повышения маневренности в портах и узкостях в оконечностях судна устанавливаются подруливающие устройства. На рис. 2.1 в носовой оконечности под названием судна на борту нанесен знак наличия подруливающего устройства.

Грузовая марка. Для обеспечения безопасности мореплавания международной конвенцией и, соответственно, Морским Регистром установлены правила о минимальном надводном борте судов. Согласно этим правилам, для каждого судна, исходя из его размерений, прочности, надежности закрытия люков и пр., можно точно установить высоту минимального надводного борта, являющегося мерой запаса плавучести. Каждое судно имеет сертификат на надводный борт, а на бортах нанесен знак грузовой марки. Она представляет собой круг диаметром 300 мм с горизонтальной чертой длиной 450 мм (круг Плимсоля), указывающей допустимую осадку при плавании судна летом в морской воде, ***Л*** **(*S*)** – летняя. Справа от круга Плимсоля наносится вертикальная линия, к которой примыкают горизонтальные линии длиной 230 мм, которые обозначают положение ватерлинии наибольших осадок при других условиях плавания. Линии маркируются и означают ватерлинии (сверху вниз): ***ТП*** **(*TF*)** – тропическая для пресной воды, ***П*** **(*F*)** – для пресной воды, ***Т*** **(*T*)** – тропическая, ***З*** **(*W*)** – зимняя, ***ЗСА*** **(*WNA*)** – зимняя северной Атлантики. Выше круга Плимсоля на уровне палубы наносится палубная линия длиной 300 мм, от которой отсчитывают высоту надводного борта. Он определяет запас плавучести судна (рис. 2.2).

В носовой и кормовой части корпуса, а также на миделе судна на обоих бортах наносят марки осадки (углубления). Единица измерения – дециметр, высота цифр составляет 100 мм. Цифры накрашивают через од-

ну. Марки углубления используются для контроля осадки судна при грузовых операциях и, соответственно, используя число тонн на сантиметр осадки, для определения количества груза, принятого на судно.

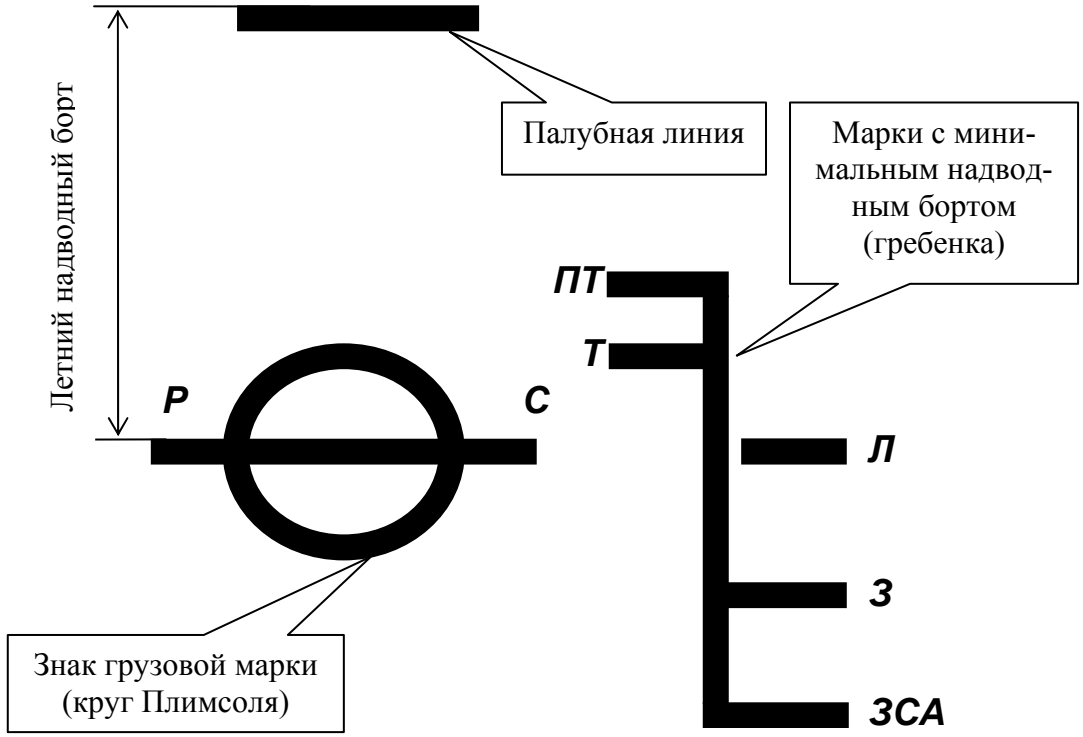


Рис. 2.2. Грузовая марка

Грузовые суда. Грузовые суда в составе транспортного флота составляют около 97 % от общего количества судов. Этот вид транспортных средств имеет ряд особенностей, среди которых следует отметить отсутствие затрат на создание пути, его неограниченную пропускную способность, отсутствие подъемов и спусков, высокую производительность труда. Кроме того, у судов следует отметить самый низкий удельный вес транспортного средства на тонну полезной грузоподъемности. У судов он составляет 0,3-0,4 т/т, в то время как на железной дороге этот показатель 0,7-0,8 т/т, у автотранспорта 1,2 т/т, а у самолета 6-7 т/т.

Универсальные грузовые суда представляют собой наиболее распространенный тип грузовых судов (около 60 %). Они предназначены для перевозки генеральных грузов в упаковке (ящиках, кипах и т.п.) или отдельными грузовыми местами (например, металлические конструкции, различное оборудование), а также контейнеров и колесной техники. К универсальным грузовым судам относятся также суда с комбинированным способом грузообработки – вертикальным через грузовые люки и горизонтальным через аппарели в оконечностях и бортовые вырезы – лацпорты. Универсальные грузовые суда разделяются на морские, речные и смешанного плавания. Они имеют объемные грузовые трюмы, занимающие основную

часть корпуса и обычно две палубы. Машинное отделение расположено в корме или сдвинуто в нос на один-два грузовых трюма. Каждый трюм имеет один, реже два грузовых люка. Грузоподъемность морских универсальных грузовых судов составляет в среднем 4-6 тыс. т и достигает 16-25 тыс. т. Они имеют скорость соответственно 14-16 и 20-22 уз. В качестве грузовых устройств применяются краны грузоподъемностью 8-10 т, а на крупных судах – грузоподъемностью до 35 т или грузовые стрелы грузоподъемностью 3-10 т и стрелы-тяжеловесы грузоподъемностью 40-60 т. Экипаж крупных судов составляет 26-32 чел., размещаемых в жилой надстройке в одно- или в двухместных каютах. Экипаж небольших, а также высокоавтоматизированных судов составляет 12-16 чел. Энергетическая установка преимущественно дизельная.

Контейнеровозы (контейнерные суда) представляют собой специализированные сухогрузные суда для перевозки грузов в контейнерах. Контейнер представляет собой стандартную емкость многоразового использования. Контейнеровозы появились в начале 1950-х гг. вследствие интенсивного развития морских международных перевозок грузов и получили широкое распространение как высокоэффективное транспортное средство, обеспечивающее качество перевозки (сохранность груза, увеличение скорости его доставки потребителю и возможность создания единой транспортной системы).

Контейнеры классифицируются по критерию назначения в две группы:

1) универсальные;
2) специализированные.

Универсальные контейнеры предназначены для перевозки штучных грузов широкой номенклатуры. Специализированные контейнеры используются для перевозки определенных групп однородных грузов. К ним следует отнести зерно, масла, кислоты и щелочи, скоропортящиеся грузы.

Независимо от назначения все контейнеры стандартизированы ISO по габаритам, массе брутто и присоединительным узлам (табл. 2.1). Для серии 1 установлено поперечное сечение 2438 × 2438 мм, а длина кратна основному модулю 1528 мм с учетом зазоров, каждый из которых равен 76,2 мм.

В настоящее время мировой флот насчитывает свыше тысячи контейнеровозов. Это однопалубные открытые суда с избыточным надводным бортом. Для быстрого и надежного крепления контейнеров предусматривается ячеистая конструкция грузовых помещений в виде системы вертикальных стоек из уголкового профиля, устанавливаемых с учетом размеров контейнеров. Около 30 % контейнеров от общего числа перевозится на крышках грузовых люков в несколько ярусов (до четырех), где они фиксируются с помощью палубных и межконтейнерных замков.

Таблица 2.1

Основные характеристики контейнеров

Типоразмер	Длина, фут	Масса брутто, т	Габаритные размеры, мм		
			Длина	Ширина	Высота
1*A*	40	30,80	12192	2438	2438
1*AA*	40	30,80	12192	2438	2591
1*B*	30	25,40	9125	2438	2438
1*C*	20	24,00	6058	2438	2438
1*CC*	20	24,00	6058	2438	2591
1*D*	9,5	10,16	2911	2438	2438
1*E*	6,5	7,11	1968	2438	2438
1*F*	5	5,08	1460	2438	2438
Примечание – по высоте контейнера ISO допускает отклонение от 2438 мм					

Расположение машинного отделения – кормовое или промежуточное. Ряд крупных контейнеровозов, кроме кормовой надстройки, имеет носовую, которая позволяет улучшить обитаемость и обзор из ходовой рубки, а также служит защитой для палубных контейнеров. Контейнеровозы, как правило, не имеют собственных грузовых устройств и обслуживаются береговыми контейнерными перегружателями. Однако некоторые контейнеровозы оборудуются козловыми кранами.

По вместимости контейнеровозы подразделяются на тоннажные группы, TEU обозначает 20' контейнер:

1) Fider – суда вместимостью 100-500 TEU;
2) Fidermax – суда, рассчитанные на 500-1000 TEU;
3) Handysize – суда вместимостью 1000-2000 TEU;
4) Subpanamax – 2000-3000 TEU;
5) Panamax – 3000-4500 TEU;
6) Postpanamax – свыше 4500 TEU.

Для повышения остойчивости на контейнеровозах принимается большое количество водяного балласта (до 50 % дедвейта). Скорость контейнеровозов в зависимости от водоизмещения составляет 12-28 уз. В качестве главных двигателей используются малооборотные и среднеоборотные дизели, паровые и газовые турбины. Для повышения маневренности контейнеровозы часто оснащают подруливающими устройствами.

Контейнеровозы различают по способу погрузки. Суда типа *LO-LO* ведут грузовые операции вертикальным способом по принципу поднять – опустить (lift one – lift off), суда типа *RO-RO* обрабатываются по принципу вкатить – выкатить (roll one – roll off) автопогрузчиками и буксируемыми роллтрейлерами по аппарелям через лацпорты в оконечностях или бортах. Колесная и гусеничная техника грузится на такие суда своим ходом.

Аппарели имеют ширину проезжей части до 7-10 м, уклон 12°. Внутри судна грузы перемещаются по пандусам и аппарелям, лифтами, подпа-

лубными кранами и транспортерами. Для упорядочения движения на судах с горизонтальной грузообработкой применяется светофорная сигнализация. Эти суда обычно многопалубные, преимущественно с кормовым расположением машинного отделения и жилой надстройки. Грузовых люков на них нет, а если они предусмотрены, то используются как резервные. Поперечные переборки в твиндеках, расположенных выше грузовой ватерлинии, как правило, отсутствуют, в грузовых помещениях устанавливаются убирающиеся легкие грузовые платформы. Имеется мощная вентиляционная система.

Для повышения маневренности устанавливают подруливающие устройства. Скорость судов в зависимости от водоизмещения составляет от 11 до 25 уз. В качестве главных двигателей применяют среднеоборотные и малооборотные дизели.

Лихтеровозы – это специализированные суда, перевозящие груз в лихтерах или трейлерах. Лихтер – несамоходное сухогрузное судно для перевалки (лихтеровки) грузов, стоящих на рейде морских судов, на мелководный берег и обратно. Лихтеры могут иметь откидные носовые аппарели и собственные грузовые устройства. Для перевозки на лихтеровозах применяются лихтеры – баржи стандартных размеров с упрощенной прямоугольной и прямостенной формой. Для восприятия нагрузок при установке на лихтеровоз они имеют по углам вертикальные стойки. Грузоподъемность лихтеров 370 т, габаритные размеры 18,74×9,5×4,4 м. Преимуществом эксплуатации лихтеровоза является существенное сокращение стояночного времени, возможность доставки грузов баржами в мелководные и плохо оборудованные порты, в том числе порты внутренних водных путей, и использования барж в качестве временных складских помещений. Баржи поднимают на борт судна с поверхности воды тремя способами: судовым краном, опускающимся под воду, подъемником и использованием лихтеровоза как док.

Наиболее распространены лихтеровозы типа *LASH,* представляющие собой крупные линейные суда, которые имеют скорость 18,5-22 уз и вместимость 49-89 лихтеров. Это однопалубные суда с избыточным надводным бортом, трюмами прямоугольной формы, с носовым расположением надстройки и машинным отделением, расположенным в корме. Лихтеры перегружаются козловым краном грузоподъемностью 500 т, выкатываемым на кормовые консоли и снабженным спредером. Лихтеры устанавливаются перемещающимся вдоль судна краном в несколько ярусов в трюмах и в один-два яруса на крышках люков. Средний рабочий цикл крана около 20 мин. Кроме лихтеров в трюмах и на палубе можно перевозить контейнеры, для работы с которыми часто устанавливают второй подвижной кран грузоподъемностью 30 т. К типу *LASH* относятся также небольшие суда-доки вместимостью 8-18 лихтеров.

Лихтеровозы типа *Sea Bee* отличаются большими размерами и грузоподъемностью перевозимых барж (лихтеров), а также способом их перегрузки. Это скоростные многопалубные суда без поперечных переборок в пределах грузовых помещений. Они вмещают 26 или 38 барж водоизмещением 1300 или 1015 т соответственно. Баржи заводят буксирами по два между стенками раздвоенного свеса кормы, где установлен подъемник с площадкой, опускающейся на тросах под воду. После подъема баржи до уровня одной из грузовых палуб ее перевозят вдоль палубы на тележках по рельсам до места установки, а затем переносят с помощью гидравлических домкратов на фиксирующие палубные конструкции. Цикл работы перегрузочного устройства грузоподъемностью 2000-2700 т, перемещающего лихтеры, составляет 30-40 мин.

Достоинством лихтеровозов является возможность ведения грузовых операций без причалов, проходных глубин и с минимальным портовым оборудованием или вообще без него.

Лесовозы – сухогрузные суда для перевозки лесных грузов, включая круглый лес и пиломатериалы в пакетах. Эти специализированные суда появились в 1900-х гг. вначале в России, а позже – в других странах. Лесовозы отличаются от других грузовых судов тем, что почти треть груза перевозится на верхней открытой палубе. Эта часть груза называется караваном. Такой способ перевозки груза предопределяет повышенную прочность верхней палубы, освобождение палубы от загромождающих конструкций и оснащение судна устройствами для крепления каравана. Часто для обеспечения остойчивости при перевозке леса принимают жидкий балласт. Лесовозы представляют собой однопалубные суда с минимальным надводным бортом. Обычно они имеют кормовое расположение машинного отделения, ют и бак, который защищает караван от носовой волны. В качестве грузовых устройств на лесовозах применяют судовые краны или грузовые стрелы грузоподъемностью 5-25 т. Караван, уложенный и закрепленный между надстройками, рассматривается как сплошная надстройка, увеличивающая входящий в воду объем при крене судна, поэтому минимальный надводный борт у лесовозов меньше, чем у судов для перевозки генеральных грузов. Возможно использование лесовозов для перевозки таких массовых грузов, как зерно или уголь.

Балкеры – это специализированные суда для перевозки навалочных грузов. Машинное отделение обычно расположено в корме. Люки грузовых трюмов большие, коэффициент лючности достигает 0,75, что позволяет сократить объем штивки[1] груза. Грузовые устройства часто отсутствуют, т.к. перевозки ведутся между оборудованными портами. Комингсы

[1] Штивка – укладка груза в трюме судна с рациональным использованием места и с намерением избежать потерь груза.

грузовых люков высокие, что не позволяет образовываться свободной поверхности у груза, создающей опасность потери остойчивости, при его усадке.

Балкерные суда классифицируются по критерию величины груза:

1) на Minibalker – менее 10 тыс. т;
2) Handysize – 20-30 тыс. т;
3) Handymax – 30-55 тыс. т;
4) Panamax – 55-70 тыс. т;
5) балкеры дедвейдом 80-100 тыс. т (построено очень мало судов);
6) Capesize – 100-180 тыс. т;
7) VLBC (Very large bulk carrier) – более 180 тыс. т.

Балкеры Minibalker, Handysize, Handymax широко используются для перевозки различных навалочных грузов, а также ***металлома*** и леса. Балкеры Panamax имеют размерения, позволяющие им проходить Панамский канал, через который проходит грузовой поток между Атлантикой, Тихим и Индийским океаном. Балкеры дедвейдом 80-180 тыс. т и более, не способные пройти по Панамскому каналу, ходят вокруг мыса Горн (cape Horn), откуда и получили свое название. Они обслуживают грузопотоки между портами Австралии, Дальнего Востока, Африки, Южной и Северной Америки.

Эффективность перевозок на этих судах во многом зависит от производительности перегрузочного оборудования в портах, поэтому часть таких судов оборудовано транспортерными устройствами для разгрузки. Эти устройства состоят из продольного транспортера, на который через хоппера (*hopper* – англ. засыпная воронка) под действием веса поступает груз из бункера трюма. С продольного транспортера груз поступает на наклонный транспортер, который поднимает груз на палубу и передает его на стреловой поворотный транспортер. С него груз перемещается на берег в штабель или железнодорожные вагоны.

Рефрижераторы – это сухогрузные суда, предназначенные для перевозки скоропортящихся грузов. По критерию температурного режима в грузовых помещениях рефрижераторы классифицируют в четыре группы:

1) низкотемпературные, перевозящие замороженный груз;
2) высокотемпературные, перевозящие охлаждаемый груз;
3) универсальные, перевозящие любой груз;
4) фруктовозы – суда с усиленной вентиляцией грузовых помещений, приспособленные для перевозки плодов.

Рефрижератор представляет собой обычно многопалубное судно с небольшой высотой междупалубных пространств (2,4-2,5 м) и небольшими по размерам люками грузовых трюмов для уменьшения потерь холода во время грузовых операций. Все грузовые помещения рефрижератора и люковые закрытия имеют тепловую изоляцию. В качестве грузового устрой-

ства обычно используют грузовые стрелы, реже судовые краны. Иногда, особенно на фруктовозах, в верхних твиндеках имеются лацпорты для разгрузки с помощью береговых транспортеров.

Водоизмещение высокотемпературных рефрижераторов и фруктовозов обычно не превышает 10 тыс. т, универсальных и низкотемпературных – 10-20 тыс. т. Скорость рефрижераторов выше, чем у обычных сухогрузных судов и составляет в среднем 16-22 уз. Энергетическая установка обычно дизельная, значительная часть энергии судовой электростанции расходуется на питание холодильных машин.

Особую группу судов составляют рефрижераторы-снабженцы. Это транспортное судно предназначено для замораживания продукции, принимаемой в море от добывающе-перерабатывающих и обрабатывающих судов, доставки ее в порт назначения и снабжения судов топливом, водой, провизией и другими запасами. Эти суда имеют водоизмещение около 15 тыс. т, скорость до 19 уз и дизельные энергетические установки.

Танкеры – наливные суда для перевозки жидких и полужидких грузов, включая сырую нефть и нефтепродукты. Общий тоннаж танкеров составляет около 42 % суммарного тоннажа мирового транспортного флота. Развитие танкерного флота обусловлено удалением основных районов добычи нефти от главных районов ее потребления и переработки.

Танкер представляет собой однопалубное судно с кормовым расположением машинного отделения и, как правило, жилой надстройкой на юте. Грузовая часть танкера делится поперечными и продольными переборками на грузовые отсеки, которые называются танками. Часть танков отводится под водяной балласт, принимаемый всегда в рейсе порожнем (без груза) для обеспечения необходимых посадки и остойчивости судна.

К танкерам предъявляются повышенные требования к безопасности. Эти требования установлены национальным законодательством и международными соглашениями такими, как: MARPOL-73/78, SOLAS-74 и IS-GOTT. Например, конвенция MARPOL-73/78 требует, чтобы танкеры имели цистерны только для балласта, центральные танки имели объем не более 50 тыс. $м^3$, а бортовые – 22,5 тыс. $м^3$. Конвенция SOLAS-74 разделяет танкеры по критерию пожарной безопасности на две категории. Первая категория, танкеры для перевозки нефтепродуктов с температурой вспышки ниже 60 °С и давлением паров ниже атмосферного. Вторая – танкеры для перевозки нефтепродуктов с температурой вспышки выше 60 °С. В зависимости от категории судов предъявляются требования к непроницаемости, устройству электрооборудования и средств пожаротушения.

Чтобы поднять уровень защиты моря от загрязнения при повреждении корпуса, на танкерах предусматриваются в районе грузовых танков двойное дно и двойные борта, а в носу и в корме – узкие непроницаемые коффердамы, отделяющие танки от соседних помещений.

В практике морских перевозок принята классификация танкеров по критерию величины дедвейта:

1) малотоннажные – до 5 тыс. т;

2) среднетоннажные – до 30 тыс. т;

3) крупнотоннажные – свыше 30 тыс. т, которые подразделяются:

- на Handysize – 30-70 тыс. т;
- Panamax – 70-80 тыс. т;
- Aframax – 80-125 тыс. т;
- Suezmax – 125-200 тыс. т;
- VLCC (Very large crude carrier) – 200-310 тыс. т;
- ULCC (Ultra large crude carrier) – 310 тыс. т и более.

Особенностью оборудования танкеров является установка на них ряда специфичных для этого типа судов систем, обеспечивающих перевозку и перегрузку жидкого груза. Ведение грузовых работ на танкерах обеспечивается грузовой и зачистной судовыми системами, которые состоят из трубопроводов, арматуры, насосов и дистанционного управления. Грузовая и зачистная системы соединяются с береговыми хранилищами груза гибкими грузовыми шлангами. Для сокращения времени грузовых работ обе системы работают одновременно. Производительность грузовых работ высока и достигает 10-15 тыс. т/ч.

В холодное время года для уменьшения вязкости сырая нефть и тяжелые нефтепродукты подогреваются судовой системой подогрева груза, пар для которой вырабатывается вспомогательным котлом. Для сокращения потерь груза от испарения при перевозке палубы танкеров окрашивают в светлый цвет и охлаждают забортной водой, подаваемой судовой системой орошения палубы. При перемене груза танки моют водой под давлением 14-16 атм при 75-80 °С с помощью системы мойки танков.

Сложной и потенциально опасной технологической операцией в танкерных перевозках является мойка танков, которую делают при изменении вида груза или перед постановкой судна в ремонт. Моют горячей водой под давлением. Истекающие из моечных машинок струи воды электролизуют воздух в танке и в нем накапливается статическое электричество, разряд которого может вызывать взрыв паров углеводородов.

Скорость малотоннажных танкеров составляет 12-14 уз, у больших танкеров – 16-18 уз. Грузоподъемность речных танкеров 150-5000 т, скорость около 15 км/ч. Энергетические установки танкеров преимущественно дизельные. Разновидностью танкеров являются продуктовозы и газовозы.

Газовозы – наливные суда для перевозки сжиженных газов. Первый газовоз был построен в 1931 г. и предназначался для доставки природного газа. В настоящее время мировой флот насчитывает около 700 газовозов, используемых для транспортировки почти 20 видов различных газов. Ме-

ждународной морской организацией и Международной палатой судоходства разработаны рекомендации по конструкции, оборудованию и эксплуатации газовозов.

Газовозы классифицируют по критерию способа транспортировки сжиженных газов:

1) напорные, которые перевозят сжиженный газ под давлением;

2) полурефрижераторные, в которых перевозимый сжиженный газ находится при пониженной температуре и повышенном давлении;

3) рефрижераторные, на которых перевозимый сжиженный газ находится при глубоком охлаждении.

По критерию вида перевозимого груза газовозы классифицируют в две группы:

1) *LNG* (Liquefied natural gas carrier) – предназначен для перевозки природного газа. Газ сжижен, имеет температуру –163 °С при атмосферном давлении, его удельный погрузочный объем составляет ≈ 2 $м^3$/т.

2) *LPG* (Liquefied petroleum gas carrier) – предназначен для перевозки попутного нефтяного газа (пропан, бутан) и химических газов, например, аммиака. Газ имеет температуру –48 °С при повышенном давлении.

Газовозы представляют собой суда с кормовым расположением машинного отделения и надстройки, с двойным дном и часто с двойными бортами. Для перевозки газа, сжиженного повышением давления, применяют вкладные грузовые танки, имеющие изоляцию, с расчетным давлением обычно не более 2 МПа. Они размещаются в трюмах на специальных фундаментах, возвышаясь над палубой. Вкладные танки имеют сферическую, цилиндрическую или призматическую форму.

На газовозах, перевозящих нефтяные газы, пары их могут использоваться в качестве дополнительного топлива главного двигателя. При перевозке воспламеняющихся газов трюмное пространство вокруг оболочки танков заполняется инертным газом, хранящимся в емкостях или вырабатываемым судовой установкой. В зависимости от степени опасности перевозимого груза на газовозах предусмотрено три степени конструктивной защиты. Первая степень – высшая. Каждая степень характеризует уровень живучести газовоза и определенное отстояние грузовых танков от наружной обшивки.

Для обеспечения безопасности на газовозах устанавливают системы контроля температуры груза и корпуса судна, уровня заполнения танков, давления и анализа газов. Разгрузка газа, сжиженного при атмосферном давлении, производится судовыми погружными насосами, а погрузка - береговыми средствами. Водоизмещение газовозов в зависимости от вида и способа сжижения газа 15-30 тыс. т, скорость 16-20 уз. Энергетическая установка на них, как правило, дизельная.

Химовозы – наливные суда для перевозки жидких и расплавленных химических веществ, кроме сжиженных газов. Химовозы представляют собой суда с кормовым расположением машинного отделения и надстройки. Конструкция, оборудование и эксплуатация химовозов для обеспечения безопасности перевозок химических грузов производится в соответствии с рекомендациями, разработанными Международной морской организацией и Международной палатой судоходства.

По критерию степени опасности перевозимого груза химовозы классифицируют в три группы, которым соответствуют три степени конструктивной защиты корпуса. Первая степень – высшая. Каждая степень характеризует уровень живучести, допустимое количество груза в одном танке, определенное отстояние грузовых танков от наружной обшивки. Защита I и II степени предусматривает наличие на судне двойного дна и бортов, продольных переборок. Бортовые и междудонные танки могут использоваться под водяной балласт, топливо и наименее опасные химические грузы. Коррозионно-агрессивные, опасно реагирующие с водой или особо токсичные вещества перевозятся во вкладных танках. Грузовые танки выполняются из инертных относительно груза материалов или с защитным покрытием. Грузовые танки могут оборудоваться системами подогрева или охлаждения груза.

Химовозы имеют системы для измерения температуры, давления и уровня груза в танках, а также для отбора проб и оборудование для выполнения анализа состояния груза. Водоизмещение химовозов составляет 2-12 тыс. т, скорость до 16 уз.

Морской паром – транспортное судно для перевозки грузов и людей на определенной линии, соединяющей разделенные акваториями сухопутные пути. По характеру перевозимых сухопутных транспортных средств паромы классифицируют в две группы:

1) автомобильные паромы;

2) железнодорожные паромы.

Паромы обеих классификационных групп, кроме грузов, перевозят пассажиров. Это придает им много общего с морскими пассажирскими судами. Автомобильные паромы оборудуются аппарелями, которые для ведения грузовых работ опускаются с кормы или с бортов судна. Железнодорожные паромы оборудуются подъемниками, с помощью которых компенсируется разность уровней головок рельс на причале и на пароме. Морские паромы имеют значительную грузоподъемность и пассажировместимость, соответственно, значительное водоизмещение. Например, водоизмещение крупнейшего автомобильного парома типа «Voyager of the Seas», развивающего скорость 22 уз, составляет 137300 т.

Баржебуксирный состав – морское транспортное средство, образуемое энергетической и грузовой секциями, которые соединяются между собой сцепкой. Энергетическая секция может комплектоваться несколькими грузовыми секциями в зависимости от размеров акватории плавания и объема перевозимых грузов. Первая грузовая секция ставится в порту назначения под грузовые операции, а энергетическая секция уходит в рейс со второй грузовой секцией, закончившей грузовые операции.

Такая конструктивная схема транспортного средства существенно повышает интенсивность работы главной силовой установки судна. Кроме того, оно имеет относительную экономию затрат на топливо, т.к. время его простоев под грузовыми операциями составляет практически ноль.

Эффективность судов такого типа существенно зависит от организации их эксплуатации. Размеры баржебуксирных составов сравнительно невелики, скорость хода с возом составляет 10-15 уз.

Ледокольно-транспортные суда – это суда, обеспечивающие доставку грузов в поселки Крайнего Севера и Дальнего Востока. Они имеют ледовые подкрепления и специальное оборудование, обеспечивающее плавание во льдах. Кроме того, их грузовые устройства обеспечивают разгрузку на ледовый припай.

Современные ледокольно-транспортные суда конструктивно представляют собой универсальные сухогрузы, способные перевозить контейнеры, а также колесную и гусеничную технику, загружаемую и выгружаемую накатом. Часть грузовых судов этого типа несет на себе грузовую платформу на воздушной подушке, которая используется для безопасного перемещения груза по ледяному припаю от судна к берегу.

2.3. Судовые устройства

К основным судовым устройствам относятся: рулевое, грузовое, якорное, швартовное, буксирное и спасательное. Насколько развито каждое устройство на судне зависит от его типа, назначения и условий эксплуатации.

Рулевое устройство предназначено для маневрирования судна и удержания его на курсе. В состав рулевого устройства входит руль; баллер, которым поворачивается руль; рулевая машина; рулевой привод; рулевой тормоз; ограничители поворота руля (упоры).

Руль состоит из пера руля, представляющего собой крыло малого удлинения, петель для крепления его к корпусу судна и замка для крепления баллера. По критерию положения оси баллера относительно плоскости пера руля рули классифицируют:

1) на прострой руль – ось баллера практически совпадает с передней кромкой пера руля;

2) балансирный руль – часть площади пера руля расположена впереди оси баллера по всей высоте пера руля, что дает уменьшение мощности рулевой машины;

3) полубалансирный руль – часть площади пера руля расположена впереди оси баллера не по всей высоте пера руля, что также дает уменьшение мощности рулевой машины.

Для уменьшения лобового сопротивления перья рулей современных судов делают обтекаемыми, применяя для этого симметричные профили. На судах применяются подвесные рули, не имеющие опоры в нижней части, и навесные, которые имеет одну или несколько опор.

Перекладка руля производится крутящим моментом, приложенным к верхней части баллера. Этот момент создает рулевая машина и передает его приводу. Приводы рулевых машин могут быть электрическими, гидравлическими, паровыми и, на малых судах, ручными. Основной рулевой привод должен обеспечивать полную перекладку руля с одного борта на другой за время не более 28 с, а запасной привод – не более чем за 60 с на скорости судна, равной половине скорости полного хода, но не менее 7 уз.

Грузовое устройство – предназначено для проведения грузовых работ. Грузовые устройства классифицируются по критерию конструкции опоры на две группы:

1) судовые грузовые стрелы с обслуживающими грузовыми лебедками – баллер, в качестве которого используются мачты или грузовые колонки, при работе не поворачивается (прил. 6);

2) судовые краны – баллер при работе поворачивается.

Грузовое устройство со стрелами и лебедками проще, надежней и дешевле устройства с судовыми кранами. Кроме того, устройство со стрелами надежно работает на качке, что немаловажно при грузовых работах на открытом рейде или в море.

Однако считается, что производительность грузовых работ судовыми кранами выше, чем судовыми стрелами, на 14-16 %. При оснащении судна грузовыми кранами необходимо устанавливать швартовные лебедки, при оснащении стрелами для швартовки используются турачки[1] грузовых лебедок.

Применяется работа одиночной грузовой стрелы и спаренная работа грузовых стрел. Одиночная грузовая стрела при работе поворачивается оттяжками. Спаренные стрелы при работе раскреплены ими неподвижно. Горизонтальное перемещение груза у них происходит шкентелем[2]. Оборудование судов грузовыми стрелами дешевле.

---

[1] Турачка – боковой барабан на валу судовой лебедки.

[2] Шкентель – канат, на котором подвешен грузовой гак.

Якорное устройство – предназначено для удержания судна на месте во время стоянки его на рейде или в море закреплением к дну акватории. Размещается оно в носовой части судна и состоит:

1) из якорей – специальной конструкции, служащей для удержания судна креплением к дну;

2) якорных цепей – связь якоря с корпусом судна;

3) клюзовых труб и клюзов – направляющие в корпусе судна для якорной цепи;

4) якорных стопоров – устройства для крепления натянутых якорных цепей;

5) якорных машин – машины для отдачи и подъема якорей, в качестве этих машин применяются шпили и брашпили.

В России в качестве стандартного принят якорь системы Холла. Вес якоря выбирают по характеристики снабжения, определяемой как функция от водоизмещения и площади парусности судна. Якорные цепи калибра[1] 15 мм и выше с контрфорсами[2] собираются из отдельных смычек длиной 25 м. Конечное звено коренной смычки, жвака-галс, крепится к корпусу судна механизмом быстрой отдачи с приводом на палубе.

Якорные машины имеют электрический, гидравлический или паровой привод. При подъеме якоря перед втягиванием в клюз его моют. Иначе грунт, оставшийся на якоре, замерзший или засохший в его подвижных частях, выведет якорь из строя.

Швартовное устройство – предназначено для удержания судна у причала или у борта другого судна, подтягивания, а также для перемещения вдоль причала на небольшое расстояние. В его состав входят:

1) швартовые канаты;

2) кнехты – тумбы для крепления швартовых канатов на судне;

3) киповые планки[3], швартовые клюзы – приспособления для изменения направления швартовых канатов;

4) бросательные концы – снасти для выбирания швартовых канатов на борт судна;

5) вьюшки – барабаны для хранения швартовых канатов по-походному;

6) тросовые стопоры – конструкции для временного крепления швартовых канатов;

7) швартовые механизмы – используются для выбирания швартовых канатов и подтягивания судна к причалу и вдоль причала.

---

[1] Калибр якорной цепи – диаметр прутка, из которого сделано звено.

[2] Контрфорс – распорка в звене якорной цепи.

[3] Киповая планка – устройство для изменения направления каната.

В качестве швартовых применяются стальные, синтетические и растительные канаты. Использовать стальные канаты на наливных судах запрещается. Их длина, количество и разрывное усилие определяется по характеристики снабжения в соответствии с Правилами Морского Регистра. Бросательные концы забрасывают вручную или с помощью линемета.

Буксирное устройство – предназначено для буксировки другого судна или быть самому буксируемым. Его состав:

1) буксирный канат;
2) буксирные клюзы;
3) буксирные кнехты;
4) крепления буксирного каната по-походному.

Буксирный канат на буксируемое или буксирующие судно подает с помощью проводника[1], который подают и вытягивают растительным или синтетическим линем[2]. Буксировка может выполняться в кильватер на длинном буксире в море или на коротком – в узкостях и бухтах. Во льдах по ледовым каналам ледоколы буксируют суда в кильватер вплотную, для этого ледоколы имеют раздвоенную корму. Буксировка лагом производится с помощью швартовного устройства. Буксировка толканием возможна только специализированными буксирами-толкачами и при оборудовании буксируемого судна сцепкой.

Спасательное устройство – предназначено для спасения людей в случае аварии или гибели судна. В его состав входят:

1) спасательные шлюпки;
2) спасательные плоты, надувные или жесткие;
3) спасательные приборы коллективные и индивидуальные, к которым относятся спасательные круги, нагрудники, жилеты и пр.;
4) механизмы для спуска на воду спасательных средств, подъема их и хранения на борту судна.

Конструкция элементов спасательного устройства должна быть надежна в использовании при температурах от –30 °С до +66 °С. Спасательные шлюпки, плоты и приборы окрашивают в оранжевый цвет и наносят на них название судна, порт приписки. На индивидуальных спасательных приборах имеются световые буйки, которые срабатывают в морской воде.

Спасательные шлюпки, как правило, закрытые, имеют вельботную форму и леера с поплавками снаружи обоих бортов. Шлюпки снабжены воздушными ящиками, которые обеспечивают им запас плавучести при полном затоплении. Вместимость спасательных шлюпок определяется правилами Морского Регистра в соответствии с Конвенцией по охране человеческой жизни на море.

---

[1] Проводник – стальной канат диаметром 10-12 мм.
[2] Линь – растительный или синтетический канат < 25 мм в окружности.

Для грузовых судов вместимость шлюпок, спускаемых с одного борта, должна обеспечивать размещение всего экипажа. Для пассажирских судов вместимость шлюпок, спускаемых с обоих бортов, должна обеспечивать размещение всех пассажиров и всего экипажа. Танкеры должны иметь только закрытые стальные шлюпки с изоляцией для возможности безопасно проходить через горящую на воде нефть.

Спасательные шлюпки снабжаются веслами, приводом на винт ручным или от двигателя. В спасательных шлюпках должны храниться компас, карты, инструменты для прокладки курса, радиостанция, запас пищи и пресной воды, рыболовные снасти, аптечка и другое снабжение. На борту каждой шлюпки указываются название судна, ее номер и вместимость. Нумерация шлюпок ведется с носа: нечетные номера присваиваются шлюпкам правого борта, четные – левого борта.

Механизмы для спуска на воду спасательных средств, подъема их и хранения на борту судна имеют разнообразное устройство. Обычно для их надежной работы используют силу веса. Спасательные приборы размещают в легкодоступных и четко обозначенных местах. Для экипажа их хранят в местах несения вахты, а для пассажиров – в их каютах. На пассажирских судах количество спасательных жилетов должно быть на 5 % больше общего количества находящихся на борту людей.

Спасательные круги равномерно распределяют по бортам вдоль судна. На ходовом мостике должны быть раскреплены два спасательных круга, снабженные самозажигающимися огнями и дымами. Здесь же размещают цветовые и световые буи, сигнальные ракеты, а также буи космической системы спасения *КОСПАС-САРСАТ*. Эти буи (*АРБ*, *ELT*) срабатывают автоматически после попадания в море или вручную. В радиосигнале, передаваемом с буя через спутник, содержится кодированная информация об аварии, наименовании и принадлежности судна, а также о географических координатах судна. Она передается спасателям через координационные центры системы.

Спасательное устройство является составной частью аварийно-спасательного устройства, в которое дополнительно входят аварийный инструмент для борьбы за живучесть, системы пожаротушения, аварийное дерево, пластыри, материалы для устранения течи в корпусе и на трубопроводах, термокостюмы для тушения пожаров, изолирующие противогазы и пр. В составе снабжения суда должны иметь на каждого члена экипажа спасательную одежду (гидротермокостюм), которая обеспечивает защиту человека в воде от переохлаждения в течение 12 ч.

Аварийное дерево, состоящее из брусьев, досок, клиньев, пробок, окрашивается в синий цвет и раскрепляется на палубе и в помещениях судна. Аварийный инструмент, в который входят топоры, ножовки, кувалды, бугели, раздвижные упоры и пр., окрашивается в красный цвет.

2.4. Качества судна

Судно как транспортное средство для перевозки грузов представляет собой сложное инженерное сооружение, опирающееся на воду для поддержания вертикального равновесия. Всякое судно характеризуется *совокупностью качеств,* которые можно классифицировать в две группы: эксплуатационные и мореходные (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Совокупность качеств судна

Эксплуатационные качества	Мореходные качества
1. Грузоподъемность: – дедвейт; – чистая грузоподъемность	1. Плавучесть
2. Грузовместимость: – валовая вместимость; – чистая вместимость	2. Остойчивость: – поперечная остойчивость; – продольная остойчивость
3. Маневренность	3. Непотопляемость
4. Скорость	4. Ходкость
5. Дальность плавания	5. Управляемость
6. Автономность	6. Мореходность
7. Прочность	
8. Стойкость	
9. Живучесть	

Знание того, какие факторы и как влияют на каждое качество судна, необходимо для его успешной эксплуатации не только экипажу, но и береговым службам, которые организуют, обеспечивают погрузоразгрузочные работы, снабжение и обеспечение транспортного процесса. Оценка факторов, в том числе количественная, и зависящих от них качеств дает возможность организовывать безопасную и эффективную работу судов по перевозке грузов.

Каждое из качеств, которыми обладает судно, и технику, которая обеспечивает эти качества, изучают отдельные судостроительные науки. Главнейшими судостроительными науками являются теория корабля, конструкция судов, строительная механика, судовые системы и устройства, а также проектирование судов.

Теория корабля (судна) представляет собой науку о равновесии и движении судна. Она состоит из двух частей: статики судна, которая изучает равновесие плавающего судна (плавучесть, остойчивость, непотопляемость), и динамики судна, которая изучает законы движения плавающего судна и технические средства, обеспечивающие движение (ходкость, скорость).

Изучение ходкости предусматривает раздельное изучение теории сопротивления воды и теории судовых движителей. Изучение устройства и оборудования судна предусматривает изучение совокупности конструктивных и технических средств, определяющих его судна и использование.

Конструкция судов и строительная механика корабля изучают прочность судна, а также отдельные положение стойкости и живучести. Прочность судна – это способность его конструкций противостоять разрушающим воздействиям внешних сил при минимальном весе. Прочность во многом наряду с мореходными качествами обеспечивает безопасность мореплавания.

Судовые системы представляют собой трубопроводы, бортовую, днищевую и магистральную арматуру, механизмы и аппараты, приборы, а также емкости (цистерны). Они обеспечивают дальность плавания и автономность, живучесть и непотопляемость. Судовые устройства изучают технические средства, которые обеспечивают управляемость и маневрирование судна, включая постановку на якорь, на швартовы и снятие с них. Уровень оснащенности судна устройствами во много определяет производительность труда экипажа, необходимое сталийное время.

Живучесть судна обеспечивается тремя факторами: конструкцией, организацией и обучением экипажа способам и навыкам борьбы за живучесть. Организация предусматривает разработку документации, определяющей обязанности членов экипажа во время различных возможных аварийных ситуаций. Кроме того, на люки и двери наносится условная маркировка, определяющая, что должно быть закрыто и задраено по тревоге. Каждый член экипажа должен пройти обучение борьбе за живучесть и иметь соответствующий сертификат международного образца.

Стойкость конструкций и материалов, из которых они изготовлены, определяется их способностью противостоять воздействию различных физико-химических факторов. Материалы, используемые при постройке судов, должны проходить предварительные испытания для получения одобрения Морского Регистра. Правила Морского Регистра устанавливают нормы огнестойкости материалов и конструкций, определяют способы защиты от коррозионных разрушений, а также устанавливают методы защиты от плесени, грызунов и прочих факторов, способных повредить, вывести из строя конструкции, механизмы и аппараты судна.

Автономность – предельная длительность пребывания судна в море без пополнения запасов топлива, масла, воды, провизии и других запасов, необходимых для эксплуатации судна и жизнедеятельность людей. Величина запасов определяется емкостью цистерн, в которых они хранятся.

Дальность плавания – это расстояние, которое судно может пройти без пополнения запасов топлива. При этом судно идет крейсерской скоро-

стью, т.е. скоростью с минимальным расходом топлива. Обычно она составляет ≈ 75 % от максимальной скорости.

Обитаемость характеризуется удобством размещения на судна пассажиров и экипажа, а также размерами и оборудованием бытовых и служебных помещений. Уровень обитаемости должен обеспечивать высокую производительность работы экипажа и возможно приятное путешествие пассажиров.

Ходкость – способность судна поддерживать заданную скорость при наименьшей затрате топлива.

2.5. Особенности эксплуатации судов

Технический надзор. Важнейшим условием безопасности эксплуатации судов является выполнение требования Конвенции SOLAS-74/78 (*Safety of Life at Sea* – англ. безопасность жизни на море). В ней указывается, что «Судно и его оборудование поддерживаются в состоянии, отвечающем положениям настоящих правил, для обеспечения того, чтобы судно во всех отношениях оставалось годным для выхода в море без опасности для судна и людей на борту». Нарушения этих требований приводили к авариям и гибели судов. Для того чтобы не допускать таких нарушений, ведется технический надзор за судами. Его целью является контроль качества проектирования, постройки и технического состояния судна в процессе всей эксплуатации для обеспечения:

1) безопасности мореплавания;

2) охраны человеческой жизни на море;

3) сохранности перевозимых грузов.

Технический надзор за судами ведут классификационные общества, в России – Морской Регистр судоходства путем освидетельствований. Конвенция SOLAS-74/78 требует, чтобы грузовые и пассажирские суда регулярно проходили освидетельствования конструкций, механизмов, оборудования, радиоустановок, спасательных и др. Освидетельствования подразделяются на первоначальные и периодические (очередные, ежегодные, доковые и внеочередные). Во время освидетельствований устанавливаются соответствия действующим международным требованиям и стандартам. Судам, отвечающим этим требованиям, выдаются свидетельства безопасности на срок, не превышающий 5 лет.

Целью первоначального освидетельствования корпуса судна, его устройств и снабжения является определение конструкции и прочности корпуса, установление надводного борта и места нанесения грузовых марок, оценка состояния и соответствия назначению судна его оборудования и снабжения, установление регистровой вместимости, назначение района плавания и выдача судовых документов. Судну, которое удовле-

творяет требованиям классификационного общества и пригодно для выполнения работы, для которой оно предназначено, присваивается класс Регистра и выдается Классификационное свидетельство.

Цель очередных освидетельствований заключается в том, чтобы установить степень износа частей судна, возможность дальнейшей безопасной его эксплуатации и сохранения судном класса. Очередные классификационные освидетельствования судов, имеющих класс регистра, должны производиться с интервалом не более 5 лет.

Ежегодные освидетельствования проводятся в промежутке между очередными классификационными освидетельствованиями через каждые 12 месяцев. Они сводятся к наружному осмотру корпуса, оборудования и снабжения и проверке в действии механизмов с целью убедиться, что судно по своему состоянию не утратило право на класс.

Доковые освидетельствования пассажирских судов производятся ежегодно, грузовых судов – не реже одного раза в 2 года. Внеочередные освидетельствования применяются к судам, в конструкции или техническом состоянии которых произошли существенные изменения.

Судоходная компания, администрация судна должны контролировать сроки очередных освидетельствований судна и не допускать их нарушений. После проведения освидетельствования без санкции Морского Регистра не допускается никаких изменений в конструкции, оборудовании и других элементах судна, подвергшихся освидетельствованию. При освидетельствованиях инспектор Морского Регистра составляет акт с описанием состояния деталей судна и указанием дефектов и сроков их устранения.

Условия конкуренции на рынке морских перевозок серьезно усложняют поиск работы судну, не отвечающего требованиям SOLAS-74/78. Это определяет необходимость регулярного контроля состояния судна путем осмотров, проверок, анализов отчетов капитана и ст. механика и др.

В соответствии с требованиями Международного кодекса по управлению безопасной эксплуатацией и предотвращением загрязнений (МКУБ) на борту имеется комплект нормативных документов, которые содержат указания для экипажа по поддержанию судна в нормальном техническом состоянии. Капитан, офицеры судна обязаны руководствоваться этими документами и, безусловно, их выполнять. Это обеспечивает безопасную и эффективную эксплуатацию судна и устраняет возможные задержки судна в портах органами контроля государства порта (Port state control, PSC), которые являются причинами непредвиденных убытков. Квалифицированные офицеры PSC руководствуются при таких проверках положениями основных международных конвенций: SOLAS-74/78, «О грузовой марке-66», MARPOL-73/78 (Marine Pollution, *англ.* – морское загрязнение), ПДМНВ-78/95 (Положение о дипломировании моряков и несении вахты), МКУБ и др. Результаты проверок судов органами портового контроля заносятся в между-

народный банк данных, что позволяет контролировать устранение несоответствий судовладельцами.

Морская администрация государства флага судна также осуществляет систематический контроль технического состояния судов под национальным флагом. Выявленные недостатки и несоответствия должны устраняться до выхода судна в море.

При фрахтовании на условиях тайм-чартера (time charter) судно проверяют сюрвейеры фрахтователя. Они должны убедиться, что действительное техническое состояние судна соответствует его описанию в договоре, и оно во всех отношениях подходит для предстоящей работы. Инспектируют судно также представители страхового общества, чтобы определить его состояние и фактическую страховую стоимость, если оно страхуется.

Класс судов. Классификационные общества присваивают судам класс с учетом соответствия их правилам постройки, нормам прочности и другим требованиям. Получение класса судном необходимо для работы с судовыми брокерами, страховщиками, грузоотправителями и всеми другими, кому необходима точная информация о техническом состоянии судна.

Основные классификационные признаки судна отражены в символах класса судна. Наибольшим доверием пользуется класс судна, присвоенный классификационным обществом, входящим в Международную ассоциацию классификационных обществ (МАКО). Русский Морской Регистр, основанный в 1913 г., состоит членом МАКО с 1969 г. и имеет сертификат МАКО на соответствие своей системы управления качеством на основе положений и требований стандартов ISO.

Класс Регистра, присвоенный судну, означает подтверждение соответствия конструкции судна требованиям Правил Регистра и условиям эксплуатации судна, а также принятие судна на учет Регистра на установленный период времени с проведением всех видов освидетельствований, предписанных Регистром. Наличие у судна действующего класса означает, что техническое состояние судна полностью или в степени, признанной Регистром за достаточную, удовлетворяет требованиям Правил. Наличие класса подтверждается классификационным свидетельством, находящимся на судне.

Основной символ класса для самоходных судов и плавучих сооружений, построенных по Правилам, состоит из знаков: **КМ**★. К ним добавляются знаки ледовых усилений или полярных условий для ледоколов и судов ледового плавания. К основным символам класса ледоколов, отвечающим соответствующим требованиям Правилам, добавляется один из знаков категорий усилий, которые определяют эксплуатационные характеристики:

1) **Icebreaker6** – выполнение ледокольных операций в припортовых акваториях и замерзающих неарктических морях, при этом способен двигаться непрерывным ходом в сплошном льду толщиной до 1,0 м;

2) **Icebreaker7** – выполнение ледокольных операций на прибрежных трассах арктических морей, при этом способен двигаться непрерывным ходом в сплошном льду толщиной до 1,5 м, мощность на валах ≥ 11 МВт;

3) **Icebreaker8** – выполнение ледокольных операций на прибрежных трассах арктических морей, при этом способен двигаться непрерывным ходом в сплошном льду толщиной до 2,0 м, мощность на валах ≥ 22 МВт;

4) **Icebreaker9** – выполнение ледокольных операций в арктических морях, при этом способен двигаться непрерывным ходом в сплошном льду толщиной более 2,0 м, мощность на валах ≥ 48 МВт.

У судов ледового плавания к основному символу класса добавляется один из символов категорий ледовых условий: **Ice1**, **Ice2**, **Ice3** (только для плавания в замерзающих неарктических морях), **Arc4**, **Arc5**, **Arc6**, **Arc7**, **Arc8**, **Arc9** (арктические суда). Для буксиров в зависимости от ледовых усилений добавляется один из знаков: **Ice2**, **Ice3**, **Arc4**, **Arc5**. Ледовая категория определяется допустимыми условиями района плавания (табл. 2.3). Кроме того, ледовая категория определяется еще и районами плавания, а также совершают суда плавание самостоятельно или в составе каравана под проводкой ледокола.

Для судов, имеющих ледовые усиления категории **Ice**, плавание определяется условиями (табл. 2.4).

Таблица 2.3

Арктические условия плавания

Категория судна	Допустимый тип и толщина льда	
	Зимне-весенняя навигация	Летне-осенняя навигация
Arc4	Тонкий однолетний	Средний однолетний до 0,9 м
Arc5	Средний однолетний до 0,8 м	Средний однолетний
Arc6	Средний однолетний	Толстый однолетний до 1,5 м
Arc7	Толстый однолетний до 1,8 м	Двухлетний
Arc8	Многолетний до 3,4 м	Многолетний
Arc9	Многолетний	Многолетний
Примечание – многолетний > 3,0 м, двухлетний > 2,0 м, толстый однолетний > 1,2 м, средний однолетний 0,7-1,2 м, тонкий однолетний < 0,7 м		

К основному символу класса судна также добавляется один из знаков **1**, **2**, **3** в зависимости от способности судов находиться на плаву при затоплении соответствующего числа отсеков.

Таблица 2.4

Ледовые условия плавания

Категория судна	Допустимая толщина льда, м		Характер плавания
	Самостоятельное плавание в мелкобитом льду, v = 5 уз	Плавание в канале за ледоколом, v = 5 уз	
Ice1	0,40	0,35	Эпизодически
Ice2	0,55	0,50	Регулярно
Ice3	0,70	0,65	Регулярно

Судам, предназначенным для эксплуатации только в ограниченных районах плавания, к основному символу класса добавляется один из знаков, который указывает на ограничения (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Ограничения района плавания

Знак ограничения	Район плавания	Удаление от убежища, мили	Расстояние между убежищами, мили
R1	Морской район, высота волны 8,5 м с 3%-ной обеспеченностью	200	400
R2	Морской район, высота волны 7,0 м с 3%-ной обеспеченностью	100	200
R2-RSN	Река-море, высота волны 6,0 м с 3%-ной обеспеченностью	50	100
R3-RSN	Река-море, высота волны 3,5 м с 3%-ной обеспеченностью	50*	-
R3	Портовое, рейдовое и прибрежное плавание	Устанавливается Регистром	Устанавливается Регистром
Berth-connected ship	Стоечные суда. Указываются географические координаты места стоянки	Стоянка в установленных координатах	Стоянка в установленных координатах
* Ограничения устанавливаются в виде названия бассейнов или их частей с указанием границ районов плавания внутри бассейна			

Степень автоматизации судна характеризуется соответствующим знаком, который добавляется к основному символу класса судна (табл. 2.6). В составе символа класса судна может присутствовать знак **OMBO**, означающий, что судно способно управляться одним человеком на ходовом мостике.

Знаки **FF1WS**, **FF1**, **FF2WS**, **FF2** или **FFWS** в символе класса означают оснащенность судна средствами борьбы с пожарами на других судах в зависимости от степени такой оснащенности. Суда, имеющие системы динамического позиционирования, имеют в символе класса знаки **DINPOS-1**, **DINPOS-2**, **DINPOS-3** в зависимости от степени резервирования такой системы.

Таблица 2.6

Автоматизация судна

Знак автоматизации	Объем автоматизации
AUT1	Позволяет эксплуатацию ГЭУ без постоянной вахты в машине и ЦПУ
AUT2	Позволяет эксплуатацию ГЭУ одним оператором из ЦПУ без постоянной вахты в машине
AUT3	Позволяет эксплуатацию ГЭУ мощностью < 2250 кВт без постоянной вахты в машине и ЦПУ
AUT1-C, AUT2-C, AUT3-C	Автоматизация выполнена с применением компьютеров или программируемых логических контроллеров
AUT1-1CS, AUT1-1CS, AUT1-1CS	Автоматизация выполнена с применением компьютерной интегральной системы управления и контроля

Если судно предназначено для перевозки охлажденных грузов, то к символу его класса добавляется знак **REF**. В символе класса может присутствовать еще ряд знаков (табл. 2.7).

Таблица 2.7

Дополнительные знаки в символе класса

Знак в символе	Значение знака
EPP	Судно имеет электрическую ГЭУ
ANTI-ISE	Судно оборудовано защитой от обледенения
INF1, INF2, INF3	Судно предназначено для перевозки упакованного отработанного ядерного топлива и высокорадиоактивных отходов
LI	Судно имеет приборы контроля загрузки
VCS	Судно оборудовано системой выдачи паров груза
IGS-1G, IGS-NG, IGS-Pad	Судно оборудовано системой инертного газа на основе сжигания топлива. В качестве источника инертного газа – азотный генератор. Система инертного газа для создания изолирующего слоя в танках
COW	Имеется система мойки сырой нефтью
CCO	Судно оборудовано постом управления грузовыми операциями
ECO, ECO-S	Судно соответствует требованиям экологической безопасности. Соответствует дополнительным требованиям экологической безопасности

В символ класса при соответствии требованиям Регистра могут быть введены словесные характеристики. Например, **Bulk carrier** – навалочное, **Container ship** – контейнеровоз, **Oil tanker** – нефтеналивное.

Докование судов. Помимо того, что наружная обшивка корпуса судна подвергается коррозии, ее поверхность обрастает морскими организмами и водорослями. Они создают дополнительное сопротивление движению судна, что ведет к непроизводительным затратам топлива и потери скорости.

Многочисленные попытки создания необрастающей краски, способной надежно защитить от обрастания, пока не дали нужного результата. Очистка, контроль состояния и окраска подводной части проводятся в доке[1].

Качество окраски подводной части корпуса судна зависит не только от качества применяемой краски, но и от качества подготовки поверхности к окраске. Для очистки поверхности применяются пескоструйные и дробеструйные установки, в которых используется абразивный или речной песок, чугунная или стальная дробь.

В доке же выполняется при необходимости ремонт бортовой и днищевой арматуры, гребного вала и дейдвудного подшипника. Гребной вал, предварительно сняв руль и соединительную муфту на линии вала, выгружают. Изношенную облицовку (часть гребного вала, которая вращается в дейдвудном подшипнике) ремонтируют наплавкой и последующей проточкой на токарном валовом станке.

В дейдвудных подшипниках, подшипниках скольжения применяется в качестве антифрикционного материала бакаут[2], резина (для судов смешанного плавания), баббит (здесь смазкой является масло, а не морская вода).

Дейдвудные подшипники с бакаутовыми и резиновыми вкладышами ремонтируют их заменой. Подшипники с бакаутом затем растачивают переносным станком до нужного диаметра. Бакаутовые вкладыши после постановки судна в док необходимо содержать влажными. Для этого каждый подшипник постоянно проливают водой или при демонтированном гребном валу заполняют мокрыми древесными опилками. В противном случае бакаут растрескается и подшипник полностью выйдет из строя. Влажность бакаутового подшипника должна регулярно контролироваться механиком судна.

Коммерческие характеристики судна. Регистровая вместимость не показывает весовое или объемное количество груза, которое судно может принять к перевозке. Существует способ приближенного определения грузоподъемности судна путем увеличения его брутто регистрового тоннажа в полтора раза. Например, трамповое судно, имеющее 8000 б.р.т. должно взять на борт около 12000 т груза. Но этот метод не пригоден для

[1] Док – гидротехническое сооружение или специальное судно для подъема судов на сушу.
[2] Бакаут – древесина железного или гваякового дерева, отличающаяся большой твердостью и удельной массой, произрастает в тропиках.

пассажирских судов, т.к. их брутто регистровый тоннаж в значительной степени определяется каютами, ресторанами, холлами и т.п. Регистровый тоннаж многоцелевых судов для перевозки навалочных грузов не подходит для этого метода, т.к. балластные танки не исключаются при определении регистровой вместимости. В качестве коммерческих характеристик грузового судна следует использовать иное.

Грузоподъемность. Полной грузоподъемностью (Total deadweight capacity, t.d.c.) или полным дедвейтом называется максимальный вес груза, запасов топлива, воды, снабжения и экипажа, пассажиров с багажом, который судно может принять на максимально допустимую для него осадку. Величина полного дедвейта представляет собой разность между полным и чистым водоизмещением судна.

Тонна полного дедвейта служит обычно основой оплаты при работе судна в тайм-чартере[1] (time charter). В рейсовом фрахтовании имеет значение только та часть полного дедвейта, которая используется для перевозки груза в данном рейсе. Эта часть дедвейта предоставляется в распоряжение фрахтователя, за нее он и оплачивает фрахт. Эта часть дедвейта называется чистой грузоподъемностью (deadweight cargo capacity, t.w.c.).

Количество принятого на борт груза определяют по маркам углубления, с помощью которых вычисляют изменение осадки судна, и числу тонн на сантиметр осадки. Расстояние по вертикали в плоскости мидель-шпангоута от киля до грузовой ватерлинии представляет собой осадку судна T, которая измеряется марками углубления.

Кроме осадки на миделе различают осадку носом $T_н$ и осадку кормой $T_к$. Если $T_н = T_к$, то судно плавает (сидит) на ровный киль. В этом случае для определения количества груза используют величину T. В случаи $T_н \neq T_к$ для расчетов используется величина средней осадки $T_{ср} = \frac{T_н + T_к}{2}$. Марки углубления, нанесенные в дециметрах, обозначают арабскими цифрами, а марки углубления, нанесенные в футах, – римскими цифрами.

При загрузке судна используется грузовая шкала – таблица зависимости водоизмещения, дедвейта, числа тонн на сантиметр осадки, удельного дифферентующего момента и значения положения поперечного метацентра. Используя грузовую таблицу, можно по осадке быстро определять массу груза, находящегося на судне, а по массе принятого груза – осадку и ее изменение при переходе из соленой воды в пресную и наоборот.

[1] Тайм-чартер – фрахтование судна на время, в течение которого судовладелец несет расходы только на оплату труда и питание экипажа, поддержание судна в мореходном состоянии.

Грузовместимость. Для грузов с высоким удельным погрузочным объемом (stowage factor), таким как шерсть в кипах[1], хлопок, копра, некоторые зерновые грузы, при фрахтовании судна важна не грузоподъемность, а грузовместимость.

Для ее определения длина, ширина и высота помещений измеряются между обшивкой бортов, поперечных переборок и между верхней поверхностью второго дна и нижней поверхностью палубы. Из полученного объема вычитаются пространства, занятые выступающими корпусными конструкциями, оборудованием. Такая характеристика грузовместимости пригодна при перевозке сыпучего груза, например, зерна.

При перевозке генерального (штучного) груза, такого как мелкие ящики, бочки, кипы, объемной характеристикой судна служит киповая вместимость (bale cubic capacity или bale space). Киповый объем замеряется между внутренними кромками рыбинсов[2] или обшивкой и внутренними кромками выступающих в трюм бимсов. При этом теряется пространство за рыбинсами, поэтому киповая вместимость меньше зерновой, составляя, как правило, 90-92 % от нее. Учитывая это обстоятельство, при фрахтовании в документах следует четко оговаривать, о какой вместимости идет речь.

Весовая и обмерная тонна. Трамповые суда обычно фрахтуются на основе их грузоподъемности, зерновой или киповой грузовместимости. В линейном судоходстве оговаривается, что фрахт оплачивается по выбору судовладельца за весовую или обмерную тонну. Обмерная тонна – это объем, равный 40 кубическим футам грузовместимости судна. Если укладочный объем груза составляет менее одной обмерной тонны, то отправитель платит за фрахт по весу. Если тонна груза занимает более одной обмерной тонны, то фрахт взимается за каждые 40 кубических футов.

Обмерная тонна в линейном судоходстве определяется не из объема 1 т груза, а из объема, занимаемого грузом в трюме, что компенсирует перевозчику неравномерную укладку груза. Неравномерная укладка приводит к потери пространства между отдельными грузовыми местами, которое не учитывается при определении укладочного объема не навалочного груза.

Размерения судна. С точки зрения эксплуатации и фрахтователя, значение имеют те размерения судна, которые определяют его возможность войти в данный порт и покинуть его. Этими размерениями являются:

– длина судна наибольшая (overall length) – длина судна от наиболее выдвинутой вперед точки форштевня до крайней точки кормы;

---

[1] Кипа – связка генерального груза, удобная для грузовых операций.

[2] Рыбинсы – брусья, закрепленные на шпангоутах параллельно ватерлинии, элемент внутренней обшивки грузового трюма.

– ширина набольшая (extreme breadth) – ширина в самой широкой части судна по верхней палубе между наружными поверхностями обшивки;

– осадка в грузу (laden draught) – расстояние по вертикали от наиболее низкой части наружной кромки киля до уровня ватерлинии, допустимые величины осадки определяются грузовой маркой.

Кроме характеристик тоннажа и приведенных выше размерений, существуют другие характеристики, но они имеют большее значение для кораблестроителей, классификационных обществ. Среди них можно выделить:

– расчетную высоту борта (mounded breadth) – расстояние по вертикали, измеренное по борту судна у миделя от внутренней поверхности киля до верхней кромки бимса верхней непрерывной палубы.

– длину между перпендикулярами (length between perpendiculars) – длина между перпендикуляром к основной плоскости, проведенном через точку пересечения ГВЛ с задней кромкой форштевня и осью баллера руля.

– ширину теоретическую (mounded breadth) – измеряется на уровне ГВЛ в наиболее широком месте между внутренними поверхностями наружной обшивки бортов.

Судовые документы. Судовые документы удостоверяют правовое положение судна, его техническое состояние и другое, связанное с его эксплуатацией. Практика торгового мореплавания выработала перечень судовых документов, который определяется международными соглашениями и национальным законодательством. Документы, определяющие техническое состояние грузового судна целиком и его отдельных элементов, выдаются классификационным обществом (в России – Российским Морским Регистром) (прил. 7).

Кроме этого, судну выдаются документы различными органами и документация ведется на судне. Среди основных документов выделяют:

1) свидетельство о праве плавания под государственным флагом (Certificate of the Right to Sail under the State Flag) или судовой патент (Ship’s Patent), где указан собственник судна, порт приписки, основные технические данные судна;

2) судовой журнал (Ship’s Log), в который в хронологической последовательности записывают все происходящее на судне.

3. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ

3.1. Краткая историческая справка

Рельсовый путь стал применяться задолго до появления железнодорожного транспорта. Его использовали для перевозки навалочных грузов (каменный уголь, руда, строительные материалы) в основном на рудниках. Применение рельсового пути было вызвано тем, что по нему можно везти груз в несколько раз более тяжелый, чем по обычной дороге, т.к. сопротивление движению на рельсовом пути в несколько раз меньше. Соответственно, перевозка по такому пути обходилась дешевле. В качестве средства тяги при рудничных перевозках использовались лошади.

Первая железнодорожная линия Ливерпуль – Манчестер открылась в 1830 г. Состав на паровой тяге (паровоз) двигался со скоростью 10 км/ч. К началу 1830-х гг. относится становление и интенсивное развитие этого вида транспорта, в 1840 г. в Европе уже было 2925 км железных дорог, в 1850 г. – 23504 км, а в 1860 г. их протяженность уже стала 51826 км. В России первая железная дорога с паровой тягой была построена в 1834 г. в Нижнем Тагиле. По ней перевозили грузы и пассажиров со скоростью 15 км/ч. А в 1837 г. железная дорога протяженностью 25 км была построена между Санкт-Петербургом и Царским селом. Затем в 1851 г. вошла в строй двухпутная Николаевская железная дорога между Санкт-Петербургом и Москвой, а в 1861 г. – дорога Санкт-Петербург – Варшава. К началу XX в. общая протяженность русских железных дорог уже составляла 67433 км.

В 1892 г. железная дорога была проложена до Челябинска, который стал начальным пунктом строительства Транссибирской железной магистрали, соединившей центр России с ее Дальним Востоком. Решение о ее строительстве было принято правительством в 1887 г., причем было решено строить дорогу одновременно от Челябинска и от Владивостока. Тогда же были начаты проектно-изыскательские работы по трассам Сибирской, Забайкальской и Уссурийской железных дорог. Рассматривались два варианта прокладки магистрали. Первый – Амурская дорога по русской территории от Сретинска до Хабаровска параллельно реке Амур, второй короче – Китайско-Восточная дорога по китайской территории. Из соображений экономии средств был выбран второй вариант. Строительство дороги от Владивостока началось в мае 1891 г. Считалось, что в сутки по дороге будет проходить 7 пар составов, скорость пассажирских поездов будет 20 км/ч, а грузовых – 15 км/ч при весе не больше 500 т.

В 1906 г. после окончания русско-японской войны правительство обратилось к проекту Амурской железной дороги и в этом же году на трассе начались проектно-изыскательские работы. Перевозки по дороге начались

в 1915 г. Годом позже, несмотря на тяжелое военное время и боевые потери конструкций при перевозке, был сдан в эксплуатацию мост через реку Амур у Хабаровска длиною 2,5 км, спроектированный русскими инженерами, одно из величайших инженерных сооружений своего времени.

От зарождения до настоящего времени железнодорожный транспорт прошел большой путь своего развития, основными этапами которого могут служить применявшиеся и применяющиеся на нем во всем мире виды источников энергии: пар, дизель-генераторы, постоянный электрический ток. К 1989 г. протяженность железных дорог СССР составляла 145 тыс. км.

Крупнейшими железнодорожными узлами в постсоветской России являются Москва, Санкт-Петербург и Новосибирск. Общая протяженность железных дорог России в настоящее время составляет ≈ 87 тыс. км.

3.2. Железнодорожный транспорт как инженерное сооружение

Железнодорожный транспорт – вид транспорта, выполняющий перевозки пассажиров и грузов по рельсовым путям в вагонах с помощью локомотивной или мотор-вагонной тяги. Железнодорожный транспорт отличает способность перевозить практически все виды грузов (универсальность), высокая провозная и пропускная способность, невысокая себестоимость перевозок в сравнении с воздушным и автомобильным транспортом, независимость от природных условий, ритмичность в сравнении с речным транспортом, довольно высокая скорость движения и надежность. Кроме того, при использовании электротяги экономится жидкое углеводородное топливо, повышается экологическая безопасность. Современная двухпутная электрифицированная железная дорога пропускает в сутки до 150-200 пар поездов и обеспечивает перевозку более 100 млн т грузов в каждом направлении.

Железнодорожный транспорт эффективен в перевозках на дальние расстояния (свыше 700 км), что существенно для территории России. Железные дороги обеспечивают основные грузопотоки не только между регионами России, но и со странами ближнего зарубежья, составляя основные элементы территориального каркаса народнохозяйственного комплекса.

Железнодорожный транспорт является самым распространенным в мире. Даже в условиях довольно жесткой конкуренции с автомобильным и воздушным транспортом, он остается важным средством передвижения крупных объемов грузов и пассажиров. Доля железнодорожного транспорта в общем объеме перевозок зависит от ряда экономико-географических, демографических и других факторов:

– размещения природных ресурсов и производительных сил;

– численности населения;

– размера территории;

– наличия незамерзающих водных путей.

Железнодорожный транспорт является также самым востребованным в России, что определяется несколькими факторами:

– технико-экономическими преимуществами над остальными видами транспорта;

– совпадением с основными межрегиональными направленностями;

– высокой провозной способностью;

– встроенностью в межгосударственные магистрали;

– независимостью от погодных условий.

В России железнодорожный транспорт выполняет более 80 % грузооборота всех видов транспорта (без трубопроводного) и свыше 40 % пассажирооборота транспорта общего пользования в дальнем и пригородном сообщениях, составляя основу транспортной системы страны. Загруженность железнодорожного транспорта России и выполняемая им работа существенно превышает показатели других стран мира, например, Канады и США. Основная задача, которую выполняют железные дороги страны, заключается в обеспечении связи восточных регионов страны с европейской ее частью и европейскими странами.

Сооружения и устройства железных дорог должны обеспечивать движение поездов с наибольшими установленными скоростями: пассажирских – 140 км/ч, рефрижераторных – 120 км/ч, грузовых – 90 км/ч. Эти значения конкретизируются по участкам железных дорог. Для участков, где пассажирские поезда ходят со скоростью более 140 км/ч, разрабатываются дополнительные требования. Средняя скорость перевозок по железным дорогам составляет 30 км/ч. К сожалению, она постоянно уменьшается в связи с большей потребностью в перевозках и относительно медленным по сравнению с ней развитием технических средств.

Железнодорожный транспорт не зависит от сезонности и погодных условий, гарантировано перевозя грузы и пассажиров в любое время года и в непогоду. Железнодорожный транспорт эффективен за счет достаточно высокой скорости вагонопотока, больших объемов перевозимых грузов, универсальности и пр. Преимуществами этого вида транспорта является удовлетворение потребностей в перевозках за определенный промежуток времени, четкое соблюдение времени доставки грузов, высокая фактическая скорость перевозки объемов груза за счет большой «грузоподъемности». В настоящее время железнодорожный транспорт остается привлекательным для грузоотправителей и пассажиров экономичностью, уступая лишь трубопроводному, морскому и водному транспорту.

В структуре железнодорожных грузовых перевозок выделяются каменный уголь и кокс (первое место в грузообороте, второе – по объему перевозок и свыше 90 % от объема их перевозки всеми видами транспорта), минеральные строительные материалы (первое место по объему перевозок

и второе – по грузообороту), нефть, мазут и светлые нефтепродукты (третье место). Значительную долю занимают руда, минеральные удобрения (около 90 % от объема перевозки всеми видами транспорта), черные металлы (свыше 75 % от объема перевозки), лесные грузы (свыше 60 %) и хлебные грузы (свыше 50 %). На долю этих восьми видов груза приходится почти 9/10 всей грузовой работы железнодорожного транспорта.

Загрузка железнодорожного транспорта неравномерна, половина всего грузооборота выполняется 1/6 частью железных дорог, на которой при средней грузонапряженности железнодорожной сети России 27 млн т-км на 1 км эксплуатационной длины, загрузка имеет в 2 раза большую грузонапряженность. К наиболее грузонапряженным линиям относится Транссибирская магистраль, особенно ее участок от Омска до Новосибирска, являющийся самым грузонапряженным железнодорожный участком в мире с более 100 млн т-км на 1 км длины за счет перевозки кузнецкого угля на Урал.

На железнодорожный транспорт приходится около 80 % от общего пассажирооборота, причем более 2/3 составляют дальние пассажирские перевозки. Пассажирские вагоны различных типов обеспечивают достаточно высокий уровень комфорта и надежности дальних перевозок.

Дальние пассажирские перевозки распределяются по железнодорожным линиям неравномерно. Преобладают два направления: южное, меридиональное – от Москвы на Курск и восточное, широтное – от Москвы на Урал и Сибирь. Большой пассажиропоток также между Москвой и Санкт-Петербургом и на западных направлениях.

Основной объем пригородных перевозок пассажиров приходится на Москву, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Екатеринбург, Самару.

Сооружения и устройства железных дорог, подъездные пути от станции примыкания до территории промышленных и транспортных предприятий должны удовлетворять требованиям габарита приближения строений (габарит С), который определяется государственным стандартом (рис. 3.1).

Выгруженные или подготовленные к погрузке около пути грузы размещают так, чтобы габарит приближения строений не нарушался. Грузы (кроме балласта, выгружаемого для путевых работ) при высоте до 1200 мм (рис. 3.2) должны находиться от наружной грани головки крайнего рельса не ближе 2,0 м (см. рис. 3.2), а при большой высоте (рис. 3.3) – не ближе 2,5 м.

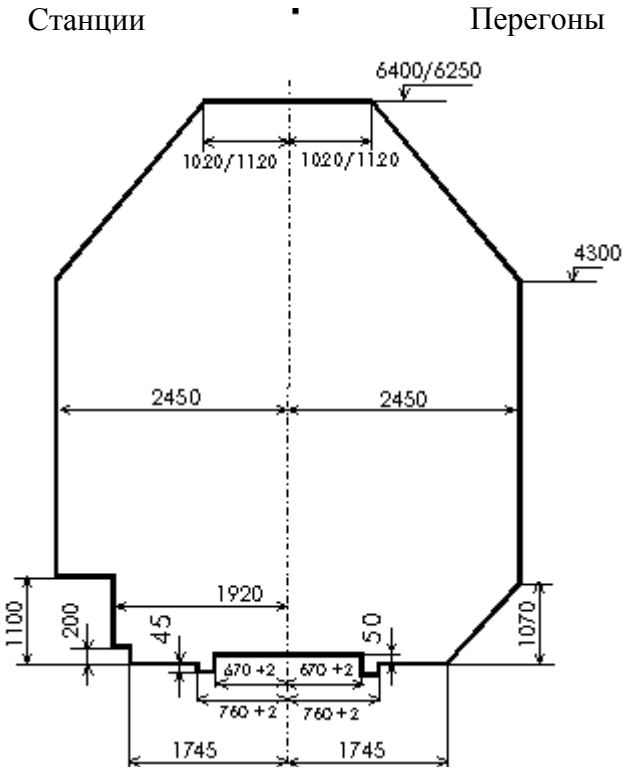


Рис. 3.1. Стандартный габарит,
устанавливающий приближение строений

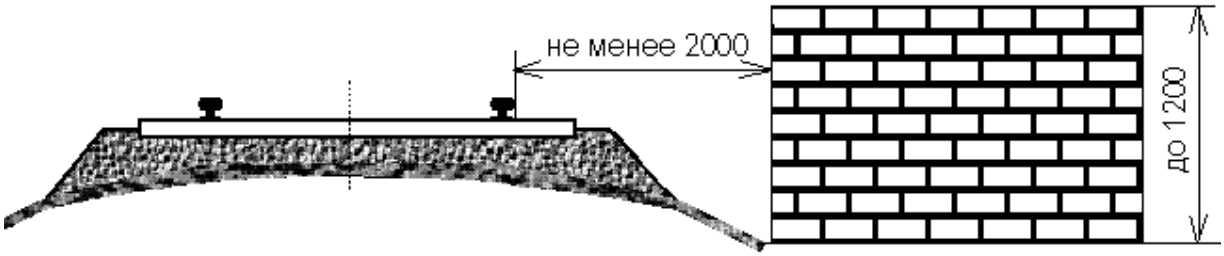


Рис. 3.2. Размещение груза при высоте до 1200 мм

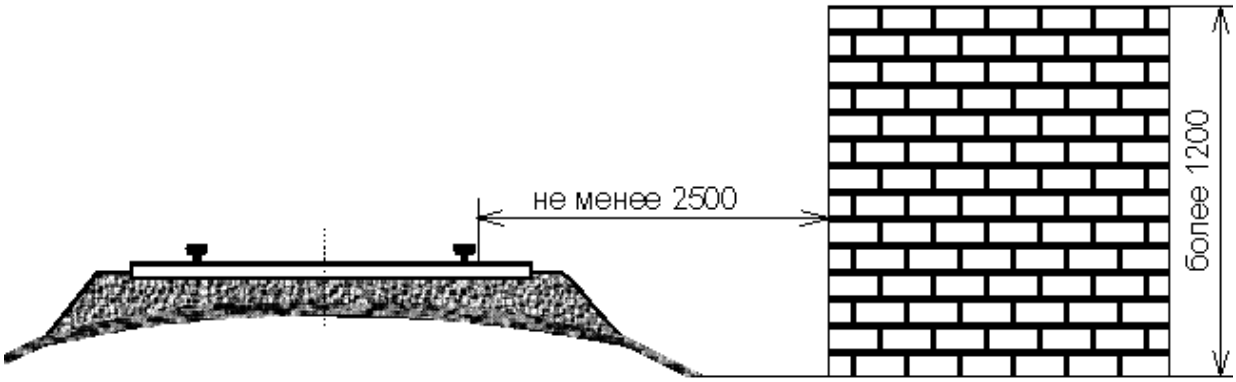


Рис. 3.3. Размещение груза при высоте более 1200 мм

Грузоотправителям при организации грузовых работ необходимо учитывать, что погруженный на открытом подвижном составе груз (с учетом упаковки и крепления) должен размещаться в пределах установленных габаритов погрузки (рис. 3.4). Грузы, которые в силу своих транспортных свойств не могут быть размещены на открытом подвижном составе в пределах габаритов погрузки, перевозятся в соответствии с особым порядком, установленным на железной дороге.

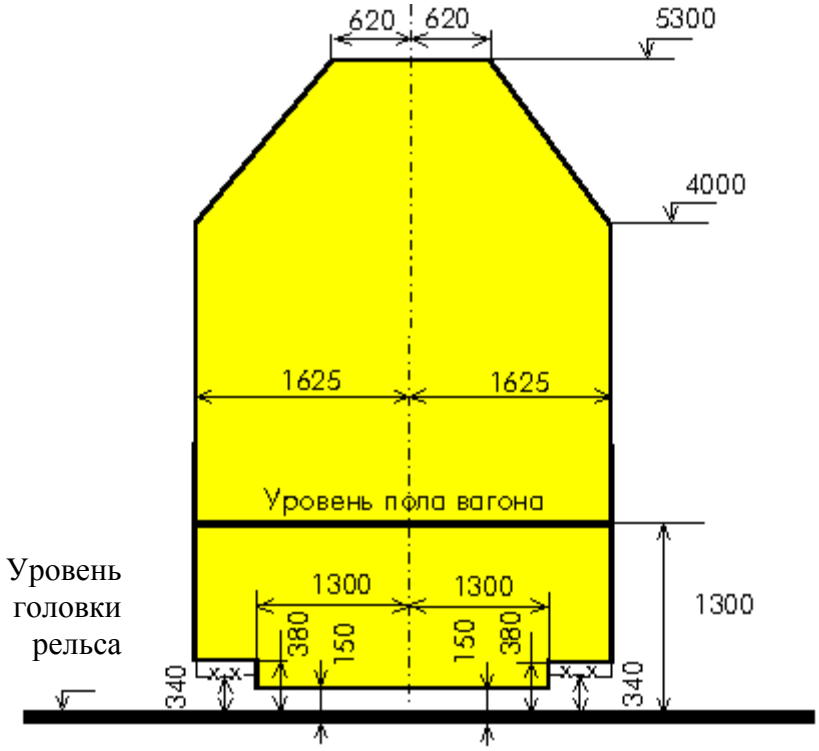


Рис. 3.4. Габарит размещения грузов

Для проверки размещения грузов установленным габаритам на подъездных путях, в морских и речных портах, на станциях перегрузки устанавливаются габаритные ворота.

Одним из показателей, от которого зависит эффективность перевозок железнодорожным транспортом, является масса (вес) поезда.

Этот показатель определяет провозную способность линий, себестоимость и экономичность перевозок, а также удельный расход топлива на тягу поездов у тепловозов или электроэнергии – у электровозов. Различают вес брутто и нетто. Вес брутто определяется как сумма весов локомотива, тары вагонов и веса груза или пассажиров, а вес нетто – это сумма весов локомотива и веса тары вагонов.

3.3. Структура техники железнодорожного транспорта

Техника железнодорожного транспорта состоит из нескольких взаимосвязанных компонентов: железнодорожного полотна, разделительных пунктов, подвижного грузового и пассажирского состава, средств тяги, систем управления и автоматизации. Организационно он состоит из взаимосвязанных транспортных предприятий. Железнодорожный транспорт по критерию оптимальности затрат обычно используется для перевозки значительных объемов грузов на расстояния свыше 700 км.

Железнодорожное полотно должно быть обязательно ровным и пологим, поэтому главные железные дороги строят так, чтобы крутизна подъемов и спусков на протяжении всего пути не превышала 9 м на каждый 1 км пути.

Железнодорожное полотно должно быть не только пологим, но и по возможности прямым. Например, магистраль Москва – Санкт-Петербург построена с очень небольшими подъемами и уклонами и почти полностью по прямой.

Однако поверхность земли неровна, пересечена горами и холмами, реками и озерами, болотами и оврагами. Кроме того, железная дорога должна связывать населенные пункты. Железнодорожное полотно прокладывают так, чтобы снизить затраты на ее строительство и содержание, вписав его в рельеф местности. Чем более пологим и прямым будет железнодорожный путь, тем больше нужно земляных и строительных работ (насыпи в низинах, выемки в возвышенностях, мосты, туннели), тем дороже будет сооружение, хотя это удешевляет эксплуатацию.

Все элементы железнодорожного пути (земляное полотно, верхнее строение и искусственные сооружения) по прочности, устойчивости и состоянию должны обеспечивать безопасное и плавное движение поездов со скоростями, установленными на данном участке. Необходимые работы по содержанию и ремонту железнодорожного пути, сооружений и устройств выполняют путевые машинные станции и другие предприятия путевого хозяйства так, чтобы обеспечивать выполнение заданных размеров движения поездов с установленными скоростями.

Раздельные пункты разделяют железнодорожную линию на перегоны (блок-участки). К раздельным пунктам относятся станции, разъезды, путевые посты и обгонные пункты. Станция – раздельный пункт, имеющий путевое развитие, позволяющее производить операции по приему, отправлению, скрещению и обгону поездов, операции по приему, выдаче грузов и обслуживанию пассажиров. Кроме того, при развитых путевых устройствах на станциях выполняется маневровая работа по расформированию и формированию поездов, а также различные технические операции с поездами. Разъезд представляет собой раздельный пункт на однопутных

линиях, имеющий путевое развитие. Он предназначен для скрещения и обгона поездов. Путевой пост – это раздельный пункт на железнодорожных линиях, не имеющий путевого развития (блок-пост при полуавтоматической блокировке, пост примыкания на однопутном перегоне с двухпутной вставкой, предузловой пост и т.п.). Обгонный пункт на двухпутных линиях имеет путевое развитие, допускающее обгон поездов и в необходимых случаях перевод поезда с одного главного пути на другой.

Железнодорожные станции представляют собой предприятия для приема и отправления поездов. Они оборудуются системой путей, устройствами для сортировки вагонов и формирования составов поездов, устройствами для ведения грузовых операций, системами автоматики и телемеханики, а также необходимыми зданиями и сооружениями, включая ремонтные депо. Станции, разъезды и обгонные пункты располагаются на горизонтальных площадках, уклоны не должны превышать 0,0015. В трудных условиях допускается увеличение уклонов, но не более чем до 0,0025.

Железнодорожные станции по критерию назначения разделяют на несколько классификационных групп:

– грузовые;
– пассажирские;
– сортировочные;
– промежуточные;
– участковые.

Кроме того, на железнодорожных перегонах имеются вспомогательные посты и пассажирские остановочные пункты. Вспомогательные посты не имеют путевого развития и предназначаются только для обслуживания пункта примыкания подъездного пути. Для поездов, следующих по всему перегону, они раздельным пунктом не являются. Пассажирские остановочные пункты располагаются на перегоне, не имеют путевого развития и предназначены исключительно для посадки и высадки пассажиров.

Станции, разъезды и обгонные пункты, а также отдельные парки и вытяжные пути должны располагаться на прямых участках, допустимо их размещение на кривых радиусом не менее 1500 м. План и профиль главных и станционных путей, а также подъездных путей, принадлежащих железной дороге, должны подвергаться периодической инструментальной проверке.

Продольные профили сортировочных горок, подгорочных и вытяжных путей на сортировочных, участковых и грузовых станциях проверяются не реже одного раза в три года, на остальном протяжении станционных путей профиль проверяется не реже одного раза в 10 лет. Продольный профиль главных путей на перегонах проверяется в период проведения капитального и среднего ремонта путей. По результатам проверок устанавливаются конкретные сроки производства работ по выправке профилей.

Участки, на которых производится реконструкция пути и другие работы, вызывающие изменения плана и профиля, проверяются исполнителями работ после их окончания с представлением соответствующей документации в дистанцию пути, а на станциях и начальнику станции.

Для предотвращения самопроизвольного ухода вагонов или составов (без локомотива) на станциях, разъездах и обгонных пунктах приемо-отправочные пути, на которых происходит отцепка локомотива от вагонов и производство маневровых операций, имеют, как правило, продольный профиль с противоуклонами в сторону ограничивающих стрелок. Чтобы самопроизвольно вагоны не выходили на другие пути, предусматривается устройство предохранительных тупиков, охранных стрелок, сбрасывающих башмаков или стрелок. В то же время расположения станций, разъездов и обгонных пунктов на уклонах должны обеспечивать условия трогания с места поездов установленной весовой нормы.

Подвижной состав железной дороги представлен универсальными и специализированными грузовыми, пассажирскими вагонами и средствами тяги. В качестве средств тяги используются в основном локомотивы с электроприводом (электровозы) и приводом от двигателей внутреннего сгорания (тепловозы). Применение электровозов требует обустройства железнодорожных путей электросетями и электроподстанциями. Для тепловозов необходимы станции для заправки их топливом.

Системы управления и автоматизации необходимы для контроля состояния на путях и станциях, дистанционного управления сигнализацией и переводными стрелками.

3.4. Железнодорожное полотно

Железнодорожное полотно состоит из нижнего строения, верхнего строения и искусственных сооружений. Нижнее строение представляет собой земляное полотно, состоящее из насыпей, выемок и искусственных сооружений (железнодорожные мосты, тоннели, трубы и т.д.). Верхнее строение состоит из балластного слоя, шпал, рельсов, переводных стрелок и т.д.

Ширина земляного полотна поверху на прямых участках пути соответствует верхнему строению пути. Его ширина не менее 5,5 м на однопутных линиях, 9,6 м на двухпутных. Минимальная ширина обочины земляного полотна поверху должна быть 0,4 м с каждой стороны пути (рис. 3.5).

На кривых участках радиусом менее 2000 м земляное полотно устраивают шире. Бровку земляного полотна в местах разлива вод делают не менее чем на 0,5 м выше максимальной высоты наката волны при сильных ветрах.

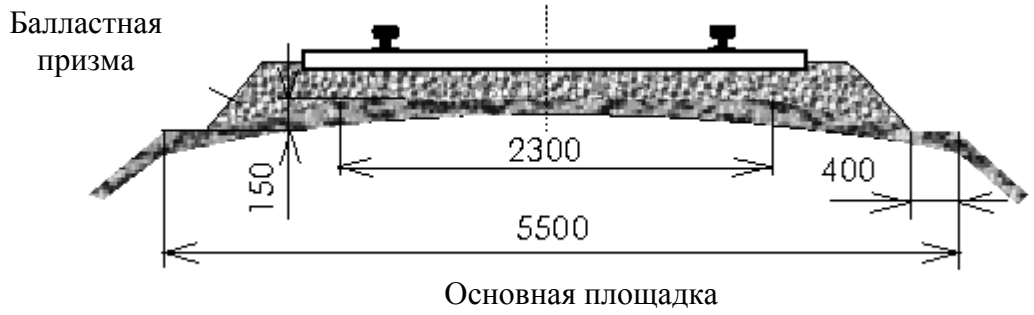


Рис. 3.5. Земляное полотно железной дороги

Земляное полотно должно быть прочным, устойчивым, надежным и долговечным. Его поверхности выравнивают и защищают так, чтобы атмосферные осадки не застаивались и стекали, не разрушая полотна.

Ширина железнодорожной колеи в России составляет 1520 мм. Величины отклонений от номинальных размеров ширины колеи, не требующие устранения, на прямых и кривых участках пути не должны превышать по сужению – 4 мм, по уширению + 8 мм. Ширина колеи менее 1512 мм и более 1548 мм не допускается. Минимальный радиус поворота железнодорожных путей на территории предприятий допускается 50 м. Расстояние на прямых участках между осями путей на перегонах двухпутных (рис. 3.6), должно быть не менее 4100 мм, а на трех- и четырехпутных линиях (рис. 3.7) должно составлять не менее 5000 мм.

Там, где железнодорожная линия закругляется, колею чуть расширяют, а наружный рельс укладывают немного выше внутреннего, чтобы обеспечить прохождение подвижного состава по кривой. При этом локомотивы и вагоны наклоняются в сторону центра скругления пути.

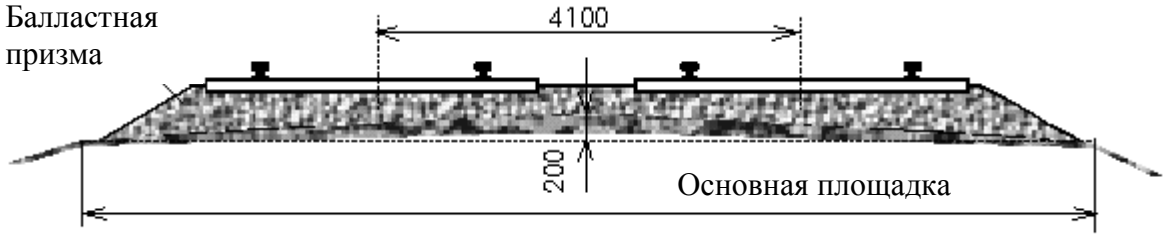


Рис. 3.6. Расположение железнодорожных путей
(двухпутная дорога)

При расположении главных путей на станциях крайними с разрешения начальника железной дороги допускается расстояние между ними 4100 мм. Расстояние между осями путей, предназначенных для непосредственной перегрузки грузов из вагона в вагон, может быть допущено 3600 мм.

Рис. 3.7. Расположение железнодорожных путей
(трех- и четырехпутная дорога)

Верхнее строение железнодорожного пути служит для восприятия силового воздействия от колес подвижного состава, передачи его на нижнее строение пути и направления движения составов. Оно состоит из балластного слоя, шпал, рельсов, рельсовых скреплений, противоугонов, стрелочных переводов, мостовых и переводных брусьев (рис. 3.8).

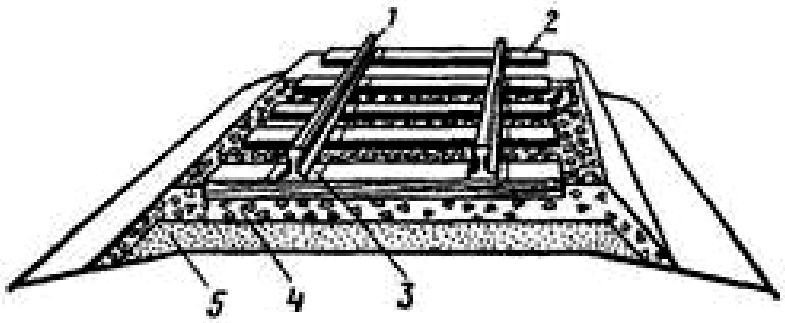


Рис. 3.8. Элементы верхнего строения пути:

1 – рельсы; 2 – шпалы; 3 – промежуточные скрепления;
4 – щебеночный балласт; 5 – песчаная подушка

Рельсы и шпалы образуют путевую решетку. Шпалы заглублены в балластный слой. Расстояние между шпалами, толщина балластного слоя выбираются так, чтобы обеспечивать упругую осадку, исчезающую после снятия нагрузки от колес. В качестве материала балласта используют щебень фракции 25-60 мм, гравий, песок, ракушечник, отходы производства асбеста. Щебень хорошо пропускает воду, не смерзается, оказывает высокое сопротивление продольному сдвигу и воспринимает высокое давление. Его укладывают на песчаную подушку. Отходы производства асбеста недостаточно устойчивы к размыванию осадками. Ракушечник применяется только для малонагруженных линий. Балластный слой в поперечном сечении имеет форму призмы с откосами 1:1,5.

Шпалы служат основанием для рельсов, восприятия и передачи давления от колес на балластный слой. Они также служат для крепления рель-

сов и обеспечивают постоянство ширины колеи. Кроме шпал к подрельсовым основаниям относятся мостовые и переводные брусья, полушпалы и плиты. Число шпал на 1 км пути (эпюра шпал) составляет 1840-2000 шт/км. Их изготавливают из дерева, железобетона, стали.

Деревянные шпалы изготавливают из сосны, лиственницы, березы или бука и пропитываются масляным антисептиком, предохраняющим их от гниения. Высота шпалы 180 мм, ширина 230 мм, длина 2750 мм. Их преимуществами являются легкость, простота изготовления, удобство крепления рельсов и сопротивление токам рельсовых путей, а недостатками – малый срок службы (15-18 лет), высокий расход древесины. Железобетонные шпалы дороже, чем деревянные, однако имеют нормативный срок службы 50 лет. Их применение существенно сокращает объемы ремонтных работ и потребление древесины.

Железобетонные шпалы с предварительно напряженной арматурой начали применяться с 1957 г. (рис. 3.9). Они долговечные (40-50 лет), обеспечивают высокую устойчивость пути, плавность движения поездов вследствие своей одинаковой упругости, экономится древесина и сокращается объем текущих ремонтных работ.

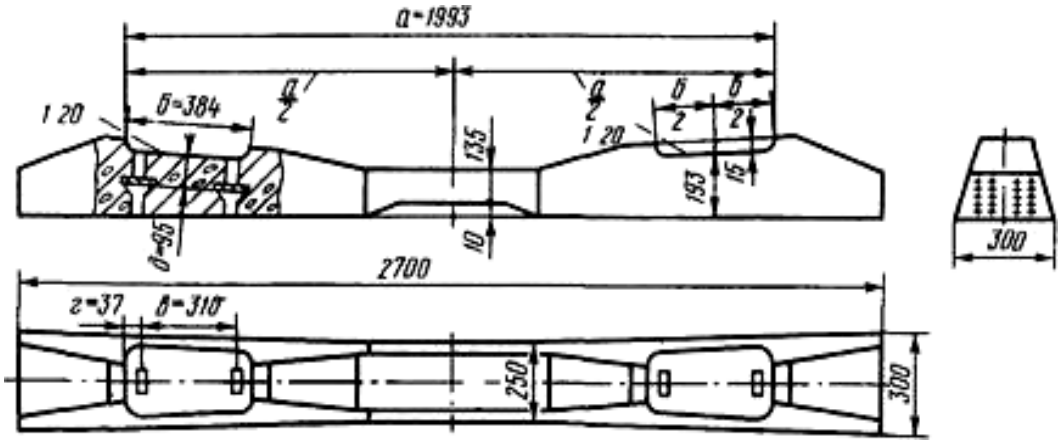
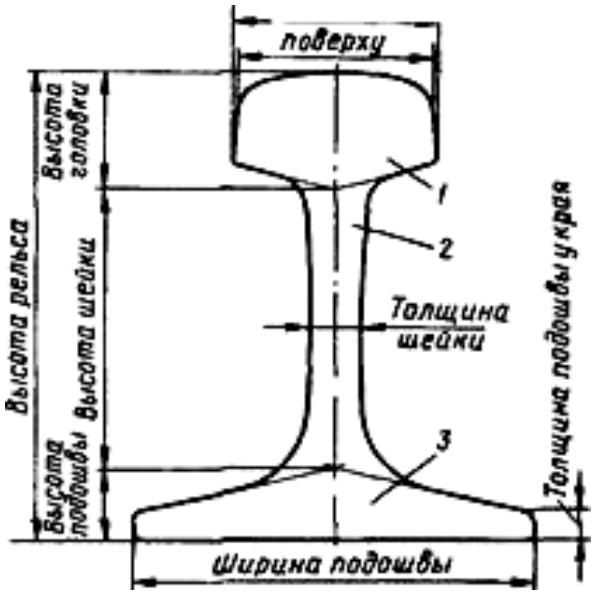


Рис. 3.9. Железобетонная шпала

Рельсы воспринимают нагрузку от колес подвижного состава, передают ее на шпалы и направляют движение колес, а также служат проводниками сигнального тока для автоблокировки и при электротяге – минусовым проводом. Изготавливают рельсы из высокопрочной стали, они классифицируются на типы: Р50, Р65 и Р75, здесь Р означает «рельс», а цифры – массу 1 м в килограммах. До 1963 г. использовались рельсы Р43. Рельс имеет форму, близкую к двутавру (рис. 3.10).



3.10. Железнодорожный рельс:

1 – головка рельса; 2 – шейка; 3 – подошва

Профиль рельса состоит из головки, по которой катятся колеса подвижного состава, высокой шейки и широкой подошвы (табл. 3.1). Такая форма профиля не позволяет рельсу прогибаться вниз и в стороны при прохождении поезда. Выбор типа рельса зависит от грузонапряженности линии и скорости движения по ней. Рельсы катают длиной 25 м, эксплуатируются и рельсы прежних выпусков длиной 12,5 м.

Таблица 3.1

Размеры сечения железнодорожного рельса

Тип рельса	Масса, кг/м	Размеры, мм					
		Высота			Ширина головки	Толщина шейки	Ширина подошвы
		рельса	головки	подошвы			
Р75	74,41	192	55,3	32,3	75	20	150
Р65	64,72	180	45	30	75	18	150
Р50	51,67	152	42	27	75	16	150

Для свободного и устойчивого движения каждого колеса колесных пар локомотивов и вагонов по рельсу оно должно занимать положение, которое определяется нормативами (рис. 3.11) и образует полосу перекрытия.

Рельсы, уложенные в путь, скреплены друг с другом накладками и болтами в сплошную рельсовую нить. Между ними в стыках имеются зазоры для удлинения рельсов в летнее время при нагреве их солнцем. Стыки рельсов являются слабыми местами железнодорожного пути, поэтому стараются уменьшить их число, сваривая рельсы в длинные полосы по нескольку сотен метров. Этим создается «бархатный» путь.

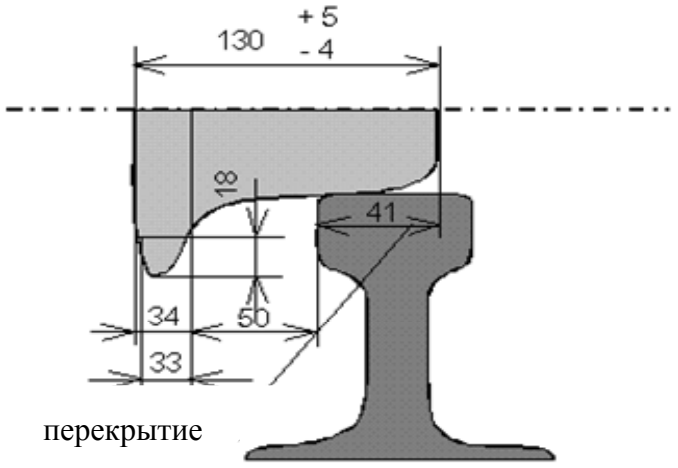


Рис. 3.11. Положение колесной пары относительно рельса

Срок службы рельса Р65 составляет 500 млн т перевезенного по ним тоннажа, у Р75 срок службы на 30 % выше.

Рельсы образуют две непрерывные рельсовые нити, что обеспечивается креплением их к шпалам промежуточными скреплениями, которые обеспечивают упругую связь со шпалами и постоянство ширины колеи. К деревянным шпалам рельсы прикреплены костылями, которые забивают в шпалу так, чтобы головка костыля прихватывала край подошвы рельса (рис. 3.12).

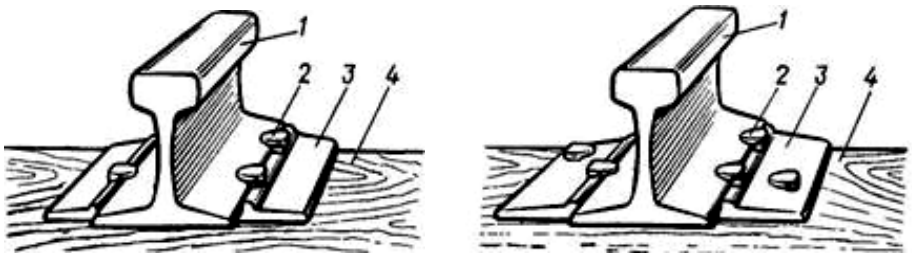


Рис. 3.12. Костыльное скрепление рельс с деревянными шпалами:

1 – железнодорожный рельс; 2 – костыль; 3 – подкладка; 4 – шпала

Под подошвой рельса на шпалу кладут профильную металлическую подкладку, чтобы давление рельса распределялось на большую площадь, а шпала под рельсом меньше изнашивалась. Скрепления могут быть нераздельные, смешанные и раздельные. При смешанном скреплении рельсы к шпалам прокладки крепятся дополнительными костылями, такой тип скреплений используется на отечественных железных дорогах, т.к. они просты, а зашивка, разборка и перешивка пути не представляет сложности. При раздельном скреплении рельс крепится к прокладкам клеммными болтами, а прокладки к рельсу – костылями. Это позволяет менять рельсы, не сни-

мая с них прокладок, кроме того, этот тип скреплений лучше обеспечивает постоянство ширины колеи.

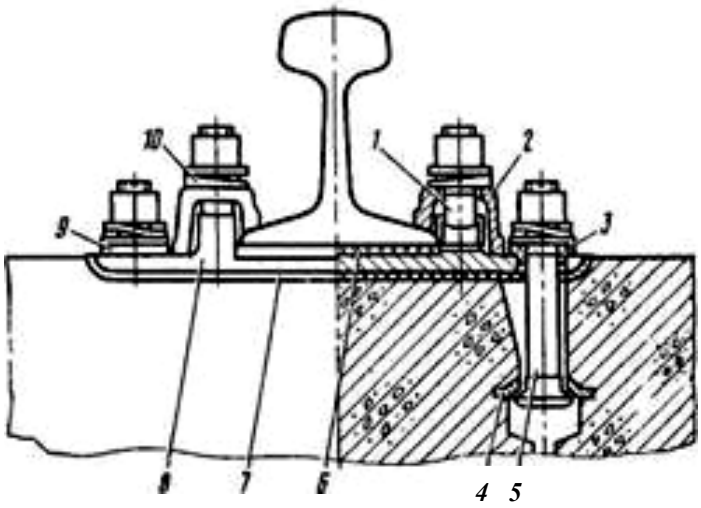


Рис. 3.13. Скрепление для железобетонных шпал:

1 – болт клеммный прижимной; 2 – клемма; 3 – втулка изолирующая;
4 – болт закладной; 5 – шайба анкерная; 6 – прокладка;
7 – подкладка резиновая; 8 – подкладка металлическая;
9 – шайба плоская; 10 – шайба пружинная двухвитковая

К бетонным шпалам рельсы крепят болтами (рис. 3.13). Для соединения рельсовых звеньев применяются стыковые скрепления, состоящие из накладок, болтов с гайками и пружинными шайбами (рис. 3.14). Стыковые скрепления также воспринимают изгибающие моменты и перерезывающие силы в районе стыка.

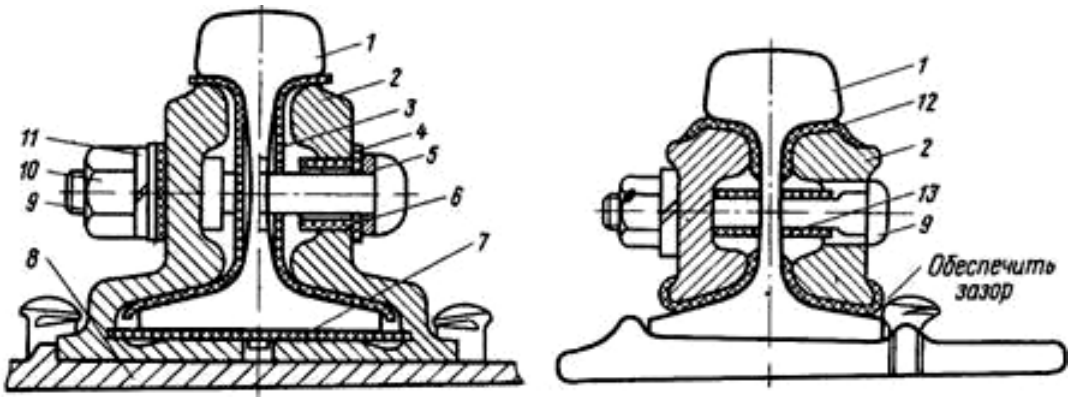


Рис. 3.14. Стыковое скрепление с объемными накладками и клееболтовое:

1 – рельс; 2 – накладка; 3 – прокладка боковая; 4 – планка неметаллическая;
5 – планка стопорная; 6 – втулка; 7 – прокладка нижняя изолирующая;
8 – подкладка; 9 – болт стыковой; 10 – гайка; 11 – шайба;
12 – изоляция клеевая; 13 – изоляция болтовая

Зазор между торцами рельс $l_з$, компенсирующий тепловые деформации, зависит от температуры:

$$l_з = \alpha_L \cdot l_p (t_{\max} - t),$$

где α_L – коэффициент линейного расширения для стали;

l_p – длина рельса;

$t_{\max}$ – максимальная температура в месте укладки рельсов;

t – температура при укладке рельсов.

Однако этот зазор не должен превышать 21 мм во избежание сильных ударов колес подвижного состава. Для возможности температурного перемещения рельс болтовые отверстия в них делаются овальными. На скрепления рельсов железных дорог с электротягой устанавливают токопроводящие перемычки. При торможении подвижного состава, особенно на затяжных спусках, возникают усилия, направленные вдоль рельсов и стремящиеся сдвинуть рельсы со шпал и шпалы по балласту (угон пути). Для его предотвращения применяют щебеночный балласт, раздельные промежуточные скрепления. При нераздельном и смешанном скреплении для этой цели применяют противоугоны, представляющие собой пружинные скобы, которые защемляют на рельсах и упирают в шпалы. На 25-метровое звено рельсового полотна устанавливают 18-44 пар противоугонов.

Рельсовый путь может быть бесстыковым, в России он изготавливается из сварных плетей длиной 800-950 м. Такой путь существенно уменьшает износ колесных пар подвижного состава и уменьшает сопротивление движению, что сокращает расход энергии. Кроме того, сокращение стыков дает экономию материалов, а также сокращает расходы на ремонт пути. Срок службы бесстыкового пути на 20 %, деревянных шпал на 12 %, а балласта на 25 % выше, чем на пути со стыками. Затраты на содержание бесстыкового пути на 15-20 % ниже.

В бесстыковом пути подвижными являются концевые участки протяженностью 55-60 м. Средняя часть сварной плети не перемещается, соответственно колебания температуры на 1 ºС изменяют напряжение в рельсах на 2,5 МПа. Между сварными плетями укладывают 3-4 пары уравнительных рельсов длиной 12,38-12,50 м для возможности сезонной регулировки длины.

Нижнее строение железнодорожного полотна – это комплекс грунтовых сооружений как результат обработки поверхности земли, предназначенных для укладки верхнего строения пути. Оно обеспечивает устойчивость пути и его защиту от воздействия атмосферных и грунтовых вод. Земляное полотно должно быть прочным, устойчивым и долговечным, требующим минимальных расходов на его устройство, содержание и ремонт. Кроме того, оно должно обеспечивать возможность механизации ремонтных работ. Для этого грунт насыпей тщательно уплотняют, придают

земляному полотну очертания, способствующих отводу воды, укрепляют откосы насыпей и выемок. В разрезе, перпендикулярном оси пути (поперечный профиль железнодорожного полотна), земляное полотно может представлять собой насыпь, выемку, полунасыпь, полувыемку или полунасыпь-полувыемку.

Поперечные профили железнодорожного полотна могут быть типовыми, которые подразделяются на нормальные и специальные, или индивидуальными. Нормальные профили применяют при сооружении железнодорожного полотна на надежном основании из обычных грунтов. Специальные профили используют при наличии вечной мерзлоты, подвижных песков, лесов, болот и т.д. Индивидуальные профили делают в сложных топографических, гидрологических, геологических и климатических условиях и при высоте откосов более 12 м.

Локомотив и вагоны переводят с одного пути на другой стрелочными переводами. Принципиально они состоят из стрелки и крестовины. Основная часть стрелки представляет собой два остряка. Их острые концы с помощью переводного механизма можно прижать к тому или другому рельсу и направить подвижной состав прямо или на боковой путь. Пройдя стрелку, подвижной состав вступает на место пересечения двух рельсов, называемое крестовиной. Чтобы колеса не сошли с пути на крестовине, против нее укладывают контррельсы.

3.5. Железнодорожные локомотивы

Подвижной состав железнодорожного транспорта состоит из средств тяги (локомотивов) и вагонов. По критерию типа силовой установки локомотивы (*loco moveo* – лат. сдвигаю с места) разделяют в несколько классификационных групп:

– тепловозы;
– электровозы;
– паровозы, в настоящее время практически не используются;
– мотовозы;
– газотурбовозы;
– моторные вагоны.

Основным параметром локомотива является его тяговая характеристика, зависимость силы тяги от скорости движения. При максимальном использования мощности локомотива график такой характеристики будет представлять собой гиперболу.

Локомотив, главным двигателем которого является двигатель внутреннего сгорания (дизель), называется тепловозом (рис. 3.15). Иногда для тепловозов с электрической трансмиссией применяется название дизель-электровоз.

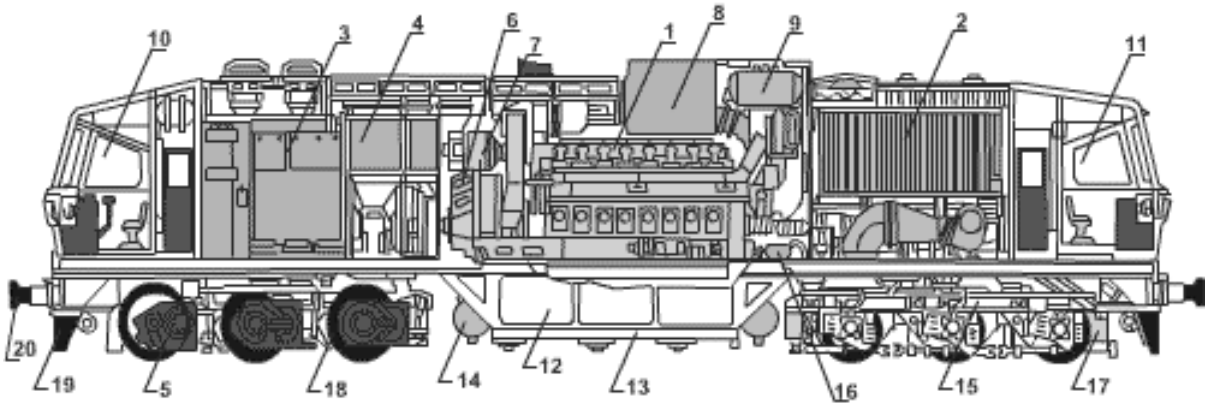


Рис. 3.15. Схема компоновки тепловоза:

1 – главный дизель; 2 – холодильная камера; 3 – высоковольтная камера; 4 – выпрямительная камера; 5 – тяговый электродвигатель; 6 – тяговый генератор; 7 – стартер-генератор; 8 – глушитель; 9 – водяной бак; 10 – кабина машиниста передняя; 11 – кабина машиниста задняя; 12 – аккумуляторная батарея; 13 – топливный бак, 14 – резервуар воздуха; 15 – тележка; 16 – топливный насос; 17 – бункер песочницы; 18 – колесная пара; 19 – метельник; 20 – буфера

Основными элементами конструкции тепловоза являются кузов, рама, ударно-тяговые приборы (автосцепное оборудование), ходовая часть и тормозное оборудование. К вспомогательным элементам относится система охлаждения, воздухоснабжения, тормозная система, песочная и система пожаротушения. Главный дизель-генератор тепловоза преобразует механическую энергию в электрическую, которая передается к тяговым электродвигателям, находящимся на каждой оси колесных пар. Эти электродвигатели преобразуют ее в механическую энергию движения локомотива.

Для соединения главного двигателя с колесами применяется и механическая передача, включающая фрикционную муфту и коробку передач с реверс-редуктором. Она обладает малым весом и высоким КПД. Однако при переключении передач неизбежно возникают рывки, поэтому ее применяют на локомотивах малой мощности таких, как мотовозы, дизель-поезда и дрезины. Электрическая передача, при которой вал дизеля вращает якорь тягового генератора, питающего тяговые электродвигатели, лишена такого недостатка. Вращательное движение якоря тяговых электродвигателей передаётся колёсной паре через осевой редуктор. Электропередача позволяет соединять несколько секций тепловоза и управлять ими из одной кабины.

Недостатком её является большая масса и относительная дороговизна оборудования. Однако электропередачу можно использовать для электромагнитного торможения, когда тяговые двигатели работают как генераторы. При этом торможение тепловоза происходит за счет сопротивления вращению вала якоря электродвигателя. Вырабатываемая электроэнергия

гасится тормозными резисторами. Электромагнитное торможение более эффективно в сравнении с пневматическими тормозами, уменьшается износ тормозных колодок, снижается опасность скольжения колёсных пар. В электрической передаче раньше использовался только постоянный ток, а с конца 1960-х гг. (тепловоз ВМЭ1А) начал использоваться переменный ток и асинхронные двигатели. Управление ими ведется частотой питающего напряжения.

При гидравлической передаче механическая энергия вала дизеля передаётся колёсной паре с помощью гидромуфт и гидротрансформаторов. Гидравлическое оборудование представляет собой комбинацию насосного колеса, связанного с валом двигателя и турбинного колеса, соединённого с осью колёсной пары. Насосное и турбинное колеса находятся на небольшом расстоянии друг от друга, а промежуток между ними заполнен жидкостью (маслом), передающей энергию вращения насосного колеса турбинному. Регулировка передаваемого крутящего момента осуществляется изменением количества рабочей жидкости (масла) на лопатках насосного и турбинного колеса. Гидравлическая передача легче, чем электрическая, она не требует расхода цветных металлов, но обладает меньшим КПД. Она применяется на маневровых тепловозах и на магистральных тепловозах малой мощности.

Механическая часть определяет плавность хода тепловоза и его воздействие на рельсы, которое зависит от конструкции тележек с колёсными парами, буксами и рессорным подвешиванием, несущих на себе главную раму и кузов тепловоза со всем остальным оборудованием локомотива. Тележки могут иметь две, три или четыре колёсные пары, которые могут быть движущими и вспомогательными. На современных магистральных тепловозах, как правило, все колёсные пары являются движущими. Масса локомотива называется сцепным весом, а обозначение схемы колёсных пар локомотива – его осевой характеристикой.

Тяговые электродвигатели устанавливаются и закрепляются на тележки колёсных пар опорно-рамным подвешиванием (двигатель закрепляется только на раме тележки) или опорно-осевым (часть веса двигателя приходится на ось колёсной пары).

Дизельные двигатели размещаются в машинном отделении, а электрооборудование – в высоковольтной камере. Главные дизели имеют жидкостную систему охлаждения, называемую холодильником, масло охлаждается аналогичным образом.

Для поста управления тепловозом и размещения машинистов имеются одна или две кабины. Цельнонесущий или рамный кузов опирается через буксы на оси колёсных пар.

Тепловозы выпускаются в составе одной, двух, реже трёх или четырёх секций. Мощность одной секции тепловоза может составлять около

4000 л.с. Для увеличения мощности тепловоза секции объединяют по системе многих единиц, когда все секции управляются машинистом с одного поста. Используется и беспроводной интерфейс связи между двумя тепловозами, ведущими один поезд, в случае, когда второй тепловоз стоит в середине состава для облегчения преодоления поездом сложных участков дороги, имеющей профиль, характеризующийся подъемами и спусками.

По критерию назначения тепловозы классифицируются в три группы:

1) поездные;

2) маневровые;

3) промышленные.

В свою очередь, поездные (магистральные) тепловозы классифицируются как грузовые, пассажирские и грузопассажирские. Для грузовых тепловозов важна, в первую очередь, значительная сила тяги, а для пассажирских упор делается на скорость. Маневровые и промышленные тепловозы используются для передвижения вагонов в пределах станции или на подъездных путях предприятия. В наименованиях отечественных серийных тепловозов буквы обозначают следующее:

Т – тепловоз;

Э – электрическая передача;

Г – гидравлическая передача;

П – пассажирский;

М – маневровый.

Стоящая впереди цифра обозначает количество секций, а цифры после букв указывают завод-изготовитель.

Локомотив, приводимый в движение электрическими двигателями, которые получают электрическую энергию через токоприемник от контактной сети, называют электровозом (рис. 3.16). В контактную сеть электроэнергия поступает от тяговой подстанции. По критерию вида тока их классифицируют: электровозы постоянного тока, электровозы переменного тока и электровозы постоянно-переменного тока. В редких случаях электровоз получает электроэнергию от аккумуляторов (так называемые контактно-аккумуляторные электровозы), установленных на нем же. Электровозы имеют сложное механическое, электрическое и пневматическое оборудование.

К механическому оборудованию относятся кузов и тележки. Тележка включает в себя раму, колесные пары с буксами, подвески тяговых двигателей, тяговые передачи, рессорное подвешивание, рычажно-тормозные передачи. Кузов электровоза специальными опорами, а иногда и рессорами опирается на тележки. Отечественные электровозы имеют две, четыре или шесть тележек. При двух тележках в каждой из них устанавливают три колесные пары (шестиосные электровозы), при четырех и шести тележках – две колесные пары (соответственно восьмиосные и двенадцатиосные элек-

тровозы). Рамы тележек связаны рессорами, буксами и подшипниками с колесными парами. Благодаря рессорам уменьшается воздействие электровозов на путь, меньше изнашивается оборудование электровоза, т.к. снижается сила ударов, воспринимаемых им при прохождении стыков и неровностей пути.

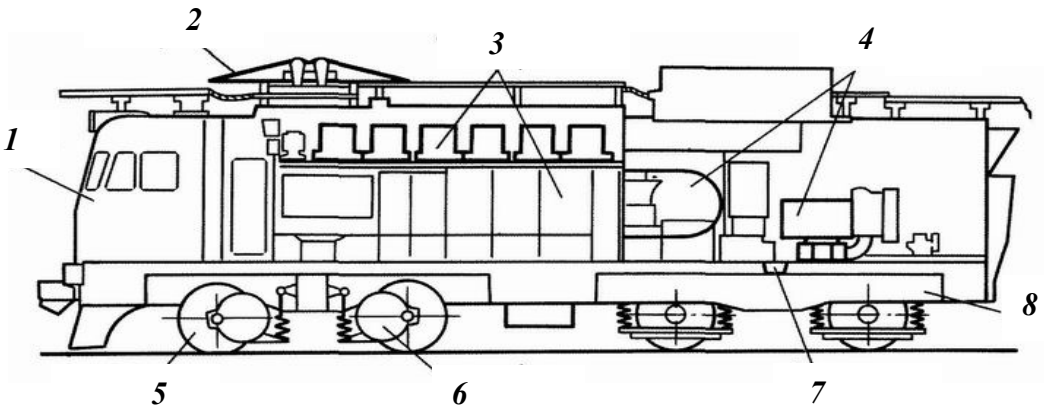


Рис. 3.16. Основные элементы электровоза:

1 – кабина машиниста; 2 – токоприемник, 3 – электроаппараты;
4 – вспомогательное оборудование; 5 – колесная пара;
6 – тяговый двигатель; 7 – опора кузова; 8 – рама тележки

Колесные пары электровозов приводятся во вращение тяговыми двигателями. Валы двигателей соединяются с осями колесных пар зубчатыми передачами (редукторами). Колесные пары, приводимые во вращение тяговыми двигателями, называют движущими. На всех электровозах, эксплуатируемых в России, применяется индивидуальный тяговый привод, при котором каждая колесная пара приводится во вращение своим двигателем.

Электрическая часть электровозов, кроме тяговых двигателей, содержит различные электрические аппараты, предназначенные для пуска тяговых двигателей, изменения скорости и направления движения локомотива, электрического торможения, защиты оборудования от перегрузок, перенапряжений и токов короткого замыкания. Управляют ими дистанционно из кабины машиниста. Источником тока низкого напряжения системы управления служат электрогенераторы управления или полупроводниковые преобразователи. От них же получают энергию приборы освещения и заряжается аккумуляторная батарея.

Для управления аппаратами также используется сжатый воздух. Его получают с помощью компрессоров. Кроме того, сжатым воздухом приводятся в действие пневматические тормоза локомотива и состава.

Тяговые двигатели, электрические машины и аппараты электровоза выделяют при работе значительное количество тепла, поэтому они охлаж-

даются потоками воздуха, создаваемыми вентиляторами. Трансформаторы переменного тока электровозов охлаждаются маслом, циркуляция которого обеспечивается центробежными насосами.

Вспомогательные механизмы (вентиляторы, компрессоры и насосы) приводятся в действие отдельными электродвигателями. Агрегаты, состоящие из вспомогательного механизма и электродвигателя, представляют собой вспомогательные машины, их принято называть соответственно мотор-вентилятором, мотор-компрессором, мотор-насосом.

Электрические машины обладают свойством обратимости, т.е. могут работать как двигатели и как генераторы. При движении электровозов на спуске, а в некоторых случаях и перед остановками тяговые двигатели переключают для работы в качестве генераторов. При этом кинетическая энергия и потенциальная, запасенная в поезде, преобразуются в электрическую и передаются в контактную сеть. Этот процесс, называющийся рекуперацией электрической энергии, используется для электромагнитного торможения поезда. На отдельных электровозах электрическая энергия, вырабатываемая в генераторном режиме, резисторами превращается в тепловую. Такой способ торможения называют реостатным. Для рекуперации на электровозах постоянного тока устанавливают мотор-генераторы для возбуждения тяговых двигателей, без которых они не могут устойчиво работать как генераторы.

Электрическое оборудование электровозов, работающее под высоким напряжением, объединено в две электрические высоковольтные схемы: силовую, включающую в себя тяговые двигатели, пусковую и регулирующую аппаратуру, и схему вспомогательных машин со своей аппаратурой. Низковольтные электрические аппараты, с помощью которых управляют аппаратами силовой и вспомогательных цепей, объединены в схему управления. Основным аппаратом цепи управления является контроллер машиниста, размещенный в кабине машиниста.

Пневматическое оборудование электровоза состоит из компрессоров, резервуаров для хранения сжатого воздуха, трубопроводов, пневматических приводов электрических аппаратов. Локомотивы, в т.ч. электровозы, обязательно имеют автоматические тормоза, приводимые в действие сжатым воздухом, а также ручные тормоза.

На железнодорожном транспорте также используются дизель-поезда, представляющие собой разновидность мотор-вагонного подвижного состава. Электротепловозы – тип локомотива, который может работать как в режиме тепловоза, так и в режиме электровоза. Газотурбовозы – локомотивы с газотурбинным двигателем. Локомобили – автомобили, способные становиться на рельсы и вести маневровые работы с железнодорожными вагонами, а также выполнять вспомогательные работы, например очистку путей от снега или погрузочно-разгрузочные работы при помощи крана.

3.6. Железнодорожные вагоны

Вагоны используются для размещения, перевозки грузов и пассажиров. Самым длинным был пассажирский поезд в Бельгии в 1991 г., он состоял из 70 вагонов, его длина была 1750 м. Масса самого тяжелого грузового поезда, прошедшего в Южно-Африканской республике и состоящего из 600 вагонов массой по 105 т, была 72000 т, в длину такой поезд вытянулся на 7300 м.

В зависимости от вида груза, его грузовых характеристик используются крытые вагоны, полувагоны, платформы, цистерны, вагоны-самосвалы и вагоны бункерного типа.

Крытый грузовой вагон предназначен для перевозки штучных и насыпных грузов, требующих защиты от атмосферных осадков. Кузов такого вагона состоит из рамы с полом, боковых, торцевых стен и крыши. Универсальные крытые вагоны имеют в боковых стенах двери для погрузки и выгрузки, люки для освещения и вентиляции кузова и загрузки сыпучих грузов.

Длина универсального крытого вагона 14730 мм, длина внутри кузова 13844 мм, ширина максимальная 3249 мм, ширина внутри кузова 2764 мм, размер дверного проема 3794×2343 мм, грузоподъемность 66 т, полный объем кузова 120 м^3, масса вагона 23 т.

Полувагон универсальный предназначен для перевозки навалочных и штучных грузов, не требующих защиты от атмосферных осадков. Полувагоны не имеют крыши, что позволяет полностью механизировать погрузку. Для механизации разгрузки сыпучих грузов большинство полувагонов имеют люки в полу или в нижней части торцевых стен.

Длина полувагона 20240 мм, длина внутри кузова 18758 мм, ширина максимальная 3130 мм, ширина внутри кузова 2790 мм, высота кузова 2450 мм, ширина дверного проема 2454 мм, грузоподъемность 66 т, масса полувагона 23 т.

Хоппер (*hopper* – англ. бункер) – разновидность полувагона. Используется для перевозки навалочных грузов. Для перевозки цемента, зерна и других навалочных грузов, требующих защиты от атмосферных осадков, применяются крытые хопперы с загрузочными люками на крыше.

Платформа – вагон, предназначенный для перевозки длинномерных грузов, контейнеров, машин, оборудования, а также сыпучих грузов, не требующих защиты от атмосферных осадков.

Платформы для перевозки контейнеров не имеют бортов и настила пола и оборудованы специальными упорами для крепления контейнеров. Крайние упоры неподвижны, а средние могут убираться, что позволяет размещать на платформе 20' и 40' контейнеры. Платформы для перевозки

контейнеров и колесной техники дополнительно имеют настил пола и торцевые борта.

Платформы для перевозки леса имеют дополнительные специальные стойки и торцевые стены, предотвращающие смещение груза. Кузов платформы для перевозки легковых автомобилей состоит из верхней и нижней рам, четырех наклонных крайних и двух вертикальных средних стоек. Имеется металлический настил пола и направляющие устройства. На торцах предусмотрены откидные площадки для переезда автомобилей. Крепление автомобилей осуществляется специальными упорами.

Вагон-цистерна предназначен для перевозки жидких грузов, а также сжиженных газов и порошкообразных материалов. Эксплуатируется 12 моделей цистерн для перевозки нефтепродуктов, имеются специализированные вагоны-цистерны для перевозки цемента, молока, вина, воды, спирта, соков, кислот, соды, патоки и химических материалов.

Длина максимальная вагона-цистерны (модель 15-150) для перевозки нефтепродуктов 12020 мм, ширина максимальная 3160 мм, диаметр котла 3000 мм, длина котла 11194 мм, условное рабочее давление 1,5 кгс/см^2, полный объем котла 74 м^3.

Вагоны бункерного типа – представляют собой крытые вагоны или крытые хопперы, имеющие на одной раме несколько смонтированных емкостей, предназначенных для перевозки специфических грузов. Например, мука, нефтебитум, гранулированные материалы.

Думпкар (*dump* – англ. опрокидывать, *car* – англ. вагон) – это вагон-самосвал. Он применятся для перевозки и механизированной разгрузки навалочных сыпучих и крупнокусковых грузов.

Колеса вагонов или локомотивов, как правило, наглухо насажены на оси, образуя колесные пары, и вращаются вместе с осями (рис. 3.17).

Такая конструкция отличается высокой надёжностью. Пробег колесных пар локомотивов с колёсами бандажного типа может достигать при сменных бандажах нескольких миллионов километров при нагрузке 20-25 тс.

Вписывание в кривые больших радиусов (500 м и более) осуществляется за счёт разности диаметров колёс по кругам катания, возникающей при смещении колёсной пары поперёк пути. Эта разность обусловлена конической поверхностью качения колес (профиль колеса), а не цилиндрической, поэтому при смещении колесной пары поперёк пути уменьшается радиус катания колеса с одной стороны, а с другой – увеличивается. Колеса подвижного состава устойчиво вписываются в пологие кривые железнодорожного пути, и не происходит интенсивного износа колес вагонов, локомотивов и рельсов.

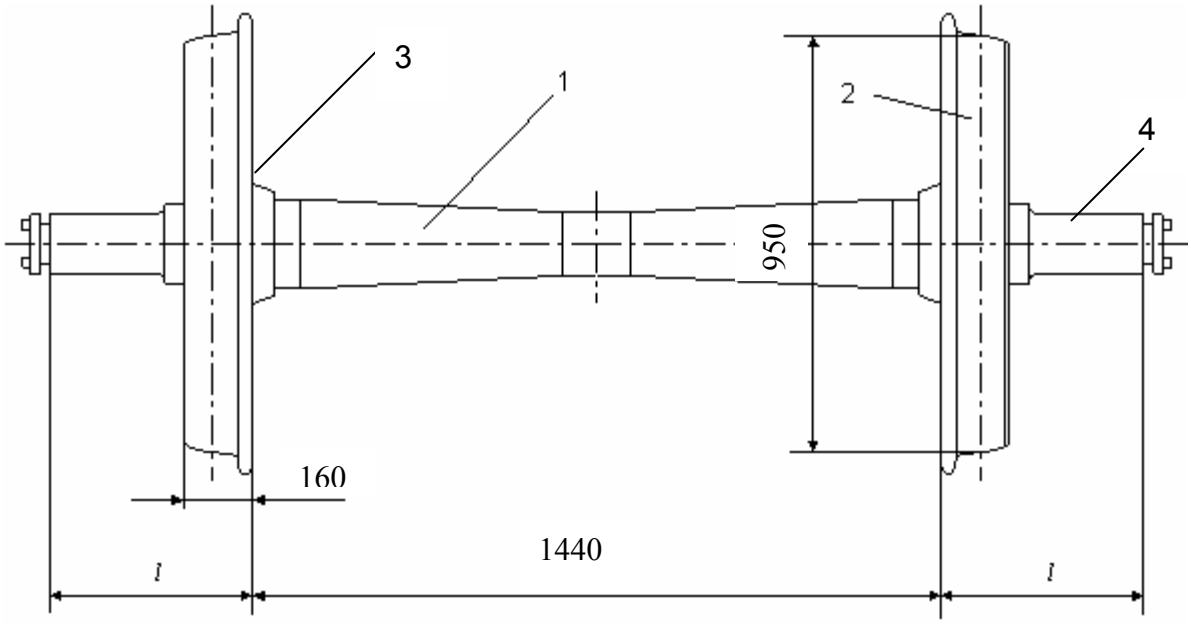


Рис. 3.17. Вагонная колесная пара:

1 – ось; 2 – колесо; 3 – гребень колеса; 4 – шейки оси

В крутых кривых колесная пара направляется силами, возникающими от контакта внутренней боковой поверхности рельса и гребнем наружного колеса. Эти силы, называемые силами крипа (*creep* – англ. ползти), возникают вследствие упруго-пластических свойств материала колеса и рельса. В результате упругих деформаций в точках контакта происходит нарастание силы крипа с увеличением относительного проскальзывания колеса по рельсу.

Для поддержания профиля железнодорожных колёс, обеспечивающих безопасное движение, колеса периодически обтачивают, а при необходимости меняют бандажи. Основным параметром колёсной пары служит расстояние между внутренними поверхностями гребней колес. Для колеи 1520 мм это расстояние равно 1440 мм с допуском ± 3 мм.

Вес локомотива или вагона создает нагрузку на колесо и соответственно на рельс, поэтому между колесом и рельсом возникает сила трения (сцепление), колесо катится по рельсу и не скользит. От этой силы трения и мощности локомотива зависит сила его тяга.

3.7. Особенности эксплуатации железнодорожного транспорта

Эксплуатацию железнодорожного транспорта организует администрация и службы управления движением, которые обеспечивают движение грузов и пассажиров от места отправления к месту назначения. В состав администрации входит административный аппарат, выполняющий финансово-производственные, технические функции и управление. Служба дви-

жения состоит из диспетчеров, контролеров движения, стрелочников, локомотивных бригад и работников железнодорожных депо.

Диспетчеры обеспечивают присутствие локомотивных бригад в соответствующей точке в требуемое время. Железные дороги работают 24 ч в сутки, 7 дней в неделю в течение всего года. Служба управления движением координирует движение составов. Она отвечает за назначение путей для поездов в нужной последовательности и в необходимое время. Выполнение этой функции осложняется при прохождении составами одноколеек, т.к. необходимо разводить составы, идущие в обоих направлениях. Только один состав может занимать определенную часть железной дороги в определенный момент времени, поэтому служба движения должна определять загрузку основных путей и веток, чтобы гарантировать безопасность движения и свести к минимуму задержки составов.

Служба управления движением оперирует радиосвязью по каналам, принимаемым всеми устройствами управления движением. Стрелочники обеспечивают круглосуточную работу своих устройств в любую погоду, независимо от времени суток. Визуальные сигналы, которыми оборудованы железнодорожные пути, использующиеся в настоящее время как дополнительная информация, обеспечивают машинистов данными об обстановке на лежащем впереди участке дороги. Работники железнодорожных депо обеспечивают готовность подвижного состава к принятию грузов и пассажиров и, соответственно, качество перевозок. Поездные бригады ведут состав от точки, где они приняли его, до места передачи другим бригадам, которые обслуживают его на дальнейшем маршруте. Бригада, передавшая состав, должна вернуться в пункт, где она его принимала. В обязанности поездной бригады может входить отцепление нескольких вагонов или, наоборот, включение в состав дополнительных вагонов на маршруте. При отказе одного из пальцев, которые соединяют вагоны между собой, или разрыве тормозного шланга поездные бригады обследуют аварийные участки, выполняя замену дефектной детали.

Безопасность движения имеет решающее значение для устойчивой работы железнодорожного транспорта, поэтому риски и последствия аварий на железнодорожном транспорте должны быть ведены к минимуму. Аварии происходят по ряду причин:

– столкновение на переездах;

– препятствие на рельсах;

– отказ оборудования;

– ошибки машиниста.

Вероятность аварий сводится к минимуму систематическим контролем железнодорожного полотна и поддержанием его в рабочем состоянии, контролем состояния железнодорожных сооружений и оборудования. Кроме того, для минимизации вероятности аварии должны выполняться

требования к организации перевозки пассажиров и грузов. Ликвидация последствий железнодорожной аварии, восстановительные работы и одновременно продолжение работ по отправке грузов требуют предварительного планирования с привлечением соответствующих специалистов.

Правила тяговых расчётов, действующие на железнодорожном транспорте России, устанавливают порядок и методы их выполнения. Масса грузового состава рассчитывается при заданном типе локомотива по профилю железнодорожного пути, скорости движения и времени хода по участкам и отдельным перегонам. Масса грузового состава Q определяется в первом приближении, исходя из руководящего подъема на пути:

$$Q = \frac{F_k - P(\omega'_o + i_p)}{\omega''_o + i_p},$$

где F_k – тяга локомотива, Н;

P – масса локомотива, т;

i_p – руководящий (затяжной с наибольшим уклоном) подъём, ‰;

ω'_o – основное удельное сопротивление движению локомотива в режиме тяги, Н/кН; $\omega'_o = A + Bv + Cv^2$, где A, B, C – коэффициенты, зависящие от типа пути, вида подвижного состава, а для локомотивов – и от режима движения; v – скорость движения, км/ч;

ω''_o – основное удельное сопротивление движению гружёных вагонов, Н/кН;

$\omega''_o = \omega''_{04}a_4 + \omega''_{08}$, где a_4, a_8 – весовые доли 4-осных и 8-осных вагонов в грузовом составе, а ω''_{04} и ω''_{08} – удельное сопротивление движению 4-осного и 8-осного вагона.

Рассчитанную в первом приближении массу формируемого поезда проверяют по условиям трогания с места. Масса состава при трогании Q_{TP}, т:

$$Q_{TP} = \frac{F_{kTP}}{(\omega_{TP} + i_{TP})g} - P,$$

где F_{kTP} – тяга локомотива при трогании с места, Н;

P – масса локомотива, т;

i_{TP} – крутизна пути в сторону движения на одной из станций, наиболее трудного при трогании, ‰;

ω_{TP} – удельное сопротивление поезда при трогании с места, Н/кН; $\omega_{TP} = \omega_{TP4}\alpha_4 + \omega_{TP8}\alpha_8$, где ω_{TP4}, ω_{TP8} – удельное сопротивление движению при трогании поезда с места для 4-осных и 8-осных вагонов, Н/кН; α_4, α_8 – количество 4-осных и 8-осных вагонов соответственно в грузовом составе.

Затем определяют длину поезда и проверяют ее по длине станционных путей. Кроме того, масса поезда проверяется на возможность остановки на самом крутом спуске. При выявлении невыполнения одного из условий масса состава, вычисленная в первом приближении, должна быть изменена.

4. АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

4.1. Краткая историческая справка

Первый автомобиль с двигателем внутреннего сгорания был построен в 1886 г. в Германии. Первый в мире грузовой автомобиль с двигателем внутреннего сгорания был выпущен в 1896 г. предприятием Г. Даймлера, а в 1923 г. предприятием К. Бенца был выпущен первый грузовик с дизельным двигателем. Крупносерийное производство автомобилей началось в 1908 г. в США Г. Фордом (1863-1947 гг.), завод которого начал выпускать легковой автомобиль Форд-Т, рассчитанный на массового покупателя. Автомобиль развивал скорость 70 км/ч. В первый год было выпущено 10660 машин, а всего – несколько миллионов. Чтобы обеспечить возрастающий спрос на эти недорогие машины, в 1913 г. на заводе Форда заработал конвейер, с которого каждые 10 с сходил автомобиль.

В России крупным производителем автомашин был завод «Руссо-Балт». Его производственные мощности размещались в Риге, Санкт-Петербурге и Твери, а с 1916 г. – в Москве и Таганроге.

Первый автомобиль был сделан в 1909 г. «Руссо-Балт» выпускал легковые машины К-12, С-24 и Е-15, а также грузовики Д-24, М-24 и Т-40. Машины отличались высокой надежностью, одна из машин С-24, выпущенная в 1910 г., за 4 года прошла 80 тыс. км без ремонта. Более 64 % всех автомобилей завода приобрела русская армия, они использовались как штабные и санитарные машины, а также как шасси для броневиков. Все узлы и детали «Руссо-Балт» изготовлял сам, кроме шин, манометров и шариковых подшипников.

В начале 1930-х гг. в России (Советском Союзе) была создана мощная автомобильная промышленность. Завод в Нижнем Новгороде (ГАЗ) выпускал ежегодно 100 тыс. грузовых и легковых автомобилей. В апреле 1935 г. ГАЗ уже выпустил 100-тысячный автомобиль модели «А». Был реконструирован автомобильный завод в Москве (АМО), получивший вскоре название ЗИС. Около 40 предприятий поставляли материалы, комплектующие детали и узлы. В 1940 г. в Москве на заводе «им. Коммунистического интернационала молодежи» началось производство малолитражных легковых автомобилей «КИМ-10».

После завершения Великой Отечественной войны начался выпуск новых легковых автомобилей ЗИС-110, Победа и Москвич-400. ЗИС-110 имел независимую подвеску передних колес, гипоидную передачу ведущего моста, гидравлические толкатели клапанов двигателя, гидравлические стеклоподъемники и т.д. Автомобиль Победа отличала новая, «бескрылая» форма кузова, обеспечивающая малое аэродинамическое сопротивление, и несущий цельнометаллический кузов.

В 1960-х гг. была проведена реконструкция автозавода им. Ленинского комсомола (АЗЛК), рассчитанная на повышение выпуска до 200 тыс. машин в год. А в 1970 г. с конвейера Волжского автозавода сошел первый автомобиль марки ВАЗ-2101. Легковые автомобили также стал выпускать Ижевский машиностроительный завод. В 1976 г. начал работать Камский автомобильный завод по производству тяжелых грузовиков.

Развивалась и дорожная сеть. К началу 1990-х гг. протяженность дорог с твердым покрытием превысила 1100 тыс. км. Общий годовой объем перевозок груза составил 26 млн т при средней дальности перевозки 21 км.

4.2. Состав автомобильного транспорта

Автомобильный транспорт используется для грузовых и пассажирских перевозок, как правило, на расстояния менее 700 км. Учитывая его маневренность, этот вид транспорта удобен при погрузочно-разгрузочных процессах. Однако, обладая рядом положительных качеств, автомобильный транспорт довольно дорог, т.к. сравнительно высокая себестоимость его перевозок определяется малой грузоподъемностью транспортного средства.

Автомобильный транспорт находит довольно широкое применение. Автомобилями доставляют груз в пределах одного региона страны, между регионами и сопредельными странами, от грузоотправителя до железнодорожных станций и т.п. В северных и восточных районах России, где нет других альтернатив перевозок грузов и пассажиров, он является единственным доступным сухопутным транспортом для перевозок на дальние расстояния.

Основными компонентами автомобильного транспорта являются:

– грузовые, легковые автомобили и их прицепы;

– автомобильные дороги;

– автомобильные эстакады и развязки;

– автомобильные мосты.

Грузовые, легковые автомобили и их прицепы, являющиеся подвижными техническими средствами автомобильного транспорта, характеризуются рядом технических параметров. Основные параметры, а также габариты автотранспортных средств, в т.ч. автопоездов, используются в на-

циональных и международных правилах и ограничениях, которые регламентируют организацию и выполнение автомобильных перевозок.

Колесная формула указывает на общее число колес, число ведущих колес и тип ошиновки. Например, 6×2.1, что значит всего колес 6, из них 2 колеса ведущих, односкатные; или 6×2.2, что значит всего колес 6, из них 2 колеса ведущих, двухскатные.

Снаряженная масса определяется как масса полностью укомплектованного и загруженного автомобиля (полуприцепа, прицепа), но без груза, водителя, обсуживающего персонала и их багажа.

Полная масса представляет собой сумму снаряженной массы, массы груза (по грузоподъемности), водителя, другого обслуживающего персонала и их багажа.

Осевая нагрузка, т.е. нагрузка на ось, тележку, – нагрузка на дорожное полотно, передаваемая через нагруженную ось (тележку).

Нагрузка на седельно-сцепное устройство тягача – часть полной массы груженого полуприцепа, приходящаяся на шасси тягача.

Грузовые автомобили по критерию назначения классифицируются в несколько групп:

– развозные;
– общего назначения;
– специализированные;
– специальные;
– тягачи.

Развозные грузовые автомобили представляют собой компактные, лёгкие грузовые автомобили. Они, как правило, имеют пониженную погрузочную высоту. Их полная масса не менее 3,5 т, а грузоподъёмность – 1,5-1,8 т. Часто грузовики такого типа имеют цельнометаллический фургонный кузов или полукапотную компоновку со сдвижными боковыми дверями грузового отсека и распашными задними. Базу таких фургонов используют для производства микроавтобусов. В США развозные грузовые автомашины называют мультиспоп.

Еще одним подвидом развозных грузовый автомашин являются пикапы (*pick-up* – англ. подбирать), у которого вместо задней части кузова имеется открытая однобортовая грузовая платформа. Часто такие автомашины оснащаются подъемниками. В России развозные грузовики, фургоны и пикапы производят предприятия ГАЗ (семейства Соболь и Газель), УАЗ, «ИжАвто» и «ВАЗинтерСервис».

Под грузовым автомобилем общего назначения понимают грузовик с кузовом-платформой и с ограничением по осевой нагрузке. Они могут иметь различную компоновку (кабина над двигателем, капотная или полу-

капотная), отличаться количеством осей (от двух до пяти и более) и типом двигателя (бензиновый, дизельный, газовый, многотопливный, гибридный). Однако всегда имеют в основе шасси раму лестничного или хребтового типа, предназначенную для установки разнообразных кузовов. Грузоподъёмность дорожных многоосных грузовиков достигает 20-25 т.

Специализированные грузовые автомашины предназначены для транспортировки определённых видов грузов. Для штучных и пакетированных грузов используются фургоны, для контейнеров – контейнеровозы, для жидких и сыпучих грузов – цистерны, для навалочных грузов специализированные автомашины имеют самосвальные кузова.

Наиболее распространённым типом специализированных грузовых автомобилей являются самосвалы. Они оснащаются металлическим кузовом для перевозки навалочных грузов. Разгружаются такие автомашины методом опрокидывания, для этого на них предусмотрена гидравлическая система. По критерию осевой нагрузки и наружным габаритам самосвалы классифицируются как дорожные (сельскохозяйственные, строительные и универсальные) и внедорожные (карьерные).

Сельскохозяйственные самосвалы оснащаются кузовом с трёхсторонней разгрузкой, бортами с дополнительными надставками для перевозки грузов с низкой удельной массой. Строительные самосвалы оснащают кузовами с одно- или двухсторонней разгрузкой, а универсальные, – часто краном-манипулятором для самопогрузки. Грузоподъёмность двухосных дорожных самосвалов составляет 1,5-12 т, а многоосных – достигает 40-45 т.

Внедорожные карьерные самосвалы – это самые большие из существующих типов автомобилей. Они предназначены для вывоза породы и строительных материалов из мест открытой разработки полезных ископаемых. Их грузоподъёмность может достигать 400 т, а мощность двигателя – 3000 л.с., но более распространены карьерные самосвалы грузоподъёмностью 20-50 т и 100-200 т. По дорогам общего пользования карьерным гигантам запрещено передвигаться из-за массогабаритных ограничений, а к месту работы их доставляют в разобранном виде.

У специальных грузовых автомашин их автомобильное шасси используется в качестве транспортёра определенной технологической установки. К автомашинам этой классификационной группы относятся автобетоносмесители, пожарные автомобили, автовышки, автокраны, передвижные телевизионные станции и т.п.

Тягачи предназначены для перевозок грузов с одним или более прицепом и (или) полуприцепом в составе автопоездов. Для работы с полуприцепами предназначены седельные тягачи, имеющие вместо кузова седельное устройство (седло), позволяющее быстро сменять прицепной состав. В Европе полная масса автопоездов ограничена 44 т, в Швеции и

Финляндии она увеличена до 60 т. В Австралии на внутриконтинентальных дорогах используются и более тяжёлые автопоезда массой до 105 т, число прицепов у которых доходит до четырёх-пяти.

Тягачи имеют классическую капотную компоновку или компоновку «кабина над двигателем» для уменьшения длины автопоезда, что существенно для европейских дорог. Тягачи оснащают дизельными и турбодизельными двигателями мощностью 800-1200 л.с., а масса тяжеловозного автопоезда может составлять 2000 т. Для буксировки прицепов-тяжеловозов и перевозки сверхтяжёлых грузов используют балластные тягачи, которые имеют укороченный кузов, заполненный балластом для увеличения сцепного веса.

Директива Европейской Экономической Комиссии ООН о стандарте размеров и масс автотранспортных средств устанавливает следующие ограничения:

– высота автотранспортных средств до 4 м;

– ширина автомобиля (прицепа, полуприцепа) до 2,55 м;

– ширина рефрижератора до 2,6 м;

– длина автомобиля с прицепом 18,75 м;

– длина седельного тягача с полуприцепом до 16,5 м.

– расстояние от переднего борта кузова автомобиля до заднего борта прицепа до 16,4 м;

– полная масса автопоезда с пятью осями до 40 т;

– полная масса автопоезда с шестью осями до 44 т с ограничением нагрузки на ось до 9,5 т.

Национальные массогабаритные ограничения по массе и габаритам автотранспортных средств в ряде стран Европы приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Массогабаритные ограничения автотранспортных средств

Страна	Нагрузка на ось, т		Масса авто, т		Масса а/поезда, т		Длина а/поезда, м	
	ведущая	поддерживающая	3-осный	4-осный	4-осный	5-осный	седл.	приц.
Австрия	11,5	10,0	25/26	32,0	38,0	38,0	16,0	18,0
Бельгия	12,0	10,0	26,0	32,0	39,0	44,0	15,5	18,0
Германия	11,5	10,0	25/26	32,0	36/38	44,0	16,5	18,7
Дания	11,5	10,0	26,0	29/32	38,0	44,0	–	–
Италия	12,0	12,0	25/26	32,0	40,0	44,0	16,5	18,0
Норвегия	10,0	10,0	22	–	–	–	–	–
Россия	10,0	10,0	25,0	30,0	36,0	38,0	20,0	20,0
Франция	13,0	13,0	26,0	32,0	38,0	44,0	16,5	18,0
Швеция	10,0	10,0	–	–	–	–	24,0	24,0

Особенностью международных перевозок, которую следует учитывать при их организации, является то, что при отсутствии двусторонних соглашений в стране пребывания действует меньшая из величин ограничений директивной европейской экономической комиссии и национальной страны регистрации автотранспортного средства, т.е. независимо от национального ограничения страны пребывания.

Другой особенностью является ограничение суточного пробега и времени движения грузовых автотранспортных средств в зависимости от числа водителей. В России и странах СНГ суточный пробег при одном водителе не должен превышать 430 км зимой и 490 км летом, а при двух водителях – 790 км. Время движения автотранспортного средства в России и странах СНГ при одном водителе не должно быть более 10 ч, а в исключительных случаях допустимо до 12 ч.

Во всех странах ЕС суточный пробег вне зависимости от времени года ограничен 460 км при одном водителе и 680 км при двух.

Автомобильная дорога представляет собой комплекс сооружений, предназначенных для движения автомобилей, состоящий из дорожного полотна, эстакад, мостов, тоннелей, ограждений, а также указательных, предупредительных и запрещающих знаков, разметки дорожного полотна. Автомобильные сооружения на автомобильной дороге предполагают расчеты скоростного режима, весовые и габаритные ограничения, обеспечивающие безопасность движения.

Автомобильные дороги образуют автодорожную сеть России. Большие и малые города, крупные промышленные центры, населенные пункты соединены автодорогами и автомагистралями, что значительно ускоряет перевозку груза. Основные межрегиональные автодороги идут параллельно железнодорожным путям, что создает удобства грузоотправителям, т.к. это дает им возможность выбора лучшего способа перевозок. Использование автотранспорта оптимально для внутризаводских перевозок и доставки продукции потребителю. Автомобильным транспортом перевозится огромное количество пассажиров в городах и мегаполисах.

4.3. Конструктивные элементы автомобиля

Автомобиль состоит из трех основных конструктивных элементов: двигателя, шасси и кузова (рис. 4.1).

В качестве двигателя на автомобилях устанавливаются двигатели внутреннего сгорания, в которых энергия сгорания топлива превращается в механическую работу. Используются карбюраторные двигатели внутреннего сгорания, в которых топливная смесь поджигается электрической свечой, и дизельные двигатели, в которых воспламенение топливной смеси происходит вследствие повышения температуры в цилиндрах двигателя

при сжатии. Сравнительно недавно на автомобилях стали применять гибридные силовые установки, в которых в дополнение к двигателю внутреннего сгорания установлен электрический двигатель и аккумуляторная батарея, связанные с традиционным электрогенератором. На представленном (см. рис. 4.1) грузовом автомобиле установлен 8-цилиндровый V-образный дизель с турбонаддувом. Рабочий объем двигателя КамАЗ 65117 составляет 10850 см^3, степень сжатия 17, его мощность 191 (260) кВт (л.с.) при частоте вращения коленчатого вала 2200 об/мин и максимальном крутящем моменте 1079 (110) Н·м (кгс·м) на валу двигателя.

Рис. 4.1. Бортовой автомобиль КамАЗ 65117
(колёсная формула 6×4 , наибольшая грузоподъемность 14000 кг,
масса снаряженного автомобиля 8825 кг, максимальная скорость 100 км/ч):

1 – кабина; 2 – грузовая платформа, закрытая тентом; 3 – двигатель; 4 – шасси

Шасси автомобиля составляет его основу. Оно формируется из трансмиссии, ходовой части и механизмов управления. Трансмиссия автомобиля представляет собой механизмы и узлы, обеспечивающие передачу крутящего момента от приводного вала двигателя к ведущим (передним, задним или тем и другим) колесам автомобиля. В состав трансмиссии автомобиля входят:

– сцепление;
– коробка перемены передач;
– карданная передача;
– главная передача;
– дифференциал;
– приводные валы колес (полуоси).

Сцепление предназначено для плавного соединения двигателя с другими механизмами и узлами трансмиссии и временного их разобщения.

Конструктивно оно расположено между двигателем и коробкой перемены передач. Автомобиль КамАЗ 65117 снабжен фрикционным сухим 2-дисковым сцеплением с гидравлическим пневмоусилителем.

Коробка передач, являясь многоступенчатым редуктором и мультипликатором, позволяет изменять крутящий момент, передающийся от двигателя к ведущим колесам автомобиля, она позволяет соединять двигатель и ведущие колеса. Кроме того, коробка перемены передач дает возможность автомобилю изменять направление движения, т.е. вперед или назад. Управление коробкой передач ведется из кабины автомобиля его водителем. Применяется два типа коробок перемены передач: механическая и автоматическая. На представленном автомобиле КамАЗ 65117 установлена механическая 8-ступенчатая коробка перемены передач.

Карданная передача передает крутящий момент от коробки передач к главной передаче под углом, который постоянно изменяется вследствие деформации рессор. Главная передача увеличивает крутящий момент, который к ней подводится от двигателя через карданный вал, и передает крутящий момент под прямым углом на приводные валы (полуоси). Дифференциал главной передачи обеспечивает ведущим колесам автомобиля вращение с неодинаковым числом оборотов, что необходимо при движении на поворотах, а также по неровной дороге. Полуоси колес предназначены для передачи крутящего момента от дифференциала к ведущим колесам.

Ходовая часть автомобиля, в свою очередь, состоит из рамы, переднего и заднего мостов, соединенных с рамой при помощи рессор. К передним и задним мостам крепятся колеса, которые могут быть управляемыми и (или) ведущими. Каждое колесо автомобиля состоит из диска, креплений и шины бескамерной или камерной. Поверхность качения шин имеет рисунок (протектор), обеспечивающий сцепление с дорогой. Причем, для каждого состояния дороги предназначен свой оптимальный протектор шины.

Механизмы управления служат для изменения направления движения, скорости, торможения автомобиля и удержания его в неподвижном состоянии. К ним относятся рулевое управление, управление мощностью двигателя и тормоза. Органом управления служит рулевое колесо в кабине автомобиля, вращением которого через усилитель и систему механизмов поворачиваются управляемые колеса. Рычаги управления основным и ручным тормозом также находятся в кабине автомобиля. От них воздействие через тормозную систему и механизмы одновременно передается на диски всех колес.

Кузов грузового автомобиля состоит из кабины водителя и грузовой платформы. Кузов легкового автомобиля цельнометаллический, приспособлен для размещения в нем пассажиров. К кузову относятся также такие детали оперения, как крылья, капот, облицовка, брызговики, сполеры. Представленный грузовой автомобиль КамАЗ 65117 имеет бортовую ме-

таллическую платформу 6100×2420 мм с откидными бортами, съёмный каркас и тент.

Легковые автомобили могут иметь различные варианты кузовов (рис. 4.2). Одни достались машинам по наследству от конных экипажей, другие появились позже. *Седан* имеет трехобъемный (моторный отсек, пассажирский салон и багажник) кузов с парой рядов полноразмерных сидений и четырьмя или двумя (последний иногда называют «тудор») дверями. Свое название кузов получил от названия города Седан, где в XIX в. изготавливали кареты. Седан является наиболее распространенным типом кузова.

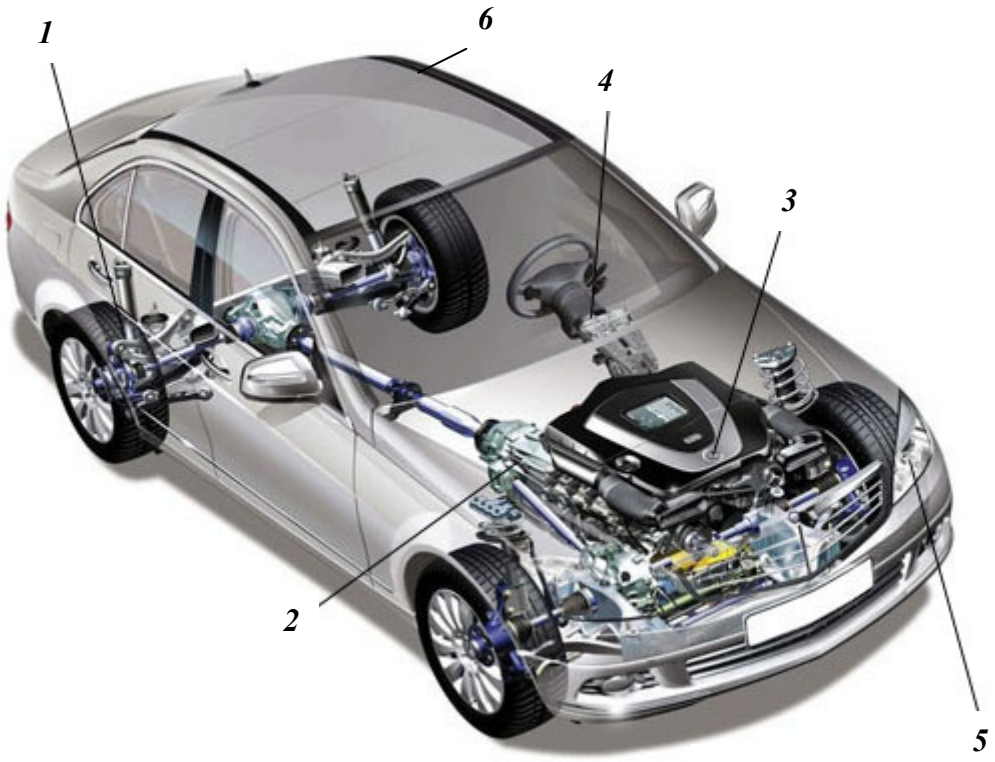


Рис. 4.2. Легковой автомобиль:

1 – ходовая часть; 2 – трансмиссия; 3 – двигатель;
4 – системы управления; 5 – приборы освещения; 6 – кузов

У *хэтчбека* (*hatchback* – англ. дверь сзади) двухобъемный кузов с полноразмерными сиденьями и двумя или четырьмя боковыми дверями. Багажник объединен с салоном, доступ в него через заднюю дверь. Для удобства перевозки поклажи второй ряд кресел может складываться. Тип кузова распространен в Европе, ценится за универсальность.

Лифтбек (*liftback* – англ. поднимающаяся корма) – это тот же хэтчбек, но задняя дверь изогнута в виде ступеньки, внешне кузов похож на седан.

Универсал имеет удлиненную крышу и вертикальную или почти вертикальную заднюю дверь, открывающую доступ в грузопассажирское отделение. Сиденья второго ряда складываются. Свое название тип кузова позаимствовал у грузопассажирских автомобилей начала XX в., которые развозили пассажиров и их багаж от железнодорожных станций.

В автомобиле типа *купе* задний ряд сидений, если он имеется, очень тесен и пригоден только для кратковременных поездок. Кузов обычно имеет две двери, в отличие от седанов объем салона в районе второго ряда сидений не более 0,93 $м^3$. Автомобили этого типа переняли название у закрытых двухместных четырехколесных карет.

Кабриолетами называются автомобили с мягким убирающимся тентом из специальной ткани или винила с опускающимися боковыми стеклами. Машины с этим типом кузова обычно двухдверные. Спортивные кабриолеты иногда называют родстерами. *Купе-кабриолет* – это кабриолет со складной жесткой крышей, конструкция сочетает в себе качества обоих типов кузовов.

Родстер (*roadster* – англ. дорожник) – автомобиль без боковых стекол с двухместным кузовом и складывающимся мягким тентом. Обычно это небольшие спортивные машины, встречаются редко.

У типа кузова *тарга* съемная средняя часть крыши, иногда убирается и заднее стекло. Автомашина превращается в подобие кабриолета с мощной дугой позади пассажирского салона. Также есть машины с так называемой Т-крышей – у них снимаются лишь части жесткого верха над сиденьями водителя и пассажира, а между ними остается продольная балка. Термин введен компанией Porsche после гонки Targa Florio, в которой ее пилоты использовали машины с таким кузовом.

Лимузин представляет собой седан повышенной комфортабельности. За первым рядом сидений установлена перегородка с опускающимся стеклом, изолирующая пассажирский салон от водителя и переднего пассажира. Термин произошел от названия французской провинции Лимузен, где в моде были удлиненные капюшоны.

Пикап – это небольшой грузовой автомобиль с открытой платформой, отделенной от пассажирского салона жесткой (иногда съемной) переборкой.

Шутинг брейк – название двухдверного универсала на основе спортивной машины, способный перевозить объемный инвентарь, например, для гольфа или охоты. Тип кузова получил название от охотничьей повозки, на которой размещалось до шести человек с оружием и собаками.

Хардтоп – тип кузова похож на седан или купе, отличается отсутствием средней стойки у кузова. Применяется редко, т.к. кузов без нее имеет невысокую жесткость.

Фастбек – имеет двухобъемный кузов с двумя или четырьмя дверями и плавно спускающейся назад крышей, некий гибрид хэтчбека и седана. Этот тип кузова обладает хорошей аэродинамикой, но имеет низкую универсальность, поэтому вытесняется хэтчбеками.

Минивэн – многоцелевой легковой автомобиль с кузовом *универсал*. Отличается просторным высоким салоном с двумя или тремя рядами сидений и широкими возможностями его трансформации. Кресла передвигаются, снимаются и складываются в разных вариантах. Крупные представители этого типа кузовов приближаются по размерам к микроавтобусам.

4.4. Обслуживание и ремонт автотранспорта

Для надежной и безопасной работы техники автомобильного транспорта должна работать планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта. Она представляет собой совокупность средств, нормативно-технической документации и исполнителей, необходимых для обеспечения работоспособного состояния подвижного состава. Система состоит из контрольной и исполнительной групп операций. Определение технического состояния подвижного состава, его агрегатов и узлов без разборки производится диагностикой, которая является технологическим элементом технического обслуживания или ремонта.

Техническое обслуживание заключается в выполнении работ, обеспечивающих техническую и экологическую безопасность, в соответствие с техническими регламентами, объемы работ по которым зависят от пробега автомашины. Технические регламенты разрабатываются производителями автомашин. Основными работами в составе регламентов обслуживания являются замена масла, рабочих жидкостей и фильтров, проверка и регулировка узлов ходовой части, оптики и освещения, сезонная смена шин, а также замена изношенных и пр.

Виды ремонта по критерию его причины классифицируются как:

– планово-предупредительный ремонт;

– аварийный ремонт.

Планово-предупредительный ремонт – это комплекс операций по восстановлению исправного или работоспособного состояния, ресурса и обеспечению безотказности работы подвижного состава и его составных частей. Он выполняется принудительно по плану, через определенный пробег или время работы подвижного состава. Второй вид ремонта выполняется по потребности после появления соответствующего неисправного состояния.

5. ВОЗДУШНЫЙ ТРАНСПОРТ

5.1. Краткая историческая справка

Вблизи Санкт-Петербурга в 1885 г. оторвался от земли первый в мире самолет, построенный А.Ф. Можайским (1825-1990 гг.) Это был фюзеляжный моноплан с паровым двигателем. Воздушный транспорт появился как результат развития летательных аппаратов легче и тяжелее воздуха. Первая воздушная перевозка в России была выполнена в середине 1914 г. на самолете «Илья Муромец», построенном И.И. Сикорским (1889-1949 гг.) и имевшим при взлетном весе 4900 кг размах крыльев 32 м. По маршруту Петроград – Киев им было перевезено 1638 кг груза. На большей части маршрута полет проходил в условиях неблагоприятной погоды на высоте 1500-1700 м.

Первая внутренняя воздушная линия в нашей стране была открыта в 1923 г. между Москвой и Нижним Новгородом, а в 1926 г. начала действовать международная воздушная линия Москва – Кенигсберг – Берлин. В 1930-х гг. объем перевозок по воздуху, в т.ч. перевозки в обеспечение освоения и исследования северных и арктических территорий, был не велик. Так, в 1940 г. воздушным транспортом было перевезено 140 тыс. пассажиров, 475 тыс. т груза и 14,6 тыс. т почты. 150 аэродромов были оборудованы системами «слепой» посадки. На линиях работали в основном самолеты К-5 (8 пассажиров, 206 км/ч, дальность 960 км), ПР-5 (4 пассажира, 225 км/ч, дальность 800 км) и ПС-9 (9 пассажиров, 205 км/ч, дальность 700 км). С конца 1930-х гг. на линии вышел ЛИ-2 (21 пассажир, 333 км/ч, дальность 1410 км), отечественный аналог американского DC-3.

По окончании Отечественной войны гражданская авиация получила Ил-12, а затем Ил-14, первые самолеты отечественной конструкции для перевозки пассажиров. Однако к середине 1950-х гг. рост пассажирских перевозок потребовал самолеты с большей вместимостью пассажиров и скоростью полета. В те годы для этого уже имелась техническая возможность, были созданы газотурбинные двигатели (ГТД) двух разновидностей: турбовинтовые (ТВД) и турбореактивные (ТРД).

В 1956 г. вступил в строй Ту-104, первый в мире пассажирский самолет с ГТД. Этот выдающийся для своего времени самолет мог перевозить более 100 человек со скоростью 800 км/ч на дальность 3100 км. Однако его экономичность не в полной мере удовлетворяла требованию авиакомпаний. Выпуск Ил-18, самолета с ТВД, позволил увеличить пассажировместимость, высоту и дальность полета, а также повысить комфорт, надежность и безопасность полета. Совершенная аэродинамическая компоновка этого самолета обеспечила ему высокие летно-технические характеристики. Механизация крыла обеспечивала невысокие скорости взлета и

посадки, позволяющие использовать небольшие взлетно-посадочные полосы. Невысокое давление в шинах колес шасси обеспечивало самолету хорошую проходимость на грунтовых аэродромах. Кроме того, Ил-18 имел высокие экономические показатели. В 1981 г. Ил-18 совершил беспримерный перелет Москва – Антарктида вдоль меридиана, проходящего по Восточной Африке. Перелет протяженностью 15950 км был совершен за 25 летных часов.

Пассажирские самолеты с ГТД принято разделять на поколения. Ил-18 с четырьмя турбовинтовыми двигателями АИ-20 и Ту-104 относятся к первому поколению. Самолет Ил-62, строящийся в 1961-1965 гг., представляет второе поколение, характерное снижением удельного расхода топлива. Наконец, широкофюзеляжный самолет Ил-86, созданный в 1976-1980 гг., представляет третье поколение, отличающееся топливной эффективностью.

5.2. Состав воздушного транспорта

Воздушный транспорт как один из видов транспорта ведет перевозки пассажиров, почты и грузов воздушным путём. Его основное преимущество заключается в значительном сокращении времени перевозки за счёт высокой скорости транспортных средств (летательных аппаратов).

Воздушный транспорт состоит из нескольких компонентов:

– летательных аппаратов;

– аэродромов;

– системы управления воздушным движением.

Летательные аппараты классифицируются по критерию принципа поддержания в воздухе:

– легче воздуха;

– тяжелее воздуха, которые, в свою очередь, разделяют на самолеты и вертолеты.

Летательные аппараты легче воздуха (дирижабли) применяются крайне ограниченно, в основном для патрульной службы. Вертолеты используются для перевозок на небольшие расстояния в случаях, когда в пунктах назначения отсутствуют аэродромы с взлетно-посадочными полосами.

Классификация самолетов по критерию транспортных возможностей:

1) Широкофюзеляжные, диаметр корпуса ≈ 6 м, что позволяет установить в ряду по 8-10 кресел. Сюда относятся самолеты В-747, А-380 (900 пассажиров, 1000 км/ч, дальность 15200 км) и Ил-86, Ил-96 (400 пассажиров, 870 км/ч, дальность 10000 км), имеющие размах крыльев ≈ 70 м.

Берут на борт более 100 пассажиров. Эти пассажирские самолеты работают на дальних линиях.

2) Узкофюзеляжные, диаметр корпуса ≈ 4 м. Сюда относятся самолеты В-737, А-320 (150 пассажиров, 840 км/ч, дальность 6150 км) и Ту-154. Берут на борт 100 и более пассажиров. Эти машины работают на средних и малых линиях.

3) Региональные, берут на борт до 100 пассажиров. Дальность полета составляет 2000-3000 км.

4) Местные, берут на борт от 20 пассажиров. Дальность полета составляет до 1000 км.

Аэродромы имеют одну или несколько взлетно-посадочных полос, рулежные дорожки и места стоянки самолетов, системы заправки и обслуживания самолетов. Для пассажиров и аэродромных служб имеется комплекс зданий и сооружений, в состав которого входит аэровокзал с площадками стоянки наземного транспорта.

5.3. Движение воздушного транспорта

Система управления движением основывается на правилах ИКАО. Одна из основных задач управления воздушным движением – эшелонирование, т.е. создание интервалов по высоте и расстоянию между находящимися в полёте воздушными судами с целью предотвращения опасного сближения и возможных аварийных ситуаций. Различают вертикальное, продольное и боковое эшелонирование. Контроль эшелонирования ведет служба управления движением в соответствии с действующими в стране нормативными документами, а при полетах по правилам визуальных полетов также и пилот воздушного судна. Для того чтобы не допустить опасного сближения воздушных судов, используется система *TCAS*.

Эшелон, являясь основным понятием в вертикальном разделении воздушного коридора, представляет собой условную высоту, рассчитанную при стандартном давлении и отстоящую от других высот на величину установленных интервалов. Эшелонирование может быть метрическим, эшелон выражают в метрах, или футовым, тогда эшелон выражают в сотнях футов, например, *FL*350 (*flight level* – англ. полетная высота), т.е. высота 35000 футов.

Высота эшелона необязательно совпадает с реальной высотой воздушного судна. Высотомеры в самолётах – это калибруемые барометры, высоту они вычисляют по разнице давления на земле и в воздухе. Чтобы вычислить истинную высоту, потребовалось бы постоянно вносить данные об атмосферном давлении в каждой точке маршрута, учитывать высоту этих точек над уровнем моря. Поэтому принято пользоваться стандартным давлением. Если на всех воздушных судах будет установлено одинаковое

значения давления на альтиметре, то и показания высоты на приборе в заданной точке воздушного пространства будут одинаковыми. Поэтому с определённого момента при наборе высоты (высота перехода) и до определённого момента при снижении (эшелон перехода) высота воздушного судна рассчитывается по стандартному давлению (*QNE*), т.е. 760 мм рт. ст. (1013,2 гектопаскаля, 29,921 дюйма рт. ст.), одинаковому во всем мире.

Схема вертикального эшелонирования формируется по полукруговой или квадрантной системе. Они обе учитывают направление полёта воздушного судна и по курсу воздушного судна экипажу дается разрешение на занятие определённого эшелона. При полукруговой схеме эшелоны чередуются. Например, в России эшелон 3300 м назначается воздушным судам, двигающимся с запада на восток (истинный путевой угол от 0 до 179°). Следующий эшелон 3600 м назначается при полёте с востока на запад (от 180 до 359°). Следующий 3900 м – снова на восток и т.д. При квадрантной схеме первый эшелон расположен в I квадранте (0-89°, магнитный путевой угол), второй – во II квадранте (90-179°), третий – в III квадранте (180-269°), четвёртый – в IV квадранте (270-359°), пятый – в I квадранте и т.д. Интервал вертикального эшелонирования 300 м в диапазоне 900-8100 и интервал 500 м в диапазоне 8100-12100 и интервал 1000 м выше 12100 м.

Продольным эшелонированием называют рассредоточение воздушных судов на одной высоте по времени или расстоянию вдоль линии пути. По правилам ИКАО линии пути классифицируются:

а) на одну и ту же линию пути – линии пути одного направления, или пересекающиеся линии пути, с угловой разницей менее 45° или более 315°;

б) идущие в противоположных направлениях – линии пути противоположного направления, или пересекающиеся линии пути, угловая разница которых более 135°, но менее 225°;

в) пересекающиеся линии пути – кроме указанных в пунктах *а* и *б*.

В России минимальные интервалы продольного эшелонирования при наличии радиолокационного диспетчерского обслуживания на одном эшелоне воздушной трассы составляют 20 км, а в зоне взлёта и посадки – 10 км для всех самолетов, идущих за воздушными судами с взлётной массой 136 т и более. Во всех остальных случаях в зоне взлёта и посадки – 5 км.

Боковым эшелонированием называют рассредоточение воздушных судов на одной высоте по расстоянию или угловому смещению между их линиями пути. В России при пересечении эшелона, занятого другим воздушным судном, боковое эшелонирование должно составлять не менее 10 км в момент пересечения, а при использовании автоматизированных систем или средств вторичной радиолокации – 5 км. При встречном направлении полета и отсутствии средств автоматизированного управления

или вторичной радиолокации, дополнительно должен соблюдаться продольный интервал не менее 30 км.

5.4. Конструктивные элементы самолета

Самолет, воздушное транспортное средство тяжелее воздуха, состоит из следующих конструктивных элементов (рис. 5.1):

– планера;
– двигателя;
– системы бортового оборудования;
– системы торможения;
– авионики.

Планер самолета при классической компоновке включает фюзеляж, крыло, хвостовое оперение, шасси и гондолы, в которых размещают двигательные установки или другие агрегаты. При других компоновках некоторые из указанных элементов могут отсутствовать. Планер собирается из деталей и панелей, для изготовления которых используются алюминиевые сплавы и композитные материалы на основе углепластика. Для их соединения применяют в основном клепку.

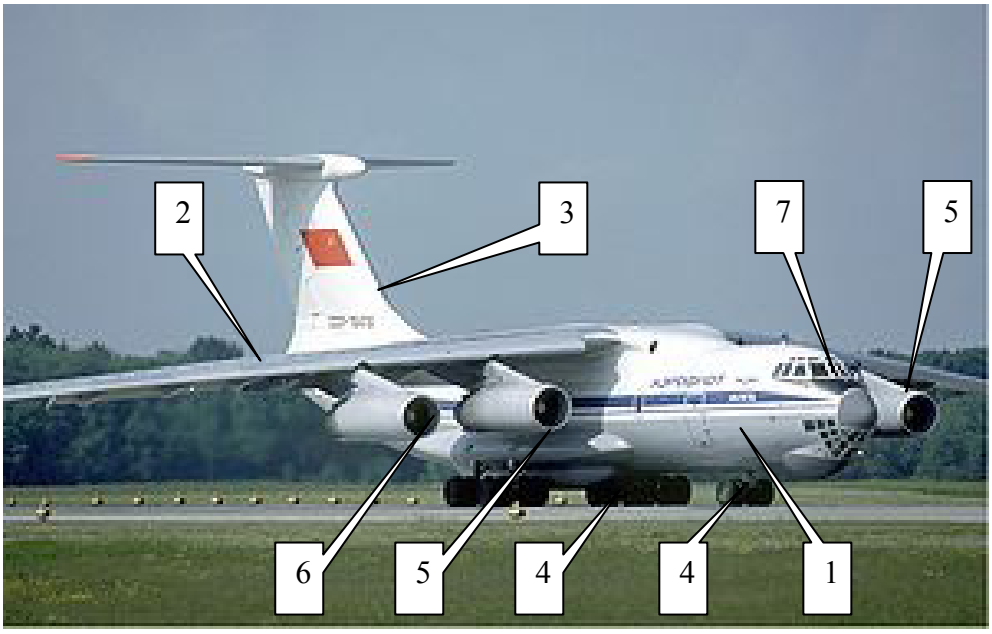


Рис. 5.1. Конструктивные элементы грузового самолета Ил-76:

1 – фюзеляж; 2 – крыло; 3 – хвостовое оперение; 4 – шасси;
5 – гондолы двигателей; 6 – двигатель; 7 – кабина управления
с навигационно-пилотажным комплексом

Фюзеляж (*fuselage* – фр. корпус) имеет обтекаемую форму, в его носовой части размещена кабина управления. Внутри находится одна или несколько палуб, на которых размещаются пассажиры или грузы. Для посадки, высадки пассажиров и экипажа, грузовых операций в фюзеляже устраивают двери и люки. Люки грузовых самолетов размещаются в хвостовой части фюзеляжа и имеют опускаемую аппарель, которая в полете закрывает просвет грузового люка. Фюзеляж герметичен, имеются системы, обеспечивающие нормальные условия жизнедеятельности экипажа и пассажиров.

Крылья самолета служат для создания подъемной силы, обеспечивающей его полет в воздухе и зависящей от скорости, формы профиля крыла и его размеров. Крыло относительно фюзеляжа, как правило, расположено вверху и внизу. В полете крылья испытывает значительные нагрузки, которые воспринимаются лонжероном (*longeron* – фр. продольный), балкой, идущей вдоль крыла. Поперек крыла установлены нервюры, к которым крепится его обшивка и которые определяют форму профиля. Для обеспечения взлета и посадки, т.е. необходимой подъемной силы на относительно небольшой скорости, крыло снабжается механизацией, увеличивающей на взлете-посадке или уменьшающей в полете площадь крыла.

Хвостовое оперение устанавливается в хвостовой части фюзеляжа. В большинстве случаев оно представляет собой вертикально расположенный киль и стабилизаторы, близкие по конструкции к крылу. Киль обеспечивает устойчивость самолёта по направлению движения, а стабилизаторы – относительно горизонтальной оси (по тангажу). Оперение бывает вертикальным, как на Ил-86, или Т-образным, как на Ту-154. Реже устанавливаются два киля на обоих концах цельного стабилизатора (Ан-225).

Используя шасси, самолёт производит взлёт и посадку, руление, стоянку. Шасси представляет собой амортизированные стойки, к которым крепятся колёсные тележки или поплавки гидропланов. Пассажирские и грузовые самолеты середины прошлого века оборудовались двумя основными стойками и небольшим вращающимся колесом без стойки непосредственно под килем (Ли-2). Конфигурация шасси современного самолёта зависит от его массы. Наиболее часто встречающиеся: одна носовая стойка и две основных (Ту-154, А-320), одна носовая и три основных (Ил-96), одна носовая и четыре основных (Boeing-747). Уникальную схему шасси имеет Ил-62, одна носовая стойка, две основных и выдвигающаяся штанга с одной колёсной парой в самом хвосте для устойчивости при разгрузке-погрузке. Колесные тележки шасси могут иметь различное количество колёс, от одной (А-320) до семи (Ан-225) пар.

Управление поворотом самолёта на земле может осуществляться через привод к носовой стойке шасси, а у самолётов с двумя и более двигате-

лями – изменением их тяги. В полёте шасси убираются в специальные отсеки для уменьшения аэродинамического сопротивления.

Современные самолёты приводят в движение турбореактивные или турбовинтовые двигатели. На малых самолетах устанавливаются поршневые двигатели. Двигатель крепится к крылу или к фюзеляжу с помощью пилона либо встраивается непосредственно в фюзеляж. Компоновка на пассажирских или грузовых самолетах может существенно различаться, может быть два двигателя (Ту-204), три (Ту-154), четыре (Ил-96), шесть (Ан-225). Двигатели, размещаемые на пилонах, помещают в защитную гондолу, а трубы топливной системы, различные приводы, сигнализация подходят к двигателям через полости пилонов.

Для возможности полетов в сложных метеоусловиях и в любое время года и суток современные летательные аппараты оснащены системами бортового оборудования, которые объединяются в ряд комплексов:

– навигационно-пилотажный комплекс (НПК);

– радиолокационный комплекс (РЛК);

– комплекс аппаратуры автоматической бортовой системы управления (АБСУ);

– комплекс оборудования силовых установок (СУ);

– комплекс электрооборудования (КЭО).

Система торможения самолета состоит из двух частей. Ее первая часть встроена в шасси, она представляет собой тормозные диски, которые при необходимости уменьшить скорость движения самолета на земле сжимаются гидравлическими или механическими приводами. Вторая часть системы торможения – аэродинамическое торможение, применяется для уменьшения скорости в воздухе. Она состоит из системы раскрывающихся тормозных щитков, расположенных на крыльях и фюзеляже. Кроме того, для уменьшения пробега после посадки самолеты снабжают парашютными системами торможения, которые размещаются в хвостовой части фюзеляжа.

6. ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ

6.1. Краткая историческая справка

Первый в России магистральный трубопровод длиной 843 км и диаметром 325 мм был построен в 1946 г. для транспортировки газа по маршруту Саратов – Москва. В 1955 г. был введен в эксплуатацию нефтепровод Озек-Суат – Грозный диаметром 325 мм и протяженностью 144 км, по которому впервые в стране стали транспортировать горячую нефть после предварительного подогрева в печах.

Интенсивное же развитие трубопроводного транспорта началось с конца 1950-х гг. Были построены трансконтинентальные нефтепроводы

Туймазы – Омск диаметром 530 мм, Туймазы – Омск – Новосибирск – Иркутск диаметром 720 мм и длиной 3662 км, первая нитка нефтепровода Альметьевск – Горький, нефтепроводы Альметьевск – Пермь, Ишимбай – Орск, Горький – Рязань, Тихорецк – Туапсе, Рязань – Москва.

Открытие месторождений нефти в Западной Сибири изменило приоритеты трубопроводного строительства, т.к. транспортировка нефти из районов добычи до существовавших промышленных центров была крайне затруднена. Расстояние от месторождений до ближайшей железнодорожной станции составляло более 700 км, а единственная транспортная магистраль – река Обь и впадающая в нее река Иртыш – судоходна не более 6 месяцев в году. Решить проблему транспортировки больших объемов нефти мог только трубопроводный транспорт.

В 1964 г. был введен в эксплуатацию трансевропейский нефтепровод Дружба протяженностью вместе с ответвлениями 5500 км, соединивший месторождения нефти в Поволжье с Чехией, Словакией, Венгрией, Польшей и Германией. В конце 1965 г. завершено строительство и начата эксплуатация первого сибирского нефтепровода Шаим – Тюмень диаметром 529-720 мм и протяженностью 410 км. В октябре 1967 г. завершено строительство нефтепровода Усть-Балык – Омск протяженностью 964 км, на котором впервые в мире были применены трубы диаметром 1020 мм. В последующие годы для транспортировки Западно-Сибирской нефти был построен ряд трансконтинентальных трубопроводов.

Строились нефтепроводы и в других районах. В середине 1960-х и начале 1970-х гг. вступил в строй нефтепровод Узень – Шевченко диаметром 1020 мм и длиной 141,6 км, который был продлен сначала до Гурьева, а затем до Самары. После чего его протяженность составила 1750 км. Нефтепровод решил проблему перевозки высоковязкой и высокозастывающей нефти Мангышлака. Для этого применена технология предварительного подогрева нефти. Этот нефтепровод является крупнейшим в мире горячим трубопроводом.

В настоящее время общая длина магистральных трубопроводов составляет 63 тыс. км, а диаметры труб превышают 1000 мм. Доля перевозок трубопроводным транспортом в общем объеме к 1990-м гг. достигла почти трети общего грузооборота в стране.

Магистральные нефтепроводы России эксплуатируются транспортной компанией ОАО АК Транснефть, которая объединяет 11 предприятий трубопроводного транспорта. При движении от грузоотправителя до грузополучателя нефть проходит в среднем 3 тыс. км. Для транспортировки используется 48600 км магистральных нефтепроводов диаметром от 400 до 1220 мм, 322 нефтеперекачивающие станции, резервуары общим объемом по строительному номиналу 13,5 млн $м^3$. Кроме того, компания выполняет собственными силами весь комплекс профилактических и ремонтно-

восстановительных работ, имея для этого 190 аварийно-восстановительных пунктов, 71 ремонтно-строительная колонну, 9 региональных баз ремонта и 38 баз производственного обслуживания.

В 2011 г. началась эксплуатация газопровода Северный поток (Nord Stream), идущего по дну Балтийского моря, протяжённостью 1200 км от Выборга до Грайфсвальда. Мощность газопровода составляет 55 млрд м³ в год. Максимальная глубина моря в местах прохождения трубы составляет 210 м. Ресурсной базой трубопровода является Южно-Русское месторождение с запасами около 800 млрд м³ газа, а в дальнейшем – Штокмановское газовое месторождение с запасами 3,7 трлн м³. Общие капиталовложения с учетом двух труб по дну моря составили 7,4 млрд евро. Компании Газпром принадлежит 51 % акций трубопровода Северный поток.

6.2. Состав трубопроводного транспорта

Трубопроводный транспорт – вид транспорта, выполняющий передачу по трубам газообразных, жидких и твердых продуктов. Приоритетное развитие этого вида транспорта основывается на его экономичности, для транспортировки одной тонны нефти по трубопроводу требуется в десять раз меньше трудовых затрат, чем для ее перевозки по железной дороге.

Трубопроводный транспорт классифицируют по трем критериям.

1) По критерию назначения:

– магистральные, транспортирующие груз из районов добычи (от промыслов) производства или хранения до мест потребления, переработки;

– промысловые, соединяющие скважины с различными объектами и установками подготовки нефти на промыслах;

– технологические, выполняющие транспортировку груза в пределах предприятия или группы предприятий, связанных единой технологией.

2) По критерию вида перевозимого груза:

– газопровод, служит для транспортировки сжатого газа;

– нефтепровод, служит для транспортировки сырой нефти;

– продуктопроводы, служат для транспортировки готовых жидких продуктов или полуфабрикатов;

– гидравлический транспорт, служит для транспортировки твердых материалов в виде частиц;

– пневмотранспорт, служит для материалов, изделий небольшого размера и образцов, а также почты.

3) Кроме того, трубопроводы классифицируют на несколько категорий по критерию прочности.

Транспортный трубопровод состоит из труб, арматуры, перекачивающих станций, систем управления, сигнализации и автоматики.

В состав магистральных трубопроводов входят:

– линейные сооружения;

– головные насосные станции;

– промежуточные перекачивающие насосные станции;

– резервуарные парки;

– наливные насосные станции нефтепроводов.

Линейные сооружения представляют собой комплекс сооружений, включающий в себя:

– трубопровод от выхода его с промысла до транспорта товарной нефти с ответвлениями, запорной арматурой;

– переходы через естественные и искусственные препятствия;

– узлы подключения перекачивающих станций;

– узлы пуска и приема очистных устройств и разделителей при последовательной перекачке;

– установки электрохимической защиты трубопроводов от коррозии;

– линии и сооружения технологической связи и средства телемеханики трубопровода;

– линии электропередачи для обслуживания трубопроводов и устройства электроснабжения;

– дистанционное управление запорной арматурой и установками электрохимической защиты трубопроводов;

– противопожарные средства, противоэррозионные и защитные сооружения трубопровода;

– емкости для хранения и разгазирования конденсата;

– земляные амбары для аварийного выпуска нефти;

– здания и сооружения линейной службы эксплуатации трубопроводов;

– дороги, вертолетные площадки, опознавательные и сигнальные знаки местонахождения трубопровода, расположенные вдоль трассы трубопровода.

Основным конструктивным элементом магистрального трубопровода является сваренные непрерывные трубы, которые обычно заглубляют в грунт на глубину 0,8 м до верхней образующей трубы. Для магистральных трубопроводов применяют цельнотянутые или сварные трубы диаметром 300-1420 мм, толщина стенок труб определяется давлением в трубопроводе, которое может достигать 10 МПа.

В районах вечной мерзлоты трубопроводы укладывают на опоры или в искусственные насыпи. При переходе через реки трубопроводы утяжеляют грузами или сплошными бетонным покрытием и заглубляют ниже дна реки, а также укладывают резервную трубу перехода того же диаметра. На пересечениях железных и шоссейных дорог трубопровод проходит в патроне труб, диаметр которых на 100-200 мм больше диаметра трубопровода. В зависимости от рельефа трассы через 10-30 км на трубопроводе ус-

танавливают линейные задвижки для перекрытия его при аварии или ремонте.

Вдоль трассы проходит телефонная, радиорелейная линия связи, которая имеет диспетчерское назначение, а также используется для телеизмерения и телеуправления. Располагаемые вдоль трассы станции катодной и дренажной защиты, а также протекторы защищают трубопровод от наружной коррозии дополнительно к изоляционному покрытию.

Перекачивающие станции, оборудованные мощными насосами, располагаются на трубопроводах с интервалом 70-150 км. Производительность насосов на нефтепроводах достигает 12500 $м^3$/ч.

Головная насосная станция располагается вблизи промысла или в конце подводящих трубопроводов, если магистральный трубопровод обслуживают несколько промыслов или один промысел, расположенный на большой территории. Головная станции отличается от промежуточных наличием резервуарного парка объемом, равным двух-, трехсуточной пропускной способности трубопровода. Кроме того, на каждой насосной станции имеется трансформаторная подстанция, котельная, а также системы водоснабжения, канализации, охлаждения и т.д.

Если длина трубопровода превышает 800 км, его разбивают на эксплуатационные участки длиной 100-300 км, в пределах которых возможна независимая работа насосного оборудования. Промежуточные насосные станции на границах участков должны располагать резервуарным парком объемом, равным 0,3-1,5 суточной пропускной способности трубопровода. Как головная, так и промежуточные насосные станции с резервуарными парками оборудуются подпорными насосами. Если транспортируются высоковязкие грузы, то на трубопроводах устанавливают тепловые станции, совмещая их с насосными. Для подогрева перекачиваемого груза применяют паровые или огневые подогреватели (печи подогрева). Для снижения тепловых потерь такие трубопроводы могут быть снабжены теплоизоляционным покрытием. По трассе нефтепровода иногда сооружаются грузовые терминалы для перевалки нефти в железнодорожные цистерны.

Конечным пунктом трубопровода является заводской склад сырья перерабатывающего предприятия или грузовой, обычно морской, терминал, откуда груз танкерами перевозится к потребителям.

7. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

7.1. Содержание курсового проекта

Курсовой проект охватывает основные виды транспорта. Он должен состоять из графической и расчетной части. *Обязательные разделы* курсового проекта: «1 Морской и водный транспорт» с подразделами «1.1 Пла-

вучесть судна», «1.2 Остойчивость судна», «1.3 Ходкость судна», «1.4 Судовые устройства»; «2 Железнодорожный транспорт»; «3 Автомобильный транспорт». Разделы и подразделы проекта *должны быть пронумерованы*, для нумерации использовать арабские цифры. Раздел «Основные характеристики судна» является заданием к выполнению курсового проекта, этот раздел курсового проекта нумеровать не следует.

В методике приведен объем типового курсового проекта. Для выполнения студентам этот объем может быть изменен в меньшую и большую сторону выдачей дополнительных заданий для углубленной проработки тех или иных разделов курса «Техника транспорта».

Графическая часть должна включать чертеж грузовой ватерлинии, диаграмму статической остойчивости на больших углах крена и графический расчет усилия в грузовой стреле. На диаграмме статической остойчивости должна быть построена метацентрическая высота.

Расчетная часть проекта должна состоять из разделов и подразделов, каждый из которых относится к определенной тематике курса дисциплины. Соответственно, в каждом разделе и подразделе курсового проекта используется одна из основных наук транспортного машиностроения и судостроения.

Тип судна и остальные исходные данные, необходимые для выполнения раздела курсового проекта, приведены в учебном пособии «Систематизированные материалы по судам и судовым энергетическим установкам» [3]. Оно состоит их следующих разделов:

1) Основные элементы, характеристики и нагрузки сухогрузных судов.

2) Основные элементы, характеристики и нагрузки нефтеналивных судов (танкеры).

3) Главные двигатели и энергетические установки морских транспортных судов.

Хотя в системе единиц СИ сила измеряется в ньютонах, Н, однако в методике использована тонно-сила, тс, и килограмм-сила, кгс, поскольку эти единицы используются в большинстве ранее изданных справочников и в практике расчетов ЦКБ-проектантов. В прил. 5 приведен греческий алфавит, т.к. он широко используется в корабельных науках.

7.2. Основные требования к оформлению курсового проекта

При оформлении курсового проекта должны соблюдаться требования стандартов ЕСКД, в частности ГОСТ 2.105 «ЕСКД. Общие требования к текстовым документам» и РД ФГБОУ ВПО «КнАГТУ» 013 «Текстовые студенческие работы. Правила оформления». Расчеты и текст пояснений должны быть выполнены на одной стороне стандартных листов бумаги формата А4 (297×210 мм) на печатном устройстве ПЭВМ или допускается

аккуратно ручкой черными или синими чернилами. При использовании печатного устройства ПЭВМ размер шрифта должен быть 14 через один или полтора интервала.

Все страницы курсового проекта должны быть пронумерованы, начиная с лицевой стороны титульного листа, номер страницы на котором не проставлять. На второй странице курсового проекта должно быть помещено содержание с указанием страниц каждого раздела, подраздела проекта и приложений к нему. Обязательные реквизиты титульного листа, их расположение, а также детальные требования к оформлению проекта приведены в РД ФГБОУ ВПО «КнАГТУ» 013.

После оглавления должны быть приведены основные исходные данные для разработки курсового проекта: тип судна, его технические характеристики (транспортного средства) и пр. Задания и остальные исходные данные для разработки следует поместить после названия каждого раздела курсового проекта.

Чертежи носовой и кормовой части ГВЛ должны быть вычерчены карандашом в масштабе 1:100 или 1:200 на ватманской или миллиметровой бумаге. Чертеж должен иметь рамку на расстоянии 20 мм – слева, 5 мм – с права, сверху, снизу от краев листа. В правом нижнем углу должна быть помещена основная надпись.

Толщина линий рамки, основной надписи и букв должна быть B. Толщина линий сетки $B/4$, толщина ГВЛ – $B/2$. B – это условная толщина линий, принятая при разработке чертежей. Для выполнения чертежа курсового проекта ее следует принять равной ≈ 0,6 мм. Для выполнения этого требования нужно пользоваться карандашами различной твердости (от 2М до Т) или иными чертежными (пишущими) принадлежностями, дающими линии разной толщины. Карандаши для черчения целесообразно затачивать «лопаткой», используя для этого острый нож и наждачную бумагу.

Готовую сетку для чертежа ГВЛ перед ее построением необходимо проверить циркулем по равенству диагоналей. Они все должны быть равны между собой. Для вычерчивания ватерлинии следует воспользоваться судостроительными лекалами или гибкой стальной или деревянной рейкой. Возможно также использование чертежной машины. Если для вычерчивания сетки не используется чертежная машина, то диагонали следует проверить циркулем с двумя иголками.

Пользуясь настоящим пособием, переписывать в разрабатываемый курсовой проект подразделы «Краткие сведения» не следует. Нумерацию подразделов (название видов транспорта) и заданий в разделе 8 и их названия необходимо в пояснительной записке курсового проекта сохранить.

Законченный курсовой проект должен быть сшит в брошюру, в конце которой следует поместить чертежи. Перед сшиванием вместе с пояснительной запиской чертежи, имеющие формат больше, чем А4, необходимо

свернуть на этот формат так, чтобы основная надпись находилась снаружи и была видна. Твердая обложка у сшитого курсового проекта не обязательна.

Курсовой проект, включая каждый чертеж, должен быть подписан студентом его выполнившим.

8. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

При разработке курсового проекта следует придерживаться нижеприведенной последовательности его разделов, их нумерации и наименования. Краткие сведения, помещенные в начале разделов и подразделов проекта, предназначены для того, чтобы охарактеризовать то, над чем предстоит работать. Переносить их в курсовой проект не обязательно. После номера и названия раздела курсового проекта следует последовательно излагать выполнение заданий, предваряя каждое его номером и названием.

1 Морской и водный транспорт

Краткие сведения о плавучести и остойчивости судна.

Плавучесть – способность судна поддерживать вертикальное равновесие в заданном положении относительно поверхности моря путем вытеснения равного ему по массе и весу количества воды. Это свойство отличает судно от других инженерных сооружений. Плавучесть измеряют объемным водоизмещением, м³, и водоизмещением массы, т.

На спокойной воде на плавающее судно действуют силы веса его частей, равнодействующая которых направлена вертикально вниз, и силы гидростатического давления воды, равнодействующая которых направлена вертикально вверх. Горизонтальные составляющие гидростатических сил взаимно уравновешиваются. Вертикальная составляющая сил гидростатического давления воды представляет собой силу плавучести.

Плавучесть судна определяется законом Архимеда, согласно которому вес или масса судна соответственно равны весу или массе вытесненной им воды:

$$\left.\begin{aligned} P &= \gamma V, \\ D &= \rho V, \end{aligned}\right\} \qquad (8.1)$$

где P – вес судна, кН;

D – водоизмещение (масса) судна, т;

γ – удельный вес забортной воды, кН/м³;

ρ – плотность забортной воды, т/м³. Для пресной воды $\rho = 1$ т/м³, для морской $\rho = 1{,}025$ т/м³.

Выражение (8.1) представляет собой первое условие равновесия плавающего судна. Вторым условием равновесия плавающего судна является

расположение точек приложения сил веса и сил плавучести на одном перпендикуляре к плоскости ватерлинии судна.

Остойчивость – способность судна, отклоняющегося внешним моментом от положения равновесия, возвращаться в исходное положение равновесия после устранения момента, вызвавшего это отклонение. Судно считается остойчивым, если его равновесие устойчиво, и неостойчивым, если его положение безразлично или неустойчиво.

Различают остойчивость судна на малых углах наклонения или начальную остойчивость и остойчивость на больших углах наклонения. Такое разделение вызвано тем, что судно остойчиво лишь в определенных пределах наклонений, различных для разных судов. Это определяет целесообразность сначала исследовать остойчивость при малых (теоретически - бесконечно малых) отклонениях от положения равновесия, а затем определить пределы остойчивости на больших наклонениях (углах крена).

Изучают наклонения судна в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Соответственно изучают поперечную остойчивость при наклонениях в поперечной плоскости, определяемых углами крена судна, и продольную остойчивость при наклонениях в продольной плоскости, определяемых углами дифферента. Изучают остойчивость в условиях вертикального равновесия, определяемого зависимостью (8.1). Это предполагает, что объемное водоизмещение при наклонениях судна остается неизменным, т.к. не меняется вес судна и удельный вес забортной воды.

Расчеты плавучести и остойчивости ведут, используя данные теоретического чертежа корпуса судна, который представляет собой графическое описание формы корпуса. На нем изображают теоретическую поверхность корпуса без наружной обшивки. Корпус представляют в трех проекциях на три взаимно перпендикулярные плоскости: диаметральную плоскость (*бок*), плоскость мидель-шпангоута (*корпус*) и основную плоскость (*полуширота*). На проекции *бок* наносят сечения корпуса судна, параллельные диаметральной плоскости, которые называют батоксами. На проекцию *корпус* наносят сечения, параллельные плоскости мидель-шпангоута, которые называют теоретическими шпангоутами. На проекцию *полуширота* наносят сечения, параллельные основной плоскости, которые называют ватерлиниями.

Все сечения корпуса судна обычно проводят на равных расстояниях для возможности выполнения расчетов методами приблизительного вычисления интегралов. По длине корпус обычно делят на 20 теоретических шпаций, нумеруя сечения (теоретические шпангоуты) начиная с носового. Все три проекции теоретического чертежа должны быть согласованы между собой, т.к. они описывают одну плавную поверхность. Для согласования вместо ручного способа, который использовался раньше, теперь применяют вычислительную технику и программные средства.

Теоретический чертеж необходим не только для выполнения расчетов плавучести и остойчивости, но и для определения натурных размеров деталей корпуса, т.к. обводы корпуса определяют форму значительной части корпусных деталей. Теоретический чертеж также необходим для изготовления шаблонов и каркасов, которые используются для контроля гибки деталей корпуса при их изготовлении. Для построения теоретического чертежа на судостроительных и судоремонтных заводах используют плазовую книгу. Она содержит значения ординат теоретических шпангоутов по ватерлиниям.

Современные автоматизированные системы технической (конструкторской и технологической) подготовки производства, особенно интегрированные системы подготовки класса системы FORAN, позволяют значительно сократить трудоемкость и соответственно время подготовки производства. Эти системы обеспечивают получение рабочих чертежей, комплектовочных и заказных ведомостей, информации (на ленте или на магнитном носителе) для машин тепловой резки и трубогибочных станков с ЧПУ. Кроме того, использование автоматизированных систем резко снижает, сводя на нет, количество ошибок при определении размеров деталей и резко повышает их точность, сокращая пригоночные работы при сборке.

В первом разделе курсового проекта необходимо разработать на основании коэффициентов полноты ватерлинии форму грузовой ватерлинии (ГВЛ) и вычертить ее, рассчитать число тонн на сантиметр осадки, определить остойчивость судна на больших наклонениях и вычертить диаграмму статической остойчивости (диаграмму Э. Рида).

Задание 1.1. Разработка грузовой ватерлинии

Проектирование клинообразной грузовой ватерлинии (ГВЛ) для транспортных судов, учитывая наличие у них цилиндрической вставки, заключается в построении носовой и кормовой части ватерлинии. Для построения ГВЛ используют следующие исходные данные:

1) α – коэффициент полноты ГВЛ;

2) $L_{\text{ц}}$ – длину цилиндрической вставки и ее положение по длине судна или положение наиболее полного шпангоута для судов без цилиндрической вставки (можно принять, что цилиндрическая вставка, указанная в задании, расположена симметрично относительно миделя);

3) форму кормовой и носовой частей ГВЛ;

4) $\psi_{\text{о}}$ – углы заострения ГВЛ в оконечностях.

Для обычных заостренных с носа и кормы ватерлиний судов построение ГВЛ ведут в следующей последовательности:

1) Вычислить вспомогательные размеры $x_{\text{н}}$, $x_{\text{к}}$ для построения ГВЛ, вычислить коэффициенты полноты носовой и кормовой части ГВЛ:

$$x_н = (2\alpha_н - 1) \cdot L_н, \quad (8.2)$$

$$x_к = (2\alpha_к - 1) \cdot L_к, \quad (8.3)$$

где $L_н$, $L_к$ – длины носовой и кормовой оконечностей, м, $L_н + L_к = L$; $L_н = L_{рр}/2$; $L_к = L - 0{,}5L_{рр}$;

$\alpha_н$, $\alpha_к$ – коэффициенты полноты носовой и кормовой оконечности. Коэффициенты $\alpha_н$, $\alpha_к$ в (8.2) и (8.3) можно определить как:

$$\alpha_н = 1{,}7\alpha - 0{,}6, \quad (8.4)$$

$$\alpha_к = \frac{\alpha \cdot L - 0{,}5\alpha_H \cdot L_{PP}}{L - 0{,}5L_{PP}}, \quad (8.5)$$

где α – коэффициент полноты ГВЛ;

L – длина судна по ГВЛ, м;

L_{PP} – длина судна между перпендикулярами, м.

2) Определить угол $\psi_{он}$ (носовой) можно методом интерполяции в зависимости от коэффициента общей полноты δ, используя данные табл. 8.1.

3) Определить форму носового обвода ГВЛ в зависимости от числа Фруда (табл. 8.2) или использовать данные, приведенные в «Систематизированных материалах по судам и судовым энергетическим установкам» [3].

Таблица 8.1

Углы носового заострения

Коэффициент общей полноты δ	Угол носового заострения, град, $\psi_{он}$
0,60	8
0,65	9
0,70	13
0,75	22
0,80	36

Таблица 8.2

Форма носового обвода ГВЛ

Значение числа Фруда $Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}}$	Форма носового обвода ГВЛ
$Fr < 0{,}16$	Выпуклая
$0{,}16 \le Fr < 0{,}19$	Прямая
$0{,}19 \le Fr < 0{,}22$	Прямая или выпуклая
$0{,}22 \le Fr < 0{,}32$	Слегка вогнутая
$Fr \ge 0{,}32$	Прямая
Примечание – число Фруда, Fr, является одним из критериев динамического подобия. Оно характеризует отношение инерционных сил, в т.ч. и сил тяжести, действующих в динамически подобных потоках жидкости	

4) Построить носовую ветку ГВЛ, используя определенную форму ветви КВЛ (см. табл. 8.2), угол заострения $\psi_{он}$ (см. табл. 8.1) и длину носовой части $L_н = L_{рр}/2$.

4.1) Построить сетку теоретического чертежа по ГВЛ с 10-ю теоретическими шпангоутами для носовой и кормовой оконечности. Для этого построить два прямоугольника со сторонами, равными $B/2$ и $L_{рр}/2$, разделив длинную сторону на 10 равных теоретических шпаций (рис. 8.1) для носовой и кормовой частей ГВЛ. Используя (8.4) – (8.5), построить вспомогательный четырехугольник *AMCE*, имеющий коэффициент полноты $\alpha_н$, для носовой части ГВЛ. Нанести положение точки *B*.

4.2) Построить прямую из точки *A*, находящейся на носовом перпендикуляре, под углом $\psi_{он}$ к ДП судна (линия AE), касательную к будущей ветви ГВЛ.

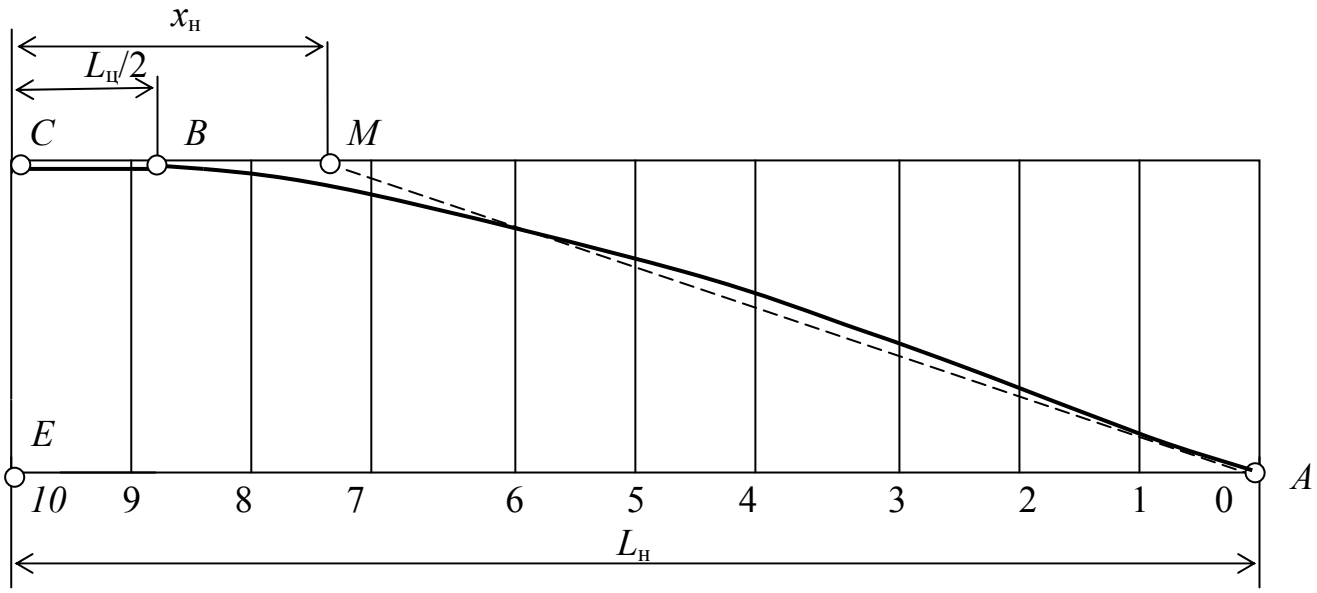


Рис. 8.1. Схема построения носовой ветви ГВЛ

4.3) Провести из точки *A* ветвь ГВЛ заданной формы с учетом вспомогательного четырехугольника, стремясь закончить ее, не доходя до точки *B* (или по крайней мере в точке *B*), которая соответствует длине носового заострения корпуса. При построении ГВЛ ее следует провести так, чтобы площади, ограниченные построенной ветвью ГВЛ и находящиеся выше и ниже вспомогательной линии *AM*, были равны (эквивалентные площади).

Кормовая ветвь ГВЛ строится с использованием $x_к$ аналогично построению носовой ветви, но с учетом своих особенностей. Положение 20-го теоретического шпангоута определяют размером $L_{рр}/2$. Продольный размер четырехугольника AMCE определяют как $L_к = L - L_{рр}/2$. Таким образом, ГВЛ может заканчиваться за 20-м теоретическим шпангоутом. Форма кормовой ветви ГВЛ в кормовой части судна всегда слегка выпуклая или прямая.

После построения линии ГВЛ следует рассчитать площадь построенной ГВЛ. Строго площадь ГВЛ S, м^2, определяется как:

$$S = \int_0^L y dx, \tag{8.6}$$

где L – длина судна по грузовую ватерлинию вдоль оси 0x, м;

y – ординаты ГВЛ по оси 0y, м;

dx – бесконечно малая величина по оси 0x.

В практических расчетах для вычисления интеграла (8.6) используют приближенные способы, например правило трапеций, используя формулу

$$S = 2 \cdot \Delta L \cdot \left(\sum_{i=0}^{21} y_i - \frac{y_0 + y_{21}}{2} \right), \tag{8.7}$$

где ΔL – длина теоретической шпации, м. $\Delta L = L_{pp}/20$;

y_i – ордината КВЛ на i-м шпангоуте, м;

y_o – ордината КВЛ на нулевом шпангоуте, м;

y_{21} – ордината КВЛ на 21-м шпангоуте, м, $y_{21} = 0$.

Следует иметь в виду, что «переход» ГВЛ в корму за 20-й шпангоут нужно учитывать при замере ординат и соответственно расчете площади ГВЛ. В приближенном расчете, выполняемом по правилу трапеций (8.7), нужно использовать исправленное значение ординаты y'_{20}, равное значению между y_{20} и y_{21}, усредненному по правилу эквивалентных площадей (рис. 8.2).

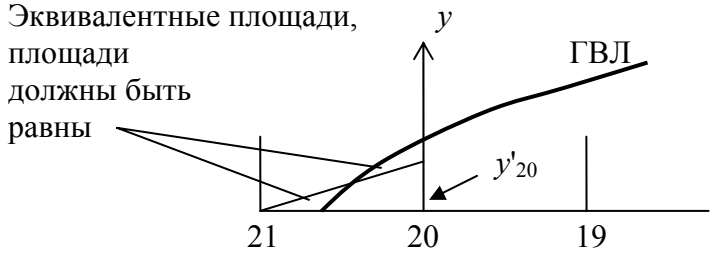


Рис. 8.2. Правило определения ординаты y'_{20}

5) Выполнить проверочный расчет коэффициента полноты построенной ГВЛ и сравнить его с заданным:

$$\alpha = \frac{S}{L \cdot B}. \tag{8.8}$$

Разница между вычисленным по (8.8) значением α и приведенным в пособии [3] не должна выходить за пределы третьего знака или за 1-2 %.

Задание 1.2. Расчет числа тонн на сантиметр осадки

Число тонн на сантиметр осадки является одним из параметров плавучести судна. Число тонн на сантиметр осадки используют в грузовых операциях для определения количества груза, которое принято на судно.

Расчет числа тонн на сантиметр осадки g следует выполнить по формуле

$$g = 0{,}01\ \rho \cdot S, \tag{8.9}$$

где ρ – плотность морской воды, для тихоокеанского бассейна ρ = 1,025 т/м³;

S – площадь ГВЛ, м².

Величина, полученная по (8.9), используется тальманами в грузовых работах, а также командованием судна для различных расчетов.

Задание 1.3. Остойчивость судна на больших наклонениях

Построить диаграмму статической остойчивости (диаграмму Э. Рида), характеризующую остойчивость судна на больших наклонениях. Диаграмма является графическим представлением зависимости плеча восстанавливающего момента или восстанавливающего момента от угла крена.

Плечо восстанавливающего момента статической остойчивости ℓ_Θ определяется общей формулой

$$\ell_\Theta = y \cos\Theta + z \sin\Theta - a \sin\Theta, \tag{8.10}$$

где y, z – координаты центра величины (ЦВ), м;

a – возвышение центра тяжести (ЦТ) над ЦВ, т.е. $a = z_g - z_{co}$, м;

Θ – угол крена, град;

z_g – ордината центра масс (тяжести), м;

z_{co}– ордината центра величины при $\Theta = 0$, м.

С учетом перемещения ЦВ при наклонениях судна плечо статической остойчивости формы, т.е. $y \cos\Theta + z \sin\Theta$, представляет собой:

$$\ell_ф = \int_0^\Theta r_\varphi \cos(\Theta - \varphi) d\varphi, \tag{8.11}$$

где r_φ – метацентрический радиус судна, накрененного на угол φ, равный I_φ/V, где I_φ – момент инерции площади наклоненной ватерлинии относительно ее центральной оси.

Учитывая сложности вычисления интеграла, диаграмму статической остойчивости можно построить, применяя приближенные способы, в частности формулу В. Г. Власова, в которой используются функции С. Н. Благовещенского:

$$\ell_{ф} = y_{90} \cdot f_1(\Theta) + (z_{90} - z_c) \cdot f_2(\Theta) + r_o \cdot f_3(\Theta) + r_{90} \cdot f_4(\Theta), \qquad (8.12)$$

где y_{90}, z_{90} – координаты ЦВ при наклонении судна на 90º, м;

r_0, r_{90} – метацентрические радиусы в прямом положении судна и при крене 90º, м;

z_c – апликата ЦВ в прямом положении судна, м;

$f_1(\Theta)$, $f_2(\Theta)$, $f_3(\Theta)$, $f_4(\Theta)$ – функции С. Н. Благовещенского (табл. 8.3).

y_{90}, z_{90}, r_o, r_{90} – значения величин вычисляют по формулам А. Б. Знаменского (прил. 2).

Таблица 8.3

Функции С. Н. Благовещенского к формуле В. Г. Власова

Градусы крена, Θ	$f_1(\Theta)$	$f_2(\Theta)$	$f_3(\Theta)$	$f_4(\Theta)$
0	0	0	0	0
10	0,050	– 0,036	0,151	0,110
20	0,387	– 0,241	0,184	0,062
30	0,840	– 0,556	0,081	0,135
40	1,279	– 0,722	– 0,069	0,155
50	1,365	– 0,513	– 0,155	0,069
60	1,056	0,026	– 0,135	– 0,081
70	0,583	0,603	– 0,062	– 0,184
80	0,210	0,935	– 0,010	– 0,151
90	0	1,000	0	0

Задание следует выполнять в нижеприведенной последовательности:

1) Вычислить плечи статической остойчивости. Вычисление целесообразно выполнять в табличной форме (табл. 8.4), используя формулы А. Б. Знаменского (см. прил. 2).

2) После вычисления плеч статической остойчивости (8.10) – (8.12) построить диаграмму статической остойчивости (диаграмму Э. Рида). Для удобства и простоты ее построения можно воспользоваться листом миллиметровой бумаги формата А4 в альбомном формате.

3) По диаграмме статической остойчивости графическим способом вычислить начальную метацентрическую высоту. Для этого на оси абсцисс в масштабе Θ отложить отрезок 0*A*, равный 1 радиану, и восстановить из этой точки перпендикуляр. Радиан (*radius* – лат. радиус) – центральный угол, соответствующий дуге, длина которой равна радиусу. 1 радиан ≈ ≈ 57º17"45'.

Затем провести касательную к диаграмме из точки 0. Отрезок на перпендикуляре, ограниченный точкой *A* и точкой пересечения перпендикуляра с касательной, равен начальной метацентрической высоте *h*.

Таблица 8.4

Вычисление плеч формы остойчивости
по приближенной формуле В. Г. Власова

Θ, град.	$y_{90} \cdot f_1(\Theta)$	$(z_{90} - z_c) \cdot f_1(\Theta)$	$r_o \cdot f_3(\Theta)$	$r_{90} \cdot f_4(\Theta)$	$\ell_ф = (2) + (3) + (4) + (5)$	$\ell = (6) - a \sin \Theta$
0						
10						
20						
…						
90						
Примечание – *a* – превышение центра масс над центром величины						

4) Проверить остойчивость судна на соответствие требованиям Правил Морского Регистра. В соответствие с Правилами Морского Регистра диаграмма статической остойчивости судна должна иметь:

– максимальное плечо остойчивости > 0,25 м для судов $L \geq 105$ м и > 0,20 м для судов $L < 105$ м при крене $\Theta \geq 30°$. Для промежуточных значений *L* величина плеча определяется линейной интерполяцией;

– закат диаграммы при $\Theta \geq 60^\circ$.

Задание 1.4. Расчет буксировочной мощности судна

Далее в курсовом проекте будет необходимо определить характеристики, определяющие ходкость судна. Для этого рассчитать буксировочную мощность, мощность на гребном валу и подобрать главный двигатель.

Краткие сведения о ходкости судна

Ходкость судна – способность судна поддерживать заданную скорость при наименьшей затрате мощности. Скорость судна является важной эксплуатационной характеристикой, определяющей время перевозки груза. На поддержание судном заданной скорости требуется затрачивать мощность и соответственно топливо для двигателя. Чтобы обеспечить экономически эффективную перевозку, необходимо оптимальное и экономически обоснованное соотношение между скоростью судна и затратами на обеспечение этой скорости.

Ходкость определяется сопротивлением движению судна, которое обусловлено в основном физическими свойствами воды. Сопротивлением *R* движению судна называют проекцию результирующей давления и каса-

тельных напряжений трения, действующих вдоль его смоченной поверхности, на направление движения.

Величина сил сопротивления зависит от главных размерений судна, формы его обводов корпуса, характера и состояния обшивки, его посадки (дифферента и крена), скорости и режима движения, а также физических характеристик воды. Кроме того, на сопротивление существенное влияние оказывают морское волнение, ветер, ограничение глубины и ширины фарватера и наличие ускорения, с которым движется судно. При изучении сопротивления воды движению судна принимают, что его составляющие действуют независимо друг от друга. Величина сопротивления движению судна представляет собой:

$$R = \int_{\Omega} [\tau \cos(\tau_o, \upsilon) + p \cos(p, \upsilon)] d\Omega, \qquad (8.13)$$

где τ – касательные напряжения сил трения в данной точке смоченной поверхности корпуса судна;

υ – скорость движения судна;

p – гидростатическое давление;

Ω – площадь смоченной поверхности судна.

Выражение $\int \tau \cos(\tau_o, \upsilon) d\Omega$ в (8.13) представляет собой сопротивление трения, а выражение $\int p \cos(p, \upsilon) d\Omega$ является сопротивлением формы и волновым сопротивлением. К сопротивлению воды движению судна еще добавляется сопротивление воздуха $R_{возд}$.

Таким образом, полное сопротивление движению судна можно представить в виде:

$$R = R_т + R_ф + R_в + R_{возд}, \qquad (8.14)$$

где $R_т$ – сопротивление трения;

$R_ф$ – сопротивление формы;

$R_в$ – волновое сопротивление;

$R_{возд}$ – воздушное сопротивление.

Условия эксплуатации судна оказывают свое влияние на сопротивление движению.

Во-первых, на сопротивление движению влияет малая глубина (мелководье). Это связано с возрастанием местных скоростей обтекания корпуса судна вследствие влияния дна водоема. При относительных глубинах $H/T > 3{,}0\text{-}4{,}0$, где H – глубина воды; T – осадка судна, это влияние незначительно. При уменьшении H/T до 1,5-2,0 составляющие сопротивления, определяемые вязкими свойствами жидкости ($R_т$ – сопротивление трения; $R_ф$ – сопротивление формы), могут увеличиваться на 10-15 % по сравнению со значениями на глубине. Наибольшее изменение при движении на

мелководье претерпевает волновое сопротивление вследствие увеличения длины образующейся волны. При скорости $v = (0{,}3\text{-}0{,}4)\sqrt{gH}$ носовые волны сливаются с поперечными, образуя общую поперечную волну, расположенную у форштевня.

Во-вторых, при движении судна в мелководном канале возникают не только те же явления, что и при его движении на мелководье неограниченной ширины. Вследствие ограничения фарватера стенками канала увеличение сопротивления движению судна проявляется при меньших скоростях, чем на мелководье неограниченной ширины. Волнообразование очень интенсивно, поэтому в каналах ограничивают скорость движения судов.

В-третьих, при плавании в условиях ветрового волнения (шторм, зыбь) скорость движения судна уменьшается. Наибольшее снижение скорости происходит на встречной волне, а также на острых курсовых углах (0-30°) по отношению к направлению движения волн. Судно испытывает сильную килевую качку и удары волн, носовая оконечность заливается. Характеристики продольной качки достигают наибольших значений в области резонансных частот, которые наблюдаются при соотношении длины волн и корпуса судна $\lambda/L = (0{,}9\text{-}1{,}2)$.

В-четвертых, вследствие коррозии и обрастания наружной поверхности обшивки судна увеличивается сопротивление трения. Если не применяют необрастающие краски, то сопротивление трения увеличивается после докования на 0,2-0,5 % за сутки.

Для определения с требуемой точностью величины сопротивления воды движению судна проводят буксировочные испытания его модели в опытовых бассейнах. Буксировочная мощность *EPS* (кВт), необходимая для движения судна со скоростью υ, определяется как:

$$EPS = R\,\upsilon,$$

где R – полное сопротивление движению судна (8.14), кН;

υ – скорость движения судна, м/с.

Совершенство гидродинамического комплекса «движитель-корпус судна» характеризуют пропульсивным коэффициентом η, который определяется как отношение полезной мощности к потребляемой:

$$\eta = \frac{EPS}{N_p},$$

где *EPS* – буксировочная мощность, кВт;

N_p – мощность, потребляемая движителем, кВт.

На первоначальных стадиях проектирования судна, когда нет возможности провести модельные испытания, дающие наиболее точные данные о сопротивлении движению, используют различные приближенные методы расчета сопротивления воды движению судна.

Для водоизмещающих судов расчет буксировочной мощности можно выполнить по методу Э.Э. Папмеля, который основан на использовании коэффициента C_o, связанного с адмиралтейским коэффициентом. Применение этого метода дает достаточно точный результат. Буксировочную мощность *EPS* определяют как:

$$EPS = \frac{D}{L} \cdot \frac{v^3}{C_0},$$

где D – водоизмещение судна, т;

L – длина судна по ГВЛ, м;

v – скорость судна, уз;

C_o – коэффициент, который рассчитывается как:

$$C_o = \frac{C_1 \cdot \lambda_1}{x_1 \cdot \sqrt{\psi_1}},$$

где ψ_1 – коэффициент, характеризующий форму корпуса, его величина:

$$\psi_1 = 10\frac{B}{L} \cdot \delta; \qquad (8.15)$$

x_1 – поправочный коэффициент, учитывающий влияние выступающих частей корпуса, его величина зависит от числа гребных валов (табл. 8.5);

λ_1 – множитель, учитывающий влияние длины судна L, определяется как:

$$\lambda_1 = 0{,}7 + 0{,}03\sqrt{L}. \qquad (8.16)$$

C_1 – коэффициент, который определяется по диаграмме Э. Э. Папмеля (прил. 1) в зависимости от коэффициента ψ_1 и относительной скорости:

$$\upsilon_1 = \upsilon \cdot \sqrt{\frac{\psi_1}{L}},$$

где υ – скорость судна, уз.

Таблица 8.5

Поправочный коэффициент, учитывающий влияние выступающих частей

Число валов	1	2	3	4
Значение x_1	1,00	1,05	1,075	1,10

Множитель λ_1 (8.16) учитывается только для судов, имеющих $L<100$ м, а для судов, имеющих $L \geq 100$ м, он равен единице.

Диаграмма Э. Э. Папмеля получена на основании обработки результатов модельных и натурных испытаний. Она дает достаточно надежные результаты для морских транспортных судов всех типов с соотношениями: B/T = 1,5-3,5, L/B = 4-11, δ = 0,35-0,8. Шероховатость наружной поверхности обшивки судна учтена в значениях коэффициента C_1.

Расчет буксировочной мощности нужно выполнять в следующей последовательности:

1) Определить расчетные коэффициенты и множители (8.15), (8.16):

$\psi_1 = 10\dfrac{B}{L}\cdot\delta$, $\sqrt{\psi_1}$, $\lambda_1 = 0{,}7 + 0{,}03\sqrt{L}$, x_1 из табл. 8.15.

2) Определить по диаграмме Э.Э. Папмеля (см. прил. 1) значение коэффициента C_1 в зависимости от значения ψ_1 и относительной скорости υ_1, причем $\upsilon_1 = \upsilon \cdot \sqrt{\dfrac{\psi_1}{L}}$, где υ – скорость судна, уз, из [3].

3) Рассчитать значение коэффициента C_o:

$$C_o = \frac{C_1 \cdot \lambda_1}{x_1 \cdot \sqrt{\psi_1}},$$

4) Вычислить буксировочную мощность *EPS*:

$$EPS = \frac{D}{L}\cdot\frac{v^3}{C_0}. \qquad (8.17)$$

Задание 1.5. **Мощность на валу и выбор главного двигателя**

1) Рассчитать мощность на валу (мощность двигателя) N_e, необходимую для обеспечения заданной скорости:

$$N_e = \frac{EPS'}{\eta \cdot \eta_в \cdot \eta_п}, \qquad (8.17а)$$

где EPS' – уточненная буксировочная мощность, л.с. $EPS' = k_п \cdot EPS$. Для расчета величину *EPS* взять из (8.17). Для гарантированного обеспечения заданной скорости *EPS* увеличивают, чтобы создать запас мощности, т.к. при эксплуатации часть мощности затрачивается на удержание судна на курсе, преодоление волнения моря, чрезмерного обрастания и пр. Для судов, имеющих DW < 3000 т, $k_п$ = 1,35; для судов с DW = 3000-7000 т $k_п$ = 1,3; для DW > 7000 т $k_п$ = 1,25;

$\eta_в$ – КПД валопровода, обычно $\eta_в$ = 0,98;

η_n – КПД передачи (редуктора, электропривода), КПД редуктора ≈ 0,98. При прямой передаче мощности на движитель $\eta_n = 1$;

η – пропульсивный коэффициент, учитывающий потери в движителе и его взаимодействие с корпусом судна:

$$\eta = \eta_р \cdot \eta_к,$$

где $\eta_р$ – КПД гребного винта, он определяется по диаграммам расчета гребных винтов на основании диаметра винта, скорости судна, сопротивления корпуса судна, числа оборотов гребного винта, глубины погружения оси винта, коэффициента попутного потока и коэффициента засасывания. Величина $\eta_р$ колеблется в широких пределах от 0,4 до 0,74. Для расчета N_e в курсовом проекте значение $\eta_р$ следует определить по приближенной формуле (прил. 4);

$\eta_к$ – конструктивный КПД или коэффициент влияния корпуса судна, он равен $\eta_к = \dfrac{1-\omega}{1-t}$, где ω – коэффициент попутного потока, $\omega = 0{,}5\delta - 0{,}05$;

t – коэффициент засасывания, $t = 0{,}8\ \omega$.

2) Выбор двигателя.

Главный двигатель судовой энергетической установки выбрать по таблицам раздела 3 пособия «Систематизированные материалы…» [3] и значению N_e.

При выборе главного двигателя следует учитывать, что на средних и крупных судах устанавливают малооборотные дизели, чтобы избежать установки редукторов. Рассчитанная по (8.17а) мощность N_e является эксплуатационной, поэтому номинальную мощность дизеля для обеспечения большего моторесурса целесообразно принять на 6-8 % больше. При выборе двигателя учитывают также массогабаритные характеристики дизеля, его удельный расход топлива.

Задание 1.6. Грузовое устройство

По заданной грузоподъемности грузовой стрелы (см. прил. 6) необходимо рассчитать усилие сжатия стрелы, определить сортамент и марку материала.

Краткие сведения

Грузовое устройство судна предназначено для выполнения грузовых работ средствами судна у причала или на рейде. Оно может быть снабжено грузовыми стрелами или грузовыми кранами. Обычно грузовые стрелы используются в работе одиночно и спарено.

Сжатие стрелы грузового устройства судна под нагрузкой вследствие неизбежной кривизны оси, эксцентричности приложенной нагрузки и

неоднородности материала сопровождается появлением изгиба в плоскости наименьшей жесткости стрелы как стержня. При достижении сжимающей силой некой величины, определенной для данного стержня, его деформации, бывшие до этого малыми, начинают сильно возрастать. При незначительном дальнейшем увеличении сжимающей силы стержень (грузовая стрела) разрушится.

Силу, вызывающую в сжимаемом ею стержне заметные деформации и весьма близкую к силе, которая разрушает стержень, называют критической или эйлеровой нагрузкой по имени российского академика Л. Эйлера (1707-1783 гг.). Формулы выведены им в предположении, что материал стержня следует при потере устойчивости закону Гука (деформации в стержне ниже предела упругости). Эйлерову нагрузку, отнесенную к единице площади поперечного сечения стержня, называют эйлеровым напряжением.

Учитывая, что концы грузовой стрелы (стержня) могут свободно сближаться, то с точки зрения допускаемых напряжений эйлерово напряжение можно рассматривать как временное сопротивление. При этом принимают для грузовой стрелы те же коэффициенты безопасности, что и для других частей сооружения.

Правила Морского Регистра, раздел 4 «Судовые грузовые стрелы грузоподъемных устройств морских судов», устанавливают нормы расчета:

1) Собственный вес необходимо учитывать, если масса грузовой стрелы 20 % и более от ее грузоподъемности.

2) Для легкой стрелы (грузоподъемность < 10 т) расчетные усилия должны быть определены при ее положении под углом $\alpha = 15^{\circ}$ к горизонту, а для тяжелой стрелы (грузоподъемность ≥ 10 т) – $\alpha = 25^{\circ}$ к горизонту.

3) Под действием расчетных нагрузок напряжения в металлоконструкциях не должны превышать, указанных в табл. 8.6.

4) Угол разворота стрелы относительно диаметральной плоскости судна должен быть $\beta \leq 75°$.

Таблица 8.6

Запас прочности грузовых стрел

Грузоподъемность стрелы, т	Допускаемые напряжения $\sigma/\sigma_т$	Запас прочности $k_{зп} = \sigma_т/\sigma$	Коэффициент динамичности $\psi_н = 1{,}7\sigma_т/\sigma$	Мах. скорость подъема, м/с
5 и меньше	0,40	2,50	1,75	1,00
10	0,42	2,38	1,67	0,89
15	0,44	2,27	1,59	0,78
20	0,46	2,18	1,52	0,69
Примечание – σ – действующие (эйлеровые) напряжения сжатия, кгс/см^2; $\sigma_т$ – предел текучести материала стрелы, кгс/см^2				

Расчет грузовой стрелы целесообразно выполнять в следующей последовательности:

1) Длина грузовой стрелы.

Длина стрелы сухогруза должна обеспечивать возможность подъема и переноса груза с причальной стенки в люк трюма судна и обратно (см. прил. 6). Длину стрелы нужно определять исходя из того, что грузовая единица наибольшей ширины, равной ширине грузового люка b, должна лечь на причал без свисания за кордон над водой. При этом судно отстоит от кордона на ширину k швартовых кранцев, а ось вертлюга шпора стрелы отстоит от оси мачты на c в сторону борта.

У танкеров, грузовые устройства которых служат для перемещения грузовых шлангов, расстояние от кордона до центра тяжести опускаемого на причал груза должно обеспечить безопасные условия строповки шланга, поэтому вместо $b/2$ в расчет следует взять 3,0 м.

Учитывая требования Правил Морского Регистра и условия грузовых операций, длина стрелы l_c, м:

$$l_c = \left(\frac{B}{2} + \frac{b}{2} + k - c \right) \cos\alpha \cdot \sin\beta , \qquad (8.18)$$

где B – ширина судна, взять из пособия [3], м;

b – для сухогрузов взять из пособия [3], м, для танкеров $b/2$ = 3 м;

k – ширина кранцев между корпусом и причалом, принять $k \approx 0{,}75$ м;

c – отстояние оси вертлюга шпора от оси мачты, принять для сухогрузов $c \approx$ 0-0,5 м, для танкеров от ДП $c \approx 0{,}25B$, м.

Для справки: cos15° = 0,966, cos25° = 0,899, sin75° = 0,966.

2) Определение расчетной нагрузки.

Расчетную нагрузку $P_э$, сжимающую грузовую стрелу, определяют исходя из грузоподъемности стрелы P. Для сухогрузов следует взять P = 10 тс, а для танкеров принять P = 3,0 тс.

Вначале нужно по указанной грузоподъемности определить усилие сжатия грузовой стрелы $P'_э$ построением параллелограмма сил с углом наклона стрелы к горизонту 15° или 25°. Расстояние от точки крепления шпора стрелы до точки крепления ее топенанта следует принять (1,2-1,3)l_c. Этот геометрический расчет с указанием выбранного линейного масштаба и масштаба сил должен быть приведен в курсовом проекте на листе формата А4.

Затем по величине $P'_э$ следует вычислить расчетную нагрузку стрелы $P_э$, учитывая запас прочности и коэффициент динамичности (см. табл. 8.6):

$$P_э = k_{зп}\, \psi_н\ P_э^{'}, \tag{8.19}$$

где $k_{зп}$ – запас прочности (см. табл. 8.6);

$\psi_н$ – коэффициент динамичности (см. табл. 8.6);

$P_э^{'}$ – усилие сжатия грузовой стрелы, кгс.

3) Момент инерции сечения грузовой стрелы.

Формула Л. Эйлера для стержня, нагруженного сжимающей вдоль оси силой $P_э$, кгс, и имеющего свободные концы:

$$P_э = \frac{EJ\pi^2}{l_c^2}, \tag{8.20}$$

где E – предел упругости (модуль Юнга), кгс/см². Для всех марок стали модуль Юнга $E = 2{,}15 \cdot 10^6$ кгс/см²;

J – момент инерции сечения, см^4;

l_c – длина стержня (грузовой стрелы) (8.18), см.

После преобразования (8.20) момент инерции сечения J, см^4:

$$J = \frac{P_э \cdot l^2}{E \cdot \pi^2}.$$

4) Выбор сортамента и уточнение коэффициента запаса прочности.

После расчета момента инерции грузовой стрелы необходимо подобрать для нее сортамент трубы, используя прил. 3. При этом должно быть обеспечено соотношение:

$$J_с \geq J, \tag{8.21}$$

где $J_с$ – момент инерции сечения трубы, изготавливаемой по стандарту. Его следует рассчитать с учетом точности изготовления трубы (см. прил. 3) по формуле

$$J_с = \frac{\pi}{64}\left(D^4 - d^4\right),$$

где D – наружный диаметр трубы с учетом точности изготовления, см;

d – внутренний диаметр трубы с учетом точности изготовления, см.

При подборе сортамента сечения грузовой стрелы, обеспечивая требование (8.21), можно для сокращения трудоемкости расчетов воспользоваться прикладным пакетом программ *MahtCad*, имеющейся версии.

После выбора сортамента необходимо уточнить запас прочности, используя (8.19) и оставляя неизменным коэффициент динамичности $\psi_н$.

Затем записать обозначение трубы по стандарту и определить количество труб для изготовления двух грузовых стрел, используя прил. 6. Выбранную для изготовления стрелы марку стали необходимо обосновать.

2 Железнодорожный транспорт

Задание 2.1. Масса грузового железнодорожного состава

По правилам тяговых расчётов, действующим на железнодорожном транспорте России, масса грузового состава рассчитывается при заданном типе локомотива по нескольким критериям. Известны технические характеристики грузового локомотива, предназначенного для движения формируемого состава.

Требуется рассчитать массу формируемого грузового состава Q по критерию руководящего (наиболее крутого) подъема на пути.

Исходные данные

В формируемом грузовом составе, который планируется вести локомотивом с тягой F_k по пути с руководящим подъемом i_p, a_4 часть вагонов должна быть 4-осными, а a_8 часть – 8-осными. Значения исходных данных приведены в табл. 8.7.

Таблица 8.7

Варианты задания 2.1

Варианты / Исходные данные	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
*Вариант выбрать по **последней** цифре номера зачетной книжки*										
i_p, ‰	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7
l_{no}, м	900	920	930	940	950	900	920	930	940	950
*Вариант выбрать по **предпоследней** цифре номера зачетной книжки*										
a_4	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70
a_8	0,48	0,46	0,44	0,42	0,40	0,38	0,36	0,34	0,32	0,30
*Вариант выбрать по **последней** цифре номера зачетной книжки*										
Тепловоз	2ТЭ25А		2ТЭ116		2ТЭ25К		2ТЭ10М		2ТЭ10Л	
$l_л$, м	40,0		36,3		40,0		34,0		34,0	
F_k, кН	79600		56000		61200		49920		52000	
v_c, км/ч	18,5		24,7		24,0		24,6		24,0	
$P_л$, т	288		276		288		276		260	

Методика выполнения задания

1) Расчет основного удельного сопротивления ω_o' движению локомотива в режиме тяги по эмпирической зависимости, Н/кН:

$$\omega_o' = 1{,}9 + 0{,}008v + 0{,}00025v_c^2,$$

где v_c – скорость движения поезда, км/ч.

2) Расчет основного удельного сопротивления ω_o'' движению гружёных вагонов, Н/кН:

$$\omega_o'' = \omega_{04}'' a_4 + \omega_{08}'' a_8,$$

где a_4 – весовая доля 4-осных вагонов в грузовом составе;

a_8 – весовая доля 8-осных вагонов в грузовом составе;

ω_{04}'' – удельное сопротивление движению 4-осного вагона;

ω_{08}'' – удельное сопротивление движению 8-осного вагона.

Удельное сопротивление для 4- и 8-осного вагона рассчитывается по эмпирическим формулам:

$$\omega_{04}'' = 0{,}7 + \frac{8 + 0{,}08v_c + 0{,}002v_c^2}{q_{04}}, \quad \omega_{08}'' = 0{,}7 + \frac{6 + 0{,}026v_c + 0{,}0017v_c^2}{q_{08}},$$

где q_{04} – удельная нагрузка на ось, $q_{04} = \frac{q_{04}^{бр}}{4}$, т/ось;

q_{08} – удельная нагрузка на ось, $q_{08} = \frac{q_{08}^{бр}}{8}$, т/ось;

$q_{04}^{бр}$ – средняя масса брутто 4-осных вагонов, принять $q_{04}^{бр} = 78$ т;

$q_{08}^{бр}$ – средняя масса брутто 8-осных вагонов, принять $q_{08}^{бр} = 118$ т;

v_c – скорость движения, км/ч.

3) Масса грузового состава Q, по критерию руководящего подъема, т:

$$Q = \frac{F_k - P_л\left(\omega_o' + i_p\right)}{\omega_o'' + i_p},$$

где F_k – тяга локомотива, Н;

$P_л$ – масса локомотива, т;

i_p – руководящий (затяжной с наибольшим уклоном) подъём, ‰;

ω_o' – основное удельное сопротивление движению локомотива, Н/кН;

ω_o'' – основное удельное сопротивление движению гружёных вагонов, Н/кН.

Полученную расчетную величину следует округлить с точностью до 50 т.

Задание 2.2. Проверка массы состава по длине путей

Проверить по длине приемо-отправочных путей l_{no} длину поезда l_n, рассчитанную по тяге локомотива.

Исходные данные

В составе поезда находятся вагоны двух типов: 4-осные и 8-осные. Остальные необходимые для расчета данные взять из задания 2.1.

Методика выполнения задания

1) Количество однотипных вагонов в составе n_j:

$$n_j = \frac{Q \cdot a_j}{g_j^{бр}},$$

где a_j – весовая доля в составе вагонов j-го типа;

$q_j^{бр}$ – средняя масса брутто вагонов j-го типа, принять $q_{04}^{бр} = 78$ т, $q_{08}^{бр} = 118$ т.

Расчет выполнить для 4- и 8-осных вагонов. Полученные дробные величины следует округлить в большую сторону до целого числа.

2) Длина состава l_{co}, м:

$$l_{co} = n_{04}\, l_{04} + n_{08}\, l_{08},$$

где l_{04} – длина 4-осного вагона, м, принять $l_{04} = 14$ м;

l_{08} – длина 8-осного вагона, м, принять $l_{08} = 20$ м;

n_{04} – количество 4-осных вагонов в составе;

n_{08} – количество 8-осных вагонов в составе.

3) Расчет длины поезда l_n, м:

$$l_n = l_{co} + m_л\, l_л + \Delta l_n,$$

где l_{co} – длина состава, м;

$m_л$ – количество локомотивов в поезде;

$l_л$ – длина локомотива, м;

Δl_n – допуск на неточность установки поезда, $\Delta l_n = 10$ м.

Должно выполняться уравнение ограничений $l_n \le l_{no}$, указывающее, что длина поезда должна быть с учетом неточности его установки меньше, чем длина приемо-отправочных путей раздельных пунктов на пути следования поезда.

3 Автомобильный транспорт

Задание 3.1. Тяга автомобиля и мощность его двигателя

Рассчитать касательную силу тяги $P_к$ и мощность $N_к$, подводимую к ведущим колесам автомобиля, двигающегося по горизонтальной дороге.

Исходные данные

Максимальный крутящий момент двигателя M_e при частоте вращения коленчатого вала n_e передаточное число главной передачи i_o = 6,45, КПД трансмиссии $\eta_{тр}$ = 0,85, диаметр обода колеса d = 0,508 м, ширина профиля колеса b = 0,260 м. Значения M_e и n_e взять из табл. 8.8.

Таблица 8.8

Варианты задания 3.1

Варианты / Исходные данные	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
*Вариант выбрать по **последней** цифре номера зачетной книжки*										
M_e, Нм	450	455	460	465	470	452	454	458	460	462
Передача*	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
*Вариант выбрать по **предпоследней** цифре номера зачетной книжки*										
n_e, об/мин	1450	1460	1470	1480	1490	2000	2050	2060	2070	2080
* для третьей передачи коробки перемены передач $i_к$ = 1,69, для четвертой (прямой) $i_к$ = 1,00										

Методика выполнения задания

1) Максимальный крутящий момент $M_к$, подводимый к ведущим колесам автомобиля, Нм:

$$M_к = kM_e\, i_к\, i_o\, \eta_{тр},$$

где k – коэффициент запаса, учитывающий неточности расчета, принять k = 1,07;

M_e – максимальный крутящий момент на коленчатом вале двигателя, Нм;

$i_к$ – передаточное число коробки перемены передач;

i_o – главное передаточное число;

$\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии.

2) Радиус $r_к$ качения колеса, м:

$$r_к = 0{,}5d + b,$$

где d – диаметр обода колеса, м;
b – ширина профиля колеса, м.

3) Касательная тяга $P_к$, развиваемая на ведущих колесах, Н:

$$P_к = \frac{M_к}{r_к}.$$

4) Частота вращения $n_к$ колес при максимальном крутящем моменте, об/мин:

$$n_к = \frac{n_e}{i_к i_o}.$$

5) Скорость v_a движения автомобиля, м/с:

$$v_a = \frac{n_к S}{60},$$

где S – длина окружности колеса, м, $S = 2\pi r_к$.

6) Мощность $N_к$, подводимая к ведущим колесам, кВт:

$$N_к = \frac{P_к v_a}{1000}.$$

Задание 3.2. Путевой расход топлива автомобилем

Рассчитать путевой расход топлива G_s автомобиля с грузом $P_г$, имеющим удельный погрузочный объем u, двигающегося со скоростью v_a.

Исходные данные

Собственный вес автомобиля МАЗ 630305 составляет P_a = 118 кН, грузоподъемность $P_г$ = 12,7 т, коэффициент обтекаемости W = 0,72, КПД трансмиссии $\eta_{тр}$ = 0,9, удельный расход топлива $\gamma_д$ = 205 г/кВт·ч. Объем грузового отсека 43,5 м^3. Автомобиль загружен на A % с коэффициентом укладки $K_г$. Остальные исходные данные приведены в табл. 8.9.

Таблица 8.9

Варианты задания 3.2

Варианты / Исходные данные	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
*Вариант выбрать по **последней** цифре номера зачетной книжки*										
u, м^3/т	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29
$K_г$	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95
*Вариант выбрать по **предпоследней** цифре номера зачетной книжки*										
v_a, км/ч	50	60	70	80	90	45	55	65	75	85
A, %	20	22	24	26	28	31	33	35	37	39

Методика выполнения задания

1) Вес перевозимого груза $G_г$ и проверка по грузоподъемности, кН:

$$G_г = \frac{V_o K_г}{100u} \cdot A \cdot g,$$

где V_o – объем грузового отсека автомобиля, м^3;

$K_г$ – коэффициентом укладки;

u – удельный погрузочный объем груза, м^3/т;

A – загрузка, %;

g – ускорение силы тяжести.

Для возможности перевозки должно выполняться условие $G_г \le P_г$.

2) Вес груженого автомобиля G_a, кН:

$$G_a = P_a + G_г,$$

где P_a – собственный вес снаряженного автомобиля с водителем, кН.

3) Расчет мощности $N_к$, подводимой к ведущим колесам, кВт:

$$N_к = v_a\left(P_\psi + P_w\right) = v_a\left(G_a\psi + Wv_a^2\right),$$

где v_a – скорость движения автомобиля, м/с;

P_ψ – сила сопротивления дороги, Н;

P_w – сила сопротивления воздуха, Н;

G_a – вес груженого автомобиля, Н;

W – коэффициент обтекаемости, с^2/м^2;

ψ – коэффициент сопротивления дорожного покрытия, $\psi = 0{,}081$.

4) Путевой расход топлива G_s, л/100 км:

$$G_s = \frac{g_e N_к}{36 v_a \rho_T \eta_{TP}},$$

где g_e – удельный расход топлива, г/кВт ч;

ρ_T – плотность топлива, кг/л, $\rho_T = 0{,}82$ кг/л;

η_{TP} – КПД трансмиссии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Производитель и потребитель продукции практически всегда разобщены в пространстве, поэтому транспорт является необходимой компонентой производства и экономики в целом. Чтобы произведенные товары были доставлены потребителям, их необходимо перевезти, для чего используются различные виды транспорта, образующие транспортную инфраструктуру.

Перемещение товаров является продукцией транспорта, которая невещественна, но материальна по своему содержанию. Грузоотправитель приобретает и оплачивает продукцию транспорта, которая выступает как товар.

В этой связи важно качество продукции транспорта, под которым в соответствие со стандартом понимают совокупность характеристик объекта (процесса перевозки), относящиеся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности. Груз должен быть доставлен грузополучателю в сохранности и вовремя.

Знания принципов устройства транспортных средств, особенностей конструкции их элементов, а также специфики их эксплуатации служат основой для организации эффективных, безопасных и качественных перевозок грузов и пассажиров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная

1. **Фрид, Е. Г.** Устройство судна / Е. Г. Фрид. – Л. : Судостроение, 1990.

2. **Дорогостайский, Д. В.** Теория и устройство судна / Д. В. Дорогостайский [и др.]. – Л. : Судостроение, 1976.

3. **Бронников, А. В.** Систематизированные материалы по судам и судовым энергетическим установкам : учеб. пособие / А. В. Бронников [и др.]. – Л. : ЛКИ, 1980.

4. Железные дороги. Общий курс / под ред. М. М. Филиппова. – М. : Транспорт, 1981.

5. **Пузанков, А. Г.** Автомобили. Устройство автотранспортных средств / А. Г. Пузанков. – М. : Академия. – 2004.

Дополнительная

6. **Андрющенко, Н. С.** Толковый морской словарь. Основные термины: более 6000 слов и словосочетаний / Н. С. Андрющенко. – М. : Астрель, 2006.

7. **Барабанов, Н. В.** Конструкция корпуса морских судов / Н. В. Барабанов. – Л. : Судостроение, 1961.

8. **Благовещенский, С. Н.** Справочник по статике и динамике корабля : Ч. 1 / С. Н. Благовещенский, А. Н. Холодилин. – Л. : Судостроение, 1975.

9. **Николаева, Л. Л.** Морские перевозки / Л. Л. Николаева, Н. Н. Цымбал. – Одесса : Фенікс, 2005.

10. **Овчинников, И. Д.** Транспортная деятельность при освоении ресурсов океана / И. Д. Овчинников. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2009.

11. Правила классификации и постройки морских судов. – СПб. : Российский морской Регистр судоходства, 2008.

12. **Семенов-Тян-Шанский, В. В.** Статика и динамика корабля / В. В. Семенов-Тян-Шанский. – Л. : Судостроение, 1960.

13. Средства транспортировки грузов : справ. – СПб. : Информационный центр «Выбор», 2002.

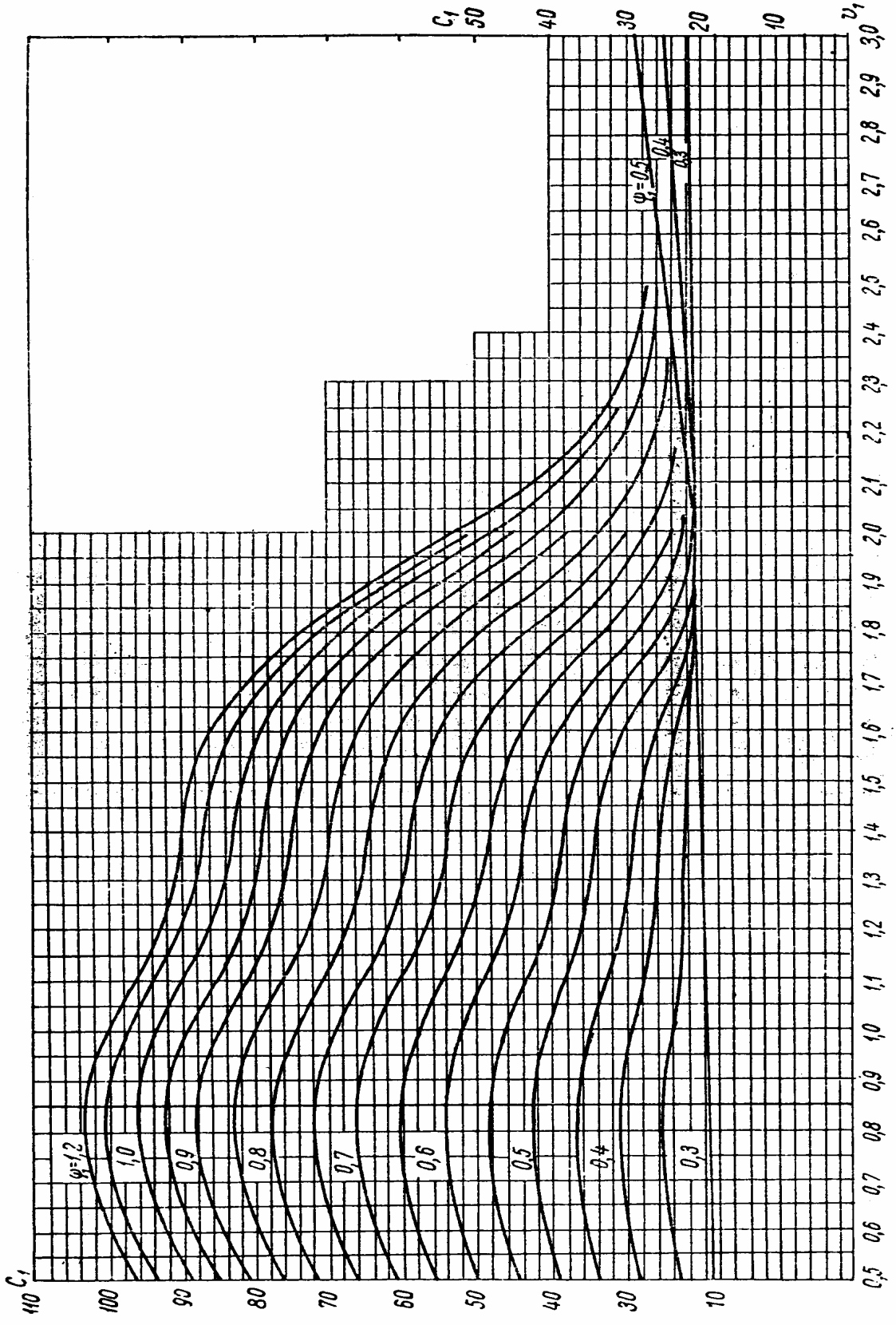
14. Железнодорожный транспорт : учеб. / И. В. Белов [и др.] ; под ред. И. В. Белова. – М. : Транспорт, 1989.

15. Железнодорожный транспорт. – М. : Большая Российская энциклопедия, 1994.

16. **Вахламов, В. К.** Автомобили. Конструкция и элементы расчета / В. К. Вахламов. – М. : Академия, 2006.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ДИАГРАММА Э. ПАПМЕЛЯ



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ФОРМУЛЫ А. Б. ЗНАМЕНСКОГО ДЛЯ РАСЧЕТА ОСТОЙЧИВОСТИ НА БОЛЬШИХ УГЛАХ НАКЛОНЕНИЙ

Для определения параметров y_{90}, z_{90}, r_o, r_{90} в формуле В. Г. Власова используют формулы, предложенные А. Б. Знаменским:

1) Ордината ЦВ y_{90} при наклонении судна на 90º:

$$y_{90} = B \cdot \left[0{,}045 + 0{,}08\alpha\beta + \frac{K}{4}\left(0{,}143\alpha + 0{,}107\right) \right] + \\ + \frac{B_n}{4}\left[K \cdot \left(0{,}143\alpha_n + 0{,}107\right) - 0{,}54\psi_n \frac{\left(K-1\right)^2}{K + 1{,}19} \right],$$

где B – ширина судна, м;

α – коэффициент полноты площади ГВЛ;

β – коэффициент полноты площади мидель шпангоута, его величину следует взять из заданных характеристик судна;

B_n – ширина судна на уровне верхней палубы; для курсового проекта принять $B = B_n$;

α_n – коэффициент полноты площади палубы, принять как у ГВЛ;

ψ_n – коэффициент объемной полноты по верхнюю палубу; для курсового проекта следует принять $\psi_n = 1{,}18\delta$;

K – коэффициент запаса плавучести, $K = \dfrac{H - T}{T}$;

H – высота борта судна, м;

T – осадка судна, м.

2) Аппликата ЦВ z_{90} при наклонении судна на 90º:

$$z_{90} = \zeta_{90} + \frac{1}{2} \cdot z_c,$$

где

$$\zeta_{90} = H_1 \cdot \left[\frac{K}{3} + \frac{\alpha}{12 \cdot \delta}\left(2 - \frac{H_1}{T}\right) + \frac{1-K}{2} \cdot \left(0{,}804 - 0{,}308\gamma_1\right) \right] + \frac{T}{6}\left(K - \frac{\alpha}{2\delta} \right);$$

где H_1 – приведенная высота борта:

$$H_1 = H + 2{,}2\frac{\left(H-T\right)v_c + M_c + \sum z_i v_i}{\left(H-T\right) \cdot \left(S + 2S_n\right)},$$

где v_c – объем корпуса, образованный за счет седловатости, м³; может быть найден по формуле

$$v_c = 0{,}2S_n \cdot [0{,}022 \cdot B_n\,(\alpha_n + 0{,}748) + (f_н + f_к) \cdot (\alpha_n - 0{,}119)];$$

M_c – статический момент объема v_c относительно горизонтальной плоскости, проходящей через нижнюю кромку палубы у мидель шпангоута; M_c может быть найден по формуле

$$M_c = 0{,}03482 \cdot S_n \, (\alpha_n - 0{,}415) \cdot [f^2_н + f^2_к + + 0{,}325 \, (f_н + f_к) \, B_n];$$

v_i, z_i – объемы учитываемых водонепроницаемых надстроек, рубок и возвышения их ЦТ над плоскостью конструктивной ватерлинии;

S – площадь конструктивной ватерлинии, м²; для курсового проекта можно принять S равной площади ГВЛ;

S_n – площадь верхней палубы, м²; для курсового проекта можно принять S, равной 1,12 площади ГВЛ;

$f_н$, $f_к$ – величины подъема верхней палубы в носовой и кормовой оконечностях судна за счет ее седловатости, м; для курсового проекта принять, что судно не имеет седловатости.

γ_1 – коэффициент полноты батокса, отстоящего на 1/8 от ДП. Следует принять $\gamma_1 = 0{,}85$;

$$z_c = T \cdot \left[0{,}713 - 0{,}157\beta \cdot \left(2{,}29 - \frac{\alpha}{\delta} \right) \right].$$

3) Поперечный метацентрический радиус при положении судна без крена:

$$r_o = \frac{B^2}{24T\delta} \left[1{,}55\alpha + 0{,}624\alpha_н \left(1 - l_c + 2\lambda \right) + 0{,}3\left(l_c - \lambda \right) - 0{,}483 \right],$$

где B – ширина судна, м;

δ – коэффициент общей полноты;

α – коэффициент полноты площади ГВЛ;

$\alpha_н$ – коэффициент полноты площади носовой части ГВЛ;

l_c – относительная длина цилиндрической вставки, $l_c = L_{цв}/L$;

λ – относительный сдвиг наибольшего сечения, $\lambda = (L_н - L_к)/2L$;

$L_н$ – длина носовой части до цилиндрической вставки, м;

$L_к$ – длина кормовой части после цилиндрической вставки, м.

4) Поперечный метацентрический радиус при наклонении судна на 90º:

$$r_{90} = 0{,}7 \, (\zeta_{90} - z_c).$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

СОРТАМЕНТ ТРУБ СТАЛЬНЫХ БЕСШОВНЫХ ГОРЯЧЕДЕФОРМИРОВАННЫХ ПО ГОСТ 8732-78

Наружный диаметр, мм	Масса 1 м труб, кг; при толщине стенки, мм								
	4	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
83	7.79	8,71	9,62	10.51	11,39	13,12	14,80	16,43	18,00
89	8,39	8,38	10,36	11,33	12,28	14.16	15,98	17,76	19,48
95	8,98	10,04	11,10	12,14	13,17	15,19	17,16	19,00	20,96
102	9,67	10,82	11,96	13,09	14,21	16.40	18,55	20,64	2269
104	9,86	11,04	12,21	13,36	15,09	16,74	18,94	21,09	2318
108	10,26	11,49	12,70	13,90	15,98	17,44	19,73	21,97	2417
114	10,85	12,15	13,44	14,72	17,02	18,47	20,91	23,31	2565
121	11,54	12,93	14,30	15,67	17,90	19,68	22,29	24,86	2737
127	12,13	13,60	15,04	16,48	18,79	20,72	23,48	26,19	2885
133	12,73	14,26	15,78	17,29	19,83	21,75	24,66	27,52	3033
140	-	15,04	16,65	18,24	20,72	22,96	26,04	29,08	3206
146	-	15,70	17,39	19,06	21,60	24,00	27,23	30,41	3354
152	-	16,37	18,13	19,87	22,64	25,03	28,41	31,74	3502
159	-	17,15	18,99	20,82	23,53	26,24	29,79	33,29	3675
165*	-	-	-	21,63	23,97	27,28	30,97	34,62	3822
168	-	-	-	22,04	25,45	27,79	31,57	35,29	3897
178*	-	-	-	23,40	25,75	29,52	33,54	37,51	4143
180	-	-	-	23,67	27,82	29,87	33,93	37,95	4193
194	-	-	-	25,57	29,15	32,28	36,70	41,06	4538
203	-	-	-	-	31,52	33,84	38,47	43,06	4760
219	-	-	-	-	-	36,60	41,63	46,61	5154
245	-	-	-	-	-	41,09	46,76	52,38	5795
273	-	-	-	-	-	45,92	52,28	58,60	6486
299	-	-	-	-	-	-	57,41	64,37	7127
324*	-	-	-	-	-	-	62,34	69,91	7744
325	-	-	-	-	-	-	62,54	70,14	7768
351	-	-	-	-	-	-	67,67	75,91	8410
356	-	-	-	-	-	-	68,66	77,02	8533
83	19,53	21,01	23,82	26,44	27,67	28,85	-	-	-
89	21,16	22,70	25,90	28,81	30,19	31,52	34,03	36,35	-
95	22,79	24,56	27,97	31,17	32,70	34,18	36,99	39,61	-
102	24,69	26,63	30,38	33,93	35,64	37,29	40,45	43,40	-
104*	25,23	27,23	31,07	34,72	36,47	38,18	41,43	44,49	-
108	26,31	28,41	32,46	36,30	38,15	39,95	43,40	46,66	51,17
114	27,94	30,19	34,53	38,67	40,67	42,62	46,36	49,92	54,87
121	29,84	32,26	36,94	41,63	43.60	45,72	49,82	53,71	59,19
127	31,47	34,03	39,01	43,80	46,12	48,39	52,78	56,97	628,9
133	33,10	35,81	41,09	46,17	48,63	51,05	55,74	60,22	665,8

Продолжение прил. 3

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
140	35,00	37,88	43,50	48,93	51,57	54,16	59,19	64,02	709,0
146	36,62	39,66	45,57	51,30	54,08	56,82	62,15	67,28	746,0
152	38,25	41,43	47,65	53,66	56,60	59,48	65,11	71,53	783,0
Наружный диаметр мм	Масса 1 м труб, кг; при толщине стенки, мм								
	11	12	14	16	17	18	20	22	25
159	40,15	43,50	50,06	56,43	59,53	62,59	68,56	74,33	826,2
165*	41,78	45,29	52,19	58,79	62,04	65,25	71,52	77,58	863,1
168	42,59	46,17	53,17	59,98	63,31	66,59	73,00	79,21	881,6
178*	45,30	49,13	56,62	63,92	67,49	71,02	77,793	84,64	943,3
180	45,85	49,72	57,31	64,71	68,34	7191	78,92	85,72	955,6
194	49,64	53,86	62,15	70,24	74,21	78,13	85,82	93,32	104,20
203	52,09	56,52	65,25	73,79	77,98	82,12	90,26	98,20	109,74
219	56,43	61,26	70,78	80,10	84,69	89,23	98,15	106,88	119,61
245	63,48	68,95	79,76	90,36	95,59	100,77	110,98	120,99	135,64
273	71,07	77,24	89,42	101,41	107,33	113,20	124,79	136,18	152,90
299	78,13	84,93	98,40	111,67	118,23	124,74	137,61	150,29	168,93
324*	84,91	92,33	107,03	121,53	128,70	135,83	149,94	163,85	184,34
325	85,18	92,63	107,38	121,93	129,13	135,28	150,44	164,39	184,96
351	92,23	100,32	116,35	132,19	140,03	147,82	163,26	178,50	200,99
356*	93,59	101,80	118,08	134,16	142,11	150,04	165,72	181,21	204,07

Примечания:

1) Трубы наружным диаметром и толщиной стенки, отмеченные звездочкой, применяют в договорных отношениях по экономическому и научному сотрудничеству.

2) Предельные отклонения от номинала по наружному диаметру от 50 до 219 мм составляют ± 1 %. Для труб наружным диаметром более 219 мм – 1,25 %.

3) Предельные отклонения по толщине стенок от номинала при диаметре труб 30 мм и больше составляют +10 % и –12,5 %.

4) Трубы наружными диаметрами, отмеченными звездочкой, применяют в договорно-правовых отношениях по экономическому и научно-техническому сотрудничеству.

Условное обозначение труб. Трубы обозначают дробью. Числитель содержит условную запись сортамента, а знаменатель – марку материала трубы. Например:

$$\textit{Труба}\ \frac{\textit{159×8×6000 ГОСТ 8732-78}}{\textit{Ст3сп ГОСТ 8731-74}},$$

что соответствует: труба с наружным диаметром 159 мм, толщиной стенки 8 мм, длиной 6000 мм, обычной точности изготовления, из углеродистой стали Ст3сп.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КПД ГРЕБНОГО ВИНТА

При оценке эксплуатационных качеств судна КПД гребного винта можно определить по приближенной формуле

$$\eta = 1{,}876 - 1{,}235 \cdot \left[\frac{8 \cdot EPS'}{\pi\rho(1-t)v^3 D_B^2} \right]^{0{,}1},$$

где EPS' – уточненная буксировочная мощность, л.с.;

ρ – плотность морской воды, $\rho = 1{,}025$ т/м^3;

t – коэффициент засасывания, который представляет собой отношение величины силы засасывания (разница между упором движителя и полезной тягой) к величине упора движителя. Для одновинтовых транспортных судов $t = 0{,}8\ [2\delta^5\ (1 - \delta) + 0{,}04]$;

v – скорость судна, уз;

$D_в$ – диаметр гребного винта, м.

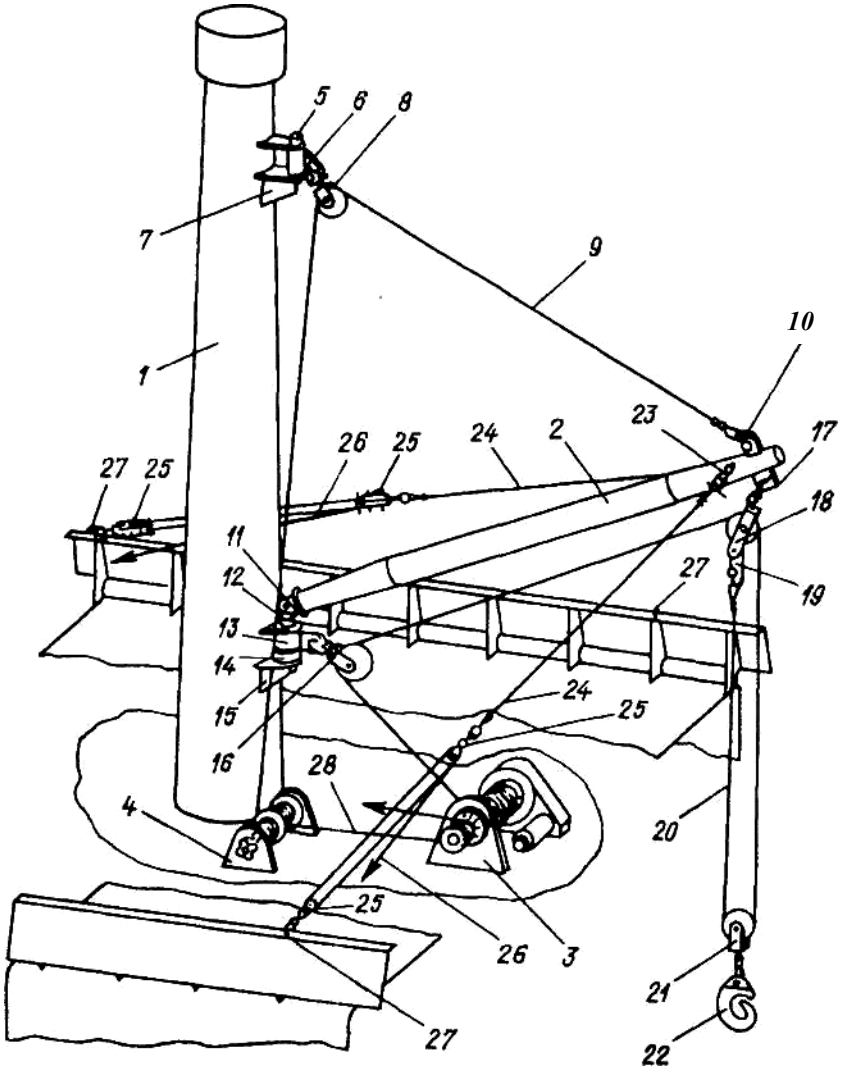
ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

Обозначение	Чтение	Обозначение	Чтение	Обозначение	Чтение
A, α	Альфа	*I, ι*	Иота	*P, ρ*	Ро
B, β	Бэта	*K, κ*	Каппа	*Σ, σ*	Сигма
Γ, γ	Гамма	*Λ, λ*	Ламбда	*T, τ*	Тау
Δ, δ	Дельта	*M, μ*	Мю	*Φ, φ*	Фи
E, ε	Эпсилон	*N, ν*	Ню	*X, χ*	Хи
Z, ζ	Дзета	*Ξ, ξ*	Кси	*Y, υ*	Ипсилон
H, η	Эта	*O, o*	Омикон	*Ψ, ψ*	Пси
Θ, θ	Тэта	*Π, π*	Пи	*Ω, ω*	Омега

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ТИПОВАЯ ОСНАСТКА ГРУЗОВОЙ СТРЕЛЫ



1. Грузовая мачта
2. Стрела
3. Грузовая лебедка
4. Топенантная вьюшка
5. Штырь вертлюга топенанта
6. Обух с вертлюгом топенанта
7. Башмак вертлюга топенанта
8. Топенантный блок
9. Топенант
10. Скоба
11. Вилка шпора стрелы
12. Вертлюг шпора стрелы
13. Обойма направляющего блока
14. Установочное кольцо
15. Башмак вертлюга шпора
16. Направляющий (отводной) блок
17. Обух нока врезной
18. Верхний грузовой блок
19. Соединительная скоба
20. Грузовой шкентель
21. Нижний (подвижной) грузовой блок
22. Гак грузовой
23. Обух оттяжки
24. Мантыль оттяжки
25. Блок талей оттяжки
26. Ходовой конец оттяжки
27. Обух палубный
28. Лопарь топенанта

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

СУДОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ, ВЫДАВАЕМЫЕ КЛАССИФИКАЦИОННЫМ ОБЩЕСТВОМ

Наименование документа	Предусмотрено конвенцией ИМО
Международное мерительное свидетельство (International Tonnage Certificate)	Международная конвенция по обмеру судов, 1969 (Tonnage 1969), пр. 7
Свидетельство о годности к плаванию (Certificate of Seaworthiness)	
Свидетельство о безопасности грузового судна по конструкции (Cargo Ship Safety Construction Certificate)	SOLAS-74, пр. 1/12
Свидетельство о безопасности грузового судна по оборудованию и снабжению (Cargo Ship Safety Equipment Certificate)	SOLAS-74, пр. 1/12
Перечень оборудования для свидетельства о безопасности грузового судна по оборудованию и снабжению – форма Е (Record of Equipment for the Cargo Ship Safety Equipment Certificate-Form E)	SOLAS-74, пр. 1/12
Свидетельство о безопасности грузового судна по радиооборудованию (Cargo Ship Radio Certificate)	SOLAS-74, пр. 1/12
Перечень оборудования для свидетельства о безопасности грузового судна по радиооборудованию – форма R (Record of Equipment for the Cargo Ship Safety Radio Certificate-Form R)	SOLAS-74, пр. 1/12
Свидетельство об изъятии (Exemption Certificate)	SOLAS-74, пр. 1/12
Международное свидетельство о грузовой марке, 1966 (International Load Line Certificate)	Конвенция о грузовой марке, 1966 (LL), пр. 16
Международное свидетельство об изъятии (International Load Line Exemption Certificate)	LL, пр. 16
Международное свидетельство о предотвращении загрязнения моря нефтью (International Oil Pollution Prevention Certificate)	МАРПОЛ 73/78, прил. I, пр. 5
Международное свидетельство о предотвращении загрязнения сточными водами (International Sewage Pollution Prevention Certificate)	МАРПОЛ 73/78, прил. IV
Свидетельство о предотвращении загрязнения мусором (Garbage Pollution Prevention Certificate)	МАРПОЛ 73/78, прил. V, пр. 9
Классификационное свидетельство (Classification Certificate)	
Свидетельство об управлении безопасностью на судне (Safety Management Certificate)	SOLAS-74, IX/4. МКУБ, пр. 13
Документ о соответствии компании требованиям МКУБ (Document of Compliance)	SOLAS-74, К/4. МКУБ, пр. 13
Международный сертификат об охране (International Security Certificate)	Кодекс ОСПС, ч. А и В. р. 19. SOLAS-74, гл. XI/2

Учебное издание

Овчинников Игорь Дмитриевич

ТЕХНИКА ТРАНСПОРТА

Учебное пособие

Научный редактор канд. техн. наук, доцент С. В. Кошкин

Редактор Ю. Н. Осинцева

Подписано в печать 06.02.2012.
Формат 60 × 84 1/16. Бумага 65 г/м^2. Ризограф FR3950EP-α.
Усл. печ. л. 7,66. Уч.-изд. л. 7,40. Тираж 200 экз. Заказ 24579.

Редакционно-издательский отдел Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»
681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

Полиграфическая лаборатория Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»
681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.