

62.9/2
Б 106
74

БУКСИРНЫЕ СУДА

(проектирование
и конструкция)



ИЗДАТЕЛЬСТВО «СУДОСТРОЕНИЕ»
ЛЕНИНГРАД • 1974

Богданов Б. В., Слуцкий А. В., Шмаков М. Г., Васильев К. А.,
Соркин Д. Х.

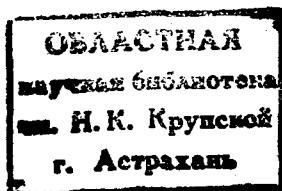
Цель этой книги — рассказать специалистам конструкторских бюро, строителям судов, специалистам морских и речных пароходств, преподавателям и студентам высших учебных заведений судостроительного профиля о существующих методах проектирования буксирных судов морских и внутреннего плавания, некоторых особенностях их эксплуатации и требованиях, предъявляемых к главным размерениям, энергетической установке и движительному комплексу, а также к судовым устройствам и системам.

В СССР и за рубежом ежегодно проектируется и строится большое количество буксирных судов различных типов. Поэтому систематизированное рассмотрение основных вопросов проектирования и особенностей конструкции буксирных судов имеет существенное значение для указанного контингента специалистов. Тема книги актуальна. Приводимый в ней материал содержит: классификацию буксирных судов по основным признакам, современные принципы и порядок выбора главных размерений, мощности, движительно-рулевого комплекса; необходимые данные для оценки весовых составляющих и водоизмещения в зависимости от мощности, назначения и особенностей типа буксирного судна; основания для выбора формы и полноты корпуса, оценки тяговых характеристик буксирных судов; основные требования к конструкции корпуса, судовых устройств и систем, необходимые данные для их выбора, а также для выбора энергетической установки и комплексной ее автоматизации. В книге содержится значительный статистический материал, позволяющий проектантам буксирных судов использовать некоторые данные при подборе прототипов.

Табл. 37. Илл. 106. Литерат. 83 назв.

Рецензенты: А. А. Родионов, к. т. н. А. Я. Рывлин

Научный редактор А. Б. Белкин



Б $\frac{31804-020}{048(01)-74}$ 14-74

© Издательство «Судостроение», 1974 г.

В отечественной и зарубежной литературе до настоящего времени отсутствуют комплексные работы, освещающие проектирование буксирных судов. Книги А. К. Осмоловского «Морские и портовые буксиры» и Б. В. Богданова «Толкачи и баржи для толкания», изданные более 15 лет назад, носят в основном справочный характер и не отражают современных конструктивных особенностей новых судов.

В предлагаемой работе на основании анализа опыта проектирования и эксплуатации отечественных и зарубежных буксиров и толкачей коллективом авторов сделана попытка рассмотреть основные вопросы проектирования буксирных судов с учетом их специфических особенностей. Так, описаны архитектурные и конструктивные особенности буксиров, толкачей-буксиров и толкачей, даны основы для выбора главных размерений, тяги и мощности, формы и конструкции корпуса, энергетической установки, судовых устройств и систем.

На вопросах, общих как для буксирных, так и для других транспортных судов, авторы сочли возможным не останавливаться.

В процессе создания книги возникли трудности, связанные со сложностью постановки и рассмотрения вопросов, специфичных для проектирования буксирных судов морского и внутреннего плавания. В связи с весьма ограниченной информацией были трудности и в освещении конструктивных данных зарубежных судов.

В 1971 г. вышла в свет книга А. Н. Гуровича и А. А. Родионова «Проектирование спасательных и пожарных судов», в которой подробно рассмотрены вопросы проектирования буксиров-спасателей. Поэтому в настоящей книге проектирование спасателей освещается лишь в некоторых случаях, когда это необходимо для анализа отдельных вопросов проектирования морских буксиров.

Авторы с благодарностью примут замечания и пожелания читателей книги.

Материал книги распределен между авторами следующим образом: Б. В. Богдановым написаны предисловие «От авторов», историческая справка, § 3—6, 11, 13, 15 и заключение; А. В. Слуцким — § 2, 12 и 14; совместно Б. В. Богдановым и А. В. Слуцким — § 1, 7, 8, 9 и 10; М. Г. Шмаковым — § 16—20; К. А. Васильевым — § 21—27; Д. Х. Соркиным — § 28—30.

Авторы благодарят А. А. Родионова, А. Я. Рывлина и Г. А. Алчуджана, а также А. Б. Белкина за ценные советы, способствовавшие улучшению содержания книги.

Отзывы и пожелания по книге просьба направлять в издательство «Судостроение» по адресу: 191065, Ленинград, ул. Гоголя, 8.

536994

В XVIII в. за рубежом были сделаны первые попытки использования механических двигателей для судов, обслуживавших морские порты. Так, в 1736 г. Д. Гулльс, сделав ряд усовершенствований в изобретениях своих предшественников, построил портовый буксир с пароатмосферной машиной. Буксир имел гребное колесо за кормовым транцем, которое приводилось в движение ременной передачей через шкивы, укрепленные на осях машины, и колеса. Судно оказалось маломощным, а опыты Гулльса хотя и были удачнее, чем предпринимавшиеся ранее, не дали положительного результата. Для нас представляет интерес тот факт, что одно из первых паровых судов было создано буксирным. Это не случайно. Многочисленный парусный флот нуждался в повседневной помощи, поэтому проблема создания портового вспомогательного буксира с механическим двигателем настойчиво требовала своего решения.

Д. Гулльс, выпустив в 1737 г. книгу о своем судне, дал ей такое название: «Описание и чертежи вновь изобретенной машины для буксировки судов в гавани и из гаваней, портов или рек против ветра, прилива или в штилевую погоду». Лучше не скажешь.

Решение пришло только в конце первой четверти XIX в., когда в 1817 г. на Каме, в 1819 г. на р. Клайд и в 1832 г. на Темзе появились первые паровые суда, основным назначением которых была буксировка самоходных и парусных судов.

Одновременно с рядом неудачных попыток организовать на Волге и Каме линейную буксировку барок этими маломощными буксирными пароходами паровые двигатели были применены на «машинных судах» — так называемых «кабестанах» или «кабестанных пароходах». Паровые машины использовались для вращения кабестана (ворота), на который наматывался канат от завезенного вверх по течению якоря. Мощность кабестанных пароходов составляла 80—240 и. л. с. Кабестаны были оборудованы и гребными колесами, имели руль. Колеса использовались лишь при ходе порожем вниз по течению. Для завоза якорей вверх против течения на 1—1,5 км при каждом кабестане находились

один или два небольших парохода мощностью по 40—60 и. л. с., называвшихся «забежками».

Кабестаны груз не принимали, а буксировали за собой пять-шесть крупных барок с грузом до 8 тыс. т; мелких судов они подчаливали до 50. Возможность буксировки большого числа судов и сравнительная дешевизна кабестанов — основные их достоинства. Нагрузка на 1 и. л. с. кабестана мощностью 240 и. л. с. составляла до 40 т, что в несколько раз превышало нагрузку буксирных судов. Кабестанные пароходы следует считать первыми в мире паровыми судами, осуществлявшими сложные буксировки. Скорость хода кабестана с буксируемым составом против течения в среднем была около 3 км/ч. При благоприятных условиях кабестаны проходили за сутки до 75 км.

В начале 60-х годов прошлого столетия на некоторых реках появились буксирные суда, приводимые в движение паровой машиной и перемещавшиеся по специальной цепи, проложенной по дну реки на всем протяжении обслуживаемого участка. Суда этого типа получили название «туеров» или «цепных пароходов». По своей конструкции туеры представляли бесколесные суда, имеющие железные корпуса со съемными рулями, подвешенными к посовому и кормовому штевням. Туеры буксировали составы общей грузоподъемностью до 2000 т. Скорость буксировки против течения достигала 4—5 км/ч.

Туеры более совершенной конструкции используются и в настоящее время на некоторых участках рек с быстрым течением, в тех случаях, когда даже мощные буксирные суда с составами при ходе против течения не могут справиться с ним. Например, туер мощностью 2000 л. с., спроектированный ЦПКБ МРФ и построенный в 1962 г., работает на Казачинском пороге р. Енисей.

Пока речное судостроение вырабатывало тип эффективного парового буксирного судна, морские портовые буксиры продолжали успешно развиваться и достигли мощностей и размеров, при которых можно было выходить в море.

Первым портовым буксиром, способным вводить и выводить из порта большие морские парусные суда, считают буксир «Виктория», построенный в Англии в 1850 г. Успешная работа этого судна послужила основанием к массовой постройке буксиров для английских портов.

В 50-х годах XIX в. морские буксировки производятся в пределах малого каботажа. Позднее были совершены переходы в порты соседних морей. Однако первая сложная буксировка трех барж на 350 миль осуществлена лишь в 1892 г., а через четыре года два буксира впервые совершили переход с плавучим доком через Атлантический океан.

Наибольшие мощности морских буксиров в конце XIX в. — 800 и. л. с.; в морских портах работали буксиры мощностью 60—200 и. л. с. До 1880 г. почти все буксиры строились колесными.

Ледоставы в морских портах Балтийского моря сильно затрудняли судоходство и морскую торговлю. Для поддержания русла,

свободного ото льда, применялись различные способы, не дававшие должного эффекта. Только в 1864 г., когда И. О. Бритнев переделал носовую оконечность буксира *Пайлот*, впервые придав ей очертания, близкие к ледакольным, появился первый буксир-ледакол, ломавший лед своим корпусом. Адмирал С. О. Макаров писал о *Пайлоте*: «Этот маленький пароход сделал то, что казалось невозможным, — он расширил время навигации осенью и зимой на несколько недель». С конструкцией и формой корпуса носовой оконечности буксира познакомились немцы и построили в 1871 г. свои первые ледакольные буксиры. Впоследствии наряду со строительством специальных ледаколов для основных русских морских портов, начатом в конце 80-х годов XIX в., ледакольные очертания стали придавать носовым оконечностям многих портовых, некоторых морских и речных буксиров.

В последней четверти XIX в. больших успехов достигло речное буксиростроение. После появления на Волге в 40-х годах крупнейших по тому времени буксиров — *Волга* (1846 г.) мощностью 500 и. л. с., *Геркулес* и *Самсон* (1848 г.) мощностью по 920 и. л. с., построенных за рубежом, отечественные судостроители усовершенствовали конструкции паровых машин и создали еще более мощные линейные буксиры. В 1887 г. был построен буксир *Самара* мощностью 1100 и. л. с., а в 1889 г. буксир *Редедя князь Косожский*¹ с рекордной мощностью 2000 и. л. с. Более мощных паровых речных буксиров не строилось.

Вслед за появлением двигателей внутреннего сгорания одним из первых построенных в 1906—1910 гг. дизельных судов стали буксиры: пять колесных теплоходов мощностью 600 и 800 л. с. и много винтовых — малых мощностей. К строительству дизельных буксиров в нашей стране вернулись в конце 30-х годов. Тогда были построены колесные теплоходы мощностью 1000—1100 л. с. и очень большое число малых буксиров-газоходов.

Морские буксиры долгое время строились паровыми. Только после первой мировой войны (1914—1918 гг.) широкое распространение получают дизельные энергетические установки. Наибольшая мощность морских дизельных буксиров не превышала 1200 л. с. В 1939 г. в Англии был построен первый дизель — электрический буксир мощностью 600 л. с. Все больше появляются океанских буксиров-спасателей. При этом достаточно четко вырисовываются их характерные особенности — значительная мощность (от 1200 до 3800 л. с.), высокие мореходные качества, скорость 13—16 уз, большая дальность плавания (6—8 тыс. миль у паровых и 10—12 тыс. миль у дизельных).

Буксиры морских портов приобретают все более своеобразный архитектурный тип. Появление грузовых судов значительной грузоподъемности вызвало к жизни тип портовых буксиров-кантовщиков с весьма компактными размерами корпуса. Мощность портовых буксиров составляла от 200 до 600 л. с.

¹ Позднее *Степан Разин*.

Своеобразное развитие получили речные буксирные суда в США. Здесь вскоре после появления первых буксиров на р. Монтгахила (приток Огайо) зародился способ толкания несамоходных судов. В 50-х годах XIX в. были оборудованы для этой цели первые буксиры. Успешные опыты и последующая работа судов способом толкания показали его большую эффективность по сравнению с буксировкой на тросе. Поэтому последующее развитие в США буксиростроения шло по пути создания флота толкачей. Даже большая часть рейдово-маневровых судов состояла из толкачей. На всех реках преобладал единый тип толкача — паровой заднеколесный. К концу XIX в. мощность линейных толкачей на Миссисипи достигла 800 и. л. с.

Только в 20-х годах текущего столетия появились первые дизельные (колесные) толкачи, а в 1931 г. построен первый двухвинтовой толкач мощностью 2200 л. с.

К 1940 г. архитектурно-конструктивный тип и внешний вид толкачей были достаточно отработаны. Форма корпуса еще продолжала совершенствоваться. С 1937 г. применяются насадки гребных винтов.

В послевоенный период определилась тенденция к значительному росту мощности энергетических установок. Так, если в конце 40-х годов наибольшая мощность толкачей была 3200 л. с., то через пять лет на Миссисипи плавали толкачи мощностью 4800 л. с., а в 1957 г. были построены толкачи мощностью 5100 л. с. Наибольшая мощность современных толкачей — 9000 л. с.

Если на первых порах толкачи оборудовались реверсивными двигателями с частотой вращения не более 300 об/мин, то позднее наметилась и окончательно определилась практика все более широкого применения быстроходных неревверсивных двигателей с реверсредукторами.

Толкачи и толкачи-буксиры нашли впоследствии широкое применение на судоходных реках большинства стран мира.

✓ Первые попытки применить толкание для вождения несамоходных судов по рекам в Советском Союзе были предприняты на Волге в 1931 г. и на Днепре в 1932 г. В 1931—1935 гг. было проведено более десятка опытов по толканию буксирными и грузопассажирскими судами составов из барж, различных по типу и грузоподъемности. Основная цель опытов — определение эффективности толкания по сравнению с буксировкой, проверка управляемости на переднем и заднем ходах.

Одновременно с опытами проводились некоторые исследования, теоретические дискуссии и разработка возможных способов толкания. Были выполнены технико-экономические расчеты. Несмотря на недостаточность теоретических исследований и несовершенство проведенных опытов, они все же показали неоспоримые преимущества толкания перед буксировкой.

✓ В 1936—1937 гг. Горьковским судопроектором были разработаны первые технические проекты толкачей-буксиров мощностью 240, 400 и 800 л. с. и барж для толкания грузоподъемностью 300, 600

и 1150 т. Однако материально-техническая база речного флота 40-х годов и последующая военная обстановка не способствовали созданию необходимых условий для продолжения опытов и строительства специального флота.

Послевоенный этап проектирования и строительства специального флота для толкания начался с 1951 г., когда ЦТКБ МРФ разработало проекты толкачей мощностью 150 и 300 л. с., а также 300—600 л. с., которые строились серийно. Горьковское ЦКБ МРФ и ЦНИИРФ работали над созданием сцепных устройств.

В 1954—1956 гг. на Волге, Цимлянском, Горьковском и Куйбышевском водохранилищах были проведены широкие испытания толкаемых составов с целью установления типа наиболее надежного и удобного сцепного устройства, способного обеспечить плавание толкаемых составов на волнении. В результате испытаний в качестве основного сцепного устройства принят двухупорно-вожжевой сцеп с амортизаторами.

1956 г. ознаменовался большими работами по оборудованию находящихся в эксплуатации буксиров и барж для толкания, а также началом строительства специальных толкачей-буксиров. В 1957 г. были построены, испытаны и вступили в эксплуатацию первые толкачи-буксиры типа *Зеленодольск* мощностью 1200 л. с.

В 1958 г. приняты в эксплуатацию толкачи-буксиры мощностью 800 л. с. типа *ОТ-801* и *Плевна* мощностью 1340 л. с. В 1959 г. на толкачах *ОТА-852* (800 л. с.), *Борис Лавренев* (1340 л. с.) и *Спендиаров* (600 л. с.) была впервые применена комплексная автоматизация энергетических установок, а несколько позднее были созданы автоматические сцепные устройства. В настоящее время автосцепами различных типов оборудованы все суда толкаемых составов. В 1968 г. венгерские судостроители начали поставлять для рек Сибири и Волги серию толкачей мощностью 2000 л. с. В 1970 г. в Рыбинске был построен *Маршал Блюхер* — первый в стране толкач мощностью 4000 л. с.

Морские буксиры как в СССР, так и за рубежом в 60-х годах достигли мощностей 1500—2200 л. с.; увеличилась дальность их плавания, улучшились мореходные качества. Сильно возросли мощности океанских буксиров-спасателей. Теперь они достигают 16 000 л. с. при дальности плавания до 15 тыс. миль.

Для обслуживания в крупных морских портах сухогрузов дедвейтом 15—20 тыс. т и танкеров дедвейтом 300 тыс. т и более построены буксиры-кантовщики мощностью 2—3 тыс. л. с.

Таким образом, буксирный флот внешнего и внутреннего плавания, всегда выполнявший функции транспортного и вспомогательного назначения, достиг значительных мощностей и высокого совершенства. Комплексная автоматизация энергетических установок, широкое применение дистанционного управления механизмами судовых устройств и основных систем, высокие гидродинамические характеристики корпусов и движительно-рулевого комплекса, а также благоприятные условия обитаемости экипажа — вот характерные особенности современного буксирного флота.

§ 1. Классификация буксирных судов

Буксирные суда — обширная и разнообразная категория судов морских и внутреннего плавания. Они служат для линейной и внутрипортовой транспортировки несамоходных судов и плавучих сооружений, для ввода в порты, вывода, перестановок в портах крупных транспортных судов, для формирования и проводки через шлюзы и каналы крупнотоннажных толкаемых и буксируемых составов из барж или секций, для оказания помощи судам, терпящим бедствие, для тушения пожаров и многих других целей.

Буксирные суда эксплуатируются на водных бассейнах всех стран мира. Акватории, на которых они работают, включают все виды водных путей — от океанов до малых рек. Разнообразны гидрометеорологические условия, в которых приходится работать буксирным судам.

Разнохарактерность выполняемых работ и разнообразие условий плавания вызвали потребность в буксирных судах, имеющих различные мореходные качества и эксплуатационно-технические характеристики. Это в свою очередь привело к появлению судов с разными архитектурными и конструктивными решениями.

Современные буксирные суда должны классифицироваться не по одному какому-либо признаку, а по ряду следующих основных признаков:

1. Принадлежность буксирных судов к судам морским или внутреннего плавания. Это различие в нашей стране определяется правилами классификационных обществ. Морские буксирные суда проектируются в соответствии с «Правилами классификации и постройки морских судов» Регистра СССР. Буксиры и толкачи внутреннего плавания проектируются по Правилам Речного Регистра РСФСР.

2. Район плавания по правилам классификационных обществ. Для отечественных морских буксирных судов различие по указанному признаку обуславливает деление их в соответствии с Правилами Регистра СССР на суда неограниченного района плавания, называемыми в практике океанскими судами, и суда ограниченного района плавания. Различают суда со следующими символами

ограничения: I — суда, которые предназначены для плавания в открытых морях с удалением от места убежища до 200 миль и с допустимым расстоянием между двумя местами убежища до 400 миль, а также плавание в закрытых морях; II — суда, которые предназначены для плавания в открытых морях с удалением от места убежища до 50 миль и с допустимым расстоянием между двумя местами убежища до 100 миль, а также плавание в закрытых морях в границах, установленных Регистром в каждом отдельном случае; ИСП — суда, которые предназначены для плавания на внутренних водных путях, а также в морских районах на волнении не более 6 баллов и с удалением от места убежища в открытых морях как для судов предыдущей группы, а в закрытых морях до 100 миль и с допустимым расстоянием между двумя местами убежища до 200 миль; III — суда, которые предназначены для прибрежного и рейдового плавания в границах, установленных Регистром в каждом отдельном случае.

Для речных буксиров — это суда класса «М» — устьевого, озерного и прибрежного морского района плавания с ограничением по погоде; класса «О» — для плавания на озерах, водохранилищах и отдельных участках крупных рек; класса «Р» — для плавания по малым озерам, водохранилищам и рекам; класса «Л» — для плавания в верховьях крупных рек и по малым рекам.

3. Общее и узкоспециализированное назначение буксирных судов. В соответствии с существующими способами транспортировки буксирные суда подразделяются на собственно буксиры, толкачи и толкачи-буксиры. Первые полноценно отвечают буксировке или толканию судов, а толкачи-буксиры совмещают эти функции. Для этого они оборудуются сцепным и усиленным рулевым устройствами (как толкачи) и имеют буксирное устройство и более высокую остойчивость (как буксиры).

В зависимости от общего назначения и протяженности линий, на которых они могут работать согласно своей автономности по запасам топлива, воды, различают линейные, рейдовые и портовые буксирные суда. От общего назначения зависят архитектурно-конструктивный тип буксирного судна, соотношение главных размеров, осадка, мощность, тип движительно-рулевого комплекса, количество судовых запасов и экипажа.

Узкоспециализированное назначение буксирных судов — весьма важный фактор, так как от него зависит необходимость установки на судах специального оборудования, выбор соответствующих главных размеров, коэффициентов полноты, формы и конструкции корпуса, судовых устройств и систем, размеров рубок и пр. К специализированным буксирным судам относятся: спасатели, кантовщики, раздатчики, плотоводы, ледакольные, шлюзовые и другие суда.

Указанных ступеней классификации достаточно для того, чтобы сформулировать классы буксирных судов: океанский буксир-спасатель; морской линейный буксир; портовый буксир-кантовщик; линейный толкач класса «Р»; рейдовый буксир класса «О».

Как правило, суда одного класса имеют свои типовые особенности. Эти особенности отражены на последующих ступенях классификации.

4. Ледовые качества. Буксирные суда, строящиеся в нашей стране, в большинстве случаев обладают в той или иной степени ледовыми качествами. В зависимости от степени проявления ледовых качеств буксирные суда классифицируются следующим образом:

а) суда морские — ледакольные и категорий УЛА, УЛ, Л1, Л2, Л3 и Л4;

б) суда внутреннего плавания — ледакольные, т. е. суда, предназначенные для систематического плавания в ледовых условиях, и суда с ледовыми подкреплениями для эпизодического плавания в битом льду.

5. Энергетическая установка. По этому признаку буксирные суда подразделяются на паровые, дизельные, дизель-электрические, газотурбинные и, в перспективе, атомные. Наибольшее распространение получили дизельные буксиры, более простые в обслуживании, экономичные и надежно работающие.

6. Число гребных валов. Различают одновальные, двух-, трех- и четырехвальные буксирные суда. Суда буксирного флота с большим числом валов в практике мирового судостроения не применялись. Наиболее распространены двух- и одновальные суда. На реках США имеется значительное количество толкачей трех- и четырехвальных.

7. Тип движительно-рулевого комплекса. Различают следующие типы движительно-рулевых комплексов: винт фиксированного шага (ВФШ) с рулями; ВФШ в насадке с рулями, в поворотных насадках, в раздельно управляемых поворотных насадках; винт регулируемого шага (ВРШ) в насадках с рулями, в поворотных насадках; водометные движители; крыльчатые движители, гребные колеса с рулями, поворотные движительно-рулевые колонки (ДРК) и некоторые другие.

Приведенных выше ступеней классификации достаточно для того, чтобы указать типы буксирных судов. Например:

усиленно ледовой категории Регистра СССР дизельный одно-
вальный с винтом фиксированного шага и рулем;

без ледовых подкреплений дизельный одновальный с винтом
регулируемого шага и рулем;

ледовой категории Регистра СССР дизельный двухвальный
с крыльчатыми движителями.

Полное определение буксирного судна может быть дано с учетом всех указанных выше характеристик. Например:

океанский буксир-спасатель усиленно ледовой категории
Регистра СССР дизельный одновальный с ВФШ и рулем;

морской линейный буксир без ледовых подкреплений дизель-
ный одновальный с ВРШ и рулем;

портовый буксир-кантовщик ледовой категории Регистра СССР
дизельный двухвальный с крыльчатыми движителями;

шлюзовый толкач-буксир класса «О» Речного Регистра РСФСР с ледовыми подкреплениями дизельный двухвальный с ВФШ в поворотных отдельно управляемых насадках;

линейный толкач класса «Р» Речного Регистра РСФСР без ледовых подкреплений дизельный двухвальный с ВФШ и рулями переднего и заднего хода.

§ 2. Морские буксирные суда

К наиболее распространенным буксирным судам относятся океанские и морские буксиры-спасатели, линейные и многоцелевые буксиры, портовые и рейдовые буксиры транспортно-маневрового назначения, а также буксиры с функциями ледоколов и буксировщиков.

Портовые буксиры транспортно-маневрового назначения — суда относительно небольшой мощности с малыми размерами корпуса, с минимальной величиной надводного борта и высокими маневренными качествами. Эти особенности обусловлены тем, что портовые буксиры должны достаточно свободно маневрировать между судами, причалами, проходить под натянутыми швартовными концами, под кормовыми подзорами транспортных судов, т. е. работать в сложной обстановке, характерной для стесненных портовых акваторий.

Малые размеры портовых буксиров (табл. 1—3) достигаются за счет максимального использования допустимой осадки, исключения жилых и части служебных помещений, камбуза, сокращения до трех-, пятидневных запасов топлива и воды. Экипаж обычно не живет на судне.

Применение бригадного метода обслуживания на портовых буксирах позволяет значительно сократить на них номенклатуру жилых, служебно-бытовых и санитарных помещений. Так, вместо кают для постоянного проживания экипажа предусматривается лишь каюта отдыха для подвахты, служащая одновременно и столовым помещением. Вместо пищеблока на портовых буксирах имеется одно сравнительно небольшое помещение камбуза, в оборудовании которого в основном входят: плита для подогрева пищи, хранящейся в бачках-термосах, шкаф для посуды, разделочный и моечный столы. Иногда предусматривается небольшое помещение для буфета.

Ограничение района плавания акваторией порта позволяет значительно упростить на буксирах судовые устройства. Так, на многих буксирах нет шлюпочного устройства, что придает им своеобразную архитектурную форму; не устанавливаются буксирные лебедки (буксировка судов на ограниченной акватории производится обычно на коротком канате, который подается с буксируемого судна). Поэтому портовые буксиры, как правило, оборудованы только буксирными гаками, кнехтами и битенгами.

Буксиры-кантовщики. Рост в послевоенные годы численности и размеров судов морского и промыслового флотов, а также

Таблица 1
Основные характеристики портовых буксиров и буксиров-кантовщиков с одновальной гребной установкой

Наименование судна	Мощность М, л. с.	Год постройки	Страна-строитель	Главные размеры, м				Водоизмещение D, т	Кубический модуль LBN, м ³	Соотношение главных размеров				Удельная кубатура LBN M, м ³ /л. с.	Тяга на гаке		Скорость свободного хода, уз	Экипаж, чел.	
				L	B	H	T			L/B	L/H	B/T	H/T		на швартовах Z _н , тс	Удельная Z _н , кг л. с.			
Хику	1×100	1967	Англия	13,7	3,70	1,08	1,26	—	85	3,70	8,15	2,94	1,33	0,85	—	—	—	—	—
Джамала	1×217	1965	»	13,41	4,27	2,13	1,4	—	122	3,14	6,30	3,05	1,52	0,56	2	9,2	10	—	—
Альфред Банистер	1×260	1964	»	14,63	4,72	2,28	—	—	154	3,10	6,44	—	—	0,59	4,5	17,3	9,4	—	—
Хуго Ленц	1×305	1965	ФРГ	15,97	4,56	2,64	1,90	61,10	192	3,51	6,04	2,40	1,39	0,63	—	—	—	—	—
Пласер	1×400	1968	Англия	16,1	4,6	2,5	1,9	—	179	3,50	6,45	2,34	1,31	0,45	3,5	8,8	—	—	—
Херберт Крампин	1×451	1966	»	17,07	5,18	2,29	—	—	203	3,29	7,45	—	—	0,45	—	—	4	—	—
Голицы Ти	1×500	1966	Дания	16,50	5,50	2,85	—	—	258	3,00	5,79	—	—	0,52	—	—	—	—	—
Хай Эйхлер В.	1×565	1967	ФРГ	18,50	5,40	2,70	—	—	270	3,43	6,85	—	—	0,48	11,0	19,5	11	—	—
Рейд	1×600	1969	СССР	20,8	7,2	3,50	2,70	185	524	2,89	5,95	2,66	1,30	0,87	8,5	14,2	10,5	—	—
Мунин	1×950	1966	Дания	22,8	6,40	3,05	—	—	445	3,56	7,48	—	—	0,47	—	—	—	—	—
Каста Кова	1×1230	1967	Австралия	27,20	8,08	4,57	3,81	400	983	3,36	5,95	2,12	1,20	0,80	22,5	18,3	12,3	—	—
Альбуферета	1×1295	1966	Испания	25,0	7,70	3,72	—	—	716	3,25	6,72	—	—	0,55	15	11,6	12	—	—
Олерон	1×1320	1966	Франция	23,00	7,5	3,9	—	—	671	3,07	5,90	—	—	0,51	20,0	15,1	12,0	—	—
Дуноспрай	1×1386	1968	Англия	27,43	7,70	—	—	—	805	3,56	7,20	—	—	0,58	23,0	16,6	12,25	—	—
Сан II	1×1400	1965	»	26,2	7,32	3,73	—	—	716	3,58	7,03	—	—	0,51	17,5	12,5	11,5	—	—
Ст. Эльмо	1×1440	1965	»	27,40	7,77	3,87	—	—	824	3,52	7,10	—	—	0,57	25,0	17,4	12	—	—
Кеннет	1×2000	1965	»	30,79	9,15	5,03	—	—	1420	3,37	6,12	—	—	0,71	30	15,0	12,5	—	—
Хересино	1×2100	1966	»	30,48	8,84	4,61	—	—	1240	3,45	6,61	—	—	0,59	32,5	15,5	12,5	—	—

Основные характеристики портовых буксиров и буксиров-кантовщиков с двухвальной гребной установкой

Наименование судна	Мощность N, л. с.	Год постройки	Страна-строитель	Главные размерения				Водоизмещение D, т	Кубический модуль LBN, м ³	Соотношение главных размерений				Удельная кубатура LBN/N, м ³ /л. с.		Тяга на галке		Скорость свободного хода в уз	Экипаж, чел.
				L	B	H	T			L/B	L/H	B/T	H/T	на швартовах Z _ш тс	Удельная Z _ш N, кг л. с.				
Крепыш	2×150	1965	СССР	15,0	5,0	2,45	1,78	63,2	184	3,00	6,25	2,81	1,38	0,61	5,0	16,7	10,0	3	
М.к. Телл	2×180	1966	Швеция	16,0	5,5	2,8	1,9	65,4	246	2,91	5,71	2,89	1,47	0,68	7,0	14,6	10,0	4	
Уотерман	2×240	1966	Англия	16,7	2,8	2,43	2,05	110	282	3,10	6,87	3,51	1,32	—	5,0	10,0	10,42	3	
Сацурк Мару	2×250	1962	Япония	18,0	5,8	2,70	2,05	—	434	3,54	7,93	3,51	1,57	0,56	7,0	14,6	10,42	8	
Слати Мару	2×420	1962	Япония	23,0	6,50	2,90	1,85	—	542	3,26	7,34	3,12	1,39	0,60	14	15,6	11,7	6	
Бандаи Мару	2×450	1962	Япония	23,5	7,2	3,2	2,3	194	532	3,04	7,04	3,22	1,39	0,53	16,0	16,0	11,62	7	
Ридши Мару	2×500	1967	Япония	22,5	7,4	3,2	2,3	215	452	3,44	6,72	4,45	1,61	0,43	18,5	17,8	10,7	6	
Сейхо Мару	2×520	1964	Япония	19,5	8,0	2,9	1,8	164	592	3,38	7,80	3,14	1,36	0,56	17,0	14,2	11,98	7	
Резонанс	2×530	1966	СССР	25,0	7,4	3,3	2,36	205	478	3,25	6,98	3,18	1,42	0,79	17,0	14,2	12	8	
Сатунин	2×600	1963	Япония	27,0	8,2	4,0	3,02	303	650	3,54	7,58	3,18	1,36	0,40	11,15	9,58	11,3	3	
Тайхо Мару	2×600	1961	Япония	22,75	7,0	3,0	2,2	223	478	3,25	6,98	3,18	1,42	0,79	17,0	14,2	12	8	
М. С. К. Ульск	2×605	1965	Англия	25,91	7,32	3,43	2,86	—	650	3,54	7,58	3,18	1,36	0,40	11,15	9,58	11,3	3	
Ладнерн	2×620	1968	Англия	22,88	7,0	3,35	—	—	535	3,27	6,83	—	—	0,43	13,2	—	—	6	
Ладнерн	2×660	1960	Япония	25,93	7,85	3,58	—	—	728	3,30	7,24	—	—	0,95	17,4	—	—	6	
Тайбоа Мару № 2, 3	2×660	1962	Япония	25,50	7,80	3,75	2,85	306	745	3,27	6,81	2,74	1,32	0,96	17,0	13,2	12,53	11	
Горге Чакер	2×690	1965	Англия	25,91	7,39	3,66	2,80	—	700	3,51	7,08	2,64	1,24	0,51	15,0	10,9	12,0	14	
Ямаго Мару	2×750	1965	Япония	26,50	8,40	3,70	3,26	300	822	3,15	7,16	3,23	1,42	0,55	18,0	12,0	12	10	
Сан Рок	2×750	1967	Испания	28,50	8,60	4,10	3,26	—	1170	3,31	6,95	2,64	1,26	0,78	23,0	15,3	12	—	
Тирза	2×760	1966	ФРГ	26,0	7,80	4,00	2,25	—	811	3,34	6,5	3,57	1,54	0,54	18	11,8	12,3	—	
Комет	2×800	1967	Англия	28,23	8,02	3,47	2,25	—	785	3,52	8,14	—	—	0,49	20,5	12,8	12,3	—	
Эсан Мару	2×800	1967	Япония	25,91	7,32	3,36	—	—	670	3,54	7,71	—	—	0,46	18,7	10,9	12,5	5	
Син Нуловки Мару	2×825	1963	Япония	25,0	8,0	3,8	2,3	—	602	3,13	6,58	3,18	1,43	0,36	21	11,4	12,0	14	
Леди Альба	2×825	1966	Англия	29,1	8,50	3,80	2,8	368	946	3,41	7,64	—	—	0,51	21	11,4	12,0	14	
Меюкен Мару	2×925	1962	Англия	29,0	8,20	3,60	3,83	—	903	3,53	7,93	2,93	1,36	0,49	28	15,4	—	5	
Недуй	2×1100	1963	Англия	31,39	8,84	4,27	3,8	407	1180	3,66	7,34	2,58	1,24	0,54	25,0	15,15	—	8	
Тржевик	2×1155	1968	СФРЮ	30,0	9,0	4,5	3,9	—	1215	3,33	6,84	3,10	1,55	0,53	32	16,9	13,6	5	
Хирота Мару	2×1200	1964	Япония	26,0	8,6	3,8	2,9	336	850	3,02	6,84	2,97	1,31	—	40,5	—	13,1	10	
Каспор	2×1250	1961	СФРЮ	28,96	8,53	4,27	3,0	381	1090	3,40	6,80	2,84	1,42	0,42	—	—	14,35	—	
	2×1650	1964	СФРЮ	32,6	9,12	4,50	4,48	604	1488	3,58	6,65	2,04	1,09	0,44	34	10,3	—	—	

Таблица 3

Основные характеристики портовых буксиров и буксиров-кантовщиков с крыльчатými двигателями

Наименование судна	Мощность N, л. с.	Год постройки	Страна-строитель	Главные размерения, м				Водоизмещение D, т	Кубический модуль LBN, м ³	Соотношение главных размерений				Тяга на галке		Скорость свободного хода в уз	Экипаж, чел.	
				L	B	H	T			L/B	L/H	B/T	H/T	на швартовах Z _ш тс	Удельная Z _ш N, кг л. с.			
Харикадзе	2×65	1960	Япония	11,5	4,2	1,5	1,0	—	72,4	2,74	7,66	4,2	1,50	0,56	—	—	5	
Баас	2×130	1966	Бельгия	14,93	4,60	2,87	2,38	61	197	3,25	5,21	1,97	1,21	0,76	4,5	17,3	8,0	—
Аурора	1×290	1966	ФРГ	15,0	5,5	1,75	—	—	140	2,73	8,56	—	—	—	—	—	—	—
Пиет Хейн	2×290	1962	ФРГ	15,80	5,10	2,52	1,80	—	204	3,10	6,25	2,83	1,40	0,54	—	—	—	—
Марс	2×300	1963	СССР	19,0	7,17	2,39	—	—	326	2,65	7,96	—	—	—	—	—	—	—
Дзичхо Мару	2×375	1966	Бельгия	23,00	6,92	2,9	1,96	170	462	3,32	1,94	3,53	1,48	—	7,2	12,0	9,5	3
Новус	2×520	1959	Япония	25,76	6,83	3,30	2,20	—	580	3,78	7,81	3,11	1,23	0,75	9,1	12,15	—	—
	2×600	1966	Нидерланды	26,25	8,00	3,10	2,20	268	955	3,28	8,49	3,64	1,41	0,80	14	11,65	12,0	—
Еуропа	2×650	1966	То же	26,25	8,00	3,10	2,20	268	955	3,28	8,49	3,64	1,41	0,80	16	12,80	—	—
Хукте	2×660	1967	Япония	26,55	8,08	5,20	4,55	—	1100	3,28	5,10	1,78	1,14	0,83	—	—	11,0	—
Начиба Мару	2×750	1962	Япония	26,70	8,20	3,30	2,30	—	700	3,36	8,10	3,46	1,43	—	15	10,0	11,21	10
Платоон	1×1600	1965	Англия	25,91	7,77	2,74	2,00	—	552	3,33	9,45	3,88	1,37	0,34	—	—	10,0	—
Уайтаман	2×864	1967	Англия	30,48	8,53	3,51	—	—	915	3,58	8,70	—	—	0,53	19,3	11,10	11	8
Дзичхо Мару	2×950	1962	Япония	29,00	8,20	3,80	2,73	—	864	3,38	7,30	3,01	1,39	—	19,45	10,20	12	12
Тиха Мару	2×990	1962	Япония	29,00	8,50	4,00	2,80	—	985	3,41	7,25	3,04	1,43	0,50	18,18	9,20	12,57	—
Осака Мару	2×1000	1964	Япония	28,80	8,40	3,90	2,80	—	942	3,43	7,39	3,00	1,39	0,47	19,6	9,80	13,07	10
Нардус	2×1015	1967	Нидерланды	31,00	8,60	5,20	3,80	—	1385	3,6	5,96	2,27	1,37	—	—	—	—	—
Водный трактор № 70	2×1100	1968	Бельгия	27,00	9,67	3,03	2,12	280	710	3,11	8,90	4,09	1,43	0,32	25,4	11,55	—	—
Индусбанк	2×1700	1968	Нидерланды	33,50	10,80	3,80	—	—	1375	3,10	8,81	—	—	—	—	—	—	—

все возрастающий объем торговли с зарубежными странами повлекли за собой увеличение числа судозаходов в порты страны, а также количества судов, одновременно находящихся в портах. В результате значительно возросло и усложнилось выполнение кантовочных операций с крупными судами. Это обусловило создание специальных портовых буксиров-кантовщиков, обладающих наряду со значительными тяговыми характеристиками более высокими маневренными качествами и малыми габаритами. Кроме того, интенсивно развивающиеся в последние годы контейнерные и пакетные перевозки резко сократили время погрузочно-разгрузочных операций транспортных судов и сделали его соизмеримым с длительностью кантовочных операций. Для повышения экономичности контейнерных перевозок потребовалось ускорить кантовочные операции. Это также способствовало созданию портовых буксиров, удовлетворяющих указанным требованиям.

Буксиры-кантовщики существенно отличаются от других портовых и рейдовых буксиров. Наиболее характерными портовыми буксирами-кантовщиками отечественной постройки являются *Сатурн*, *Марс* и *Рейд* (рис.1—3).

Как видно из табл. 2, мощность буксиров-кантовщиков составляет от 300 до 2—2,5 тыс. л. с. Длина между перпендикулярами обычно составляет от 15 до 30 м, скорость свободного хода равна 10—12 уз, величина тяги на швартовах — от 5 до 40 тс.

Буксиры-кантовщики имеют, как правило, гладкую палубу для удобной работы с буксирными канатами, которые приходится часто принимать, отдавать и перетаскивать от места подачи их с буксируемого судна, т. е. практически с любой точки палубы, к буксирному гаку или битенгам. По той же причине на буксирах-кантовщиках часть палубы в корме и в районе буксирного гака предусматривают свободной. Проходы по палубе вдоль бортов должны быть широкими, не имеющими каких-либо выступающих конструкций.

Рейдовые буксиры выполняют буксировочные работы в прибрежных морских районах с удалением от порта-убежища до 20—50 миль, что нередко обуславливает продолжительное пребывание судна в отрыве от порта. Поэтому при проектировании рейдовых буксиров предусматривается все необходимое для постоянного проживания экипажа на судне — жилые помещения, камбуз, кладовые провизии и санитарно-бытовые помещения.

Основные характеристики рейдовых буксиров общего назначения (табл. 4): мощность до 400 л. с., длина 13—21 м, тяга на швартовах 2—5 тс, скорость свободного хода до 10 уз.

Рейдовые буксиры общего назначения и рейдовые буксиры-кантовщики (рис. 4 и табл. 5) по сравнению с портовыми имеют более развитые судовые устройства. На них иногда устанавливается буксирная лебедка. Правда, в большинстве случаев она выполняет вспомогательную роль. Так, буксир *Ханс* (ФРГ) мощностью 675 л. с. и тягой на швартовах 12 тс имеет буксирную лебедку с тяговым усилием 3 тс. Малое отношение тяги лебедки к тяге на гаке

536994

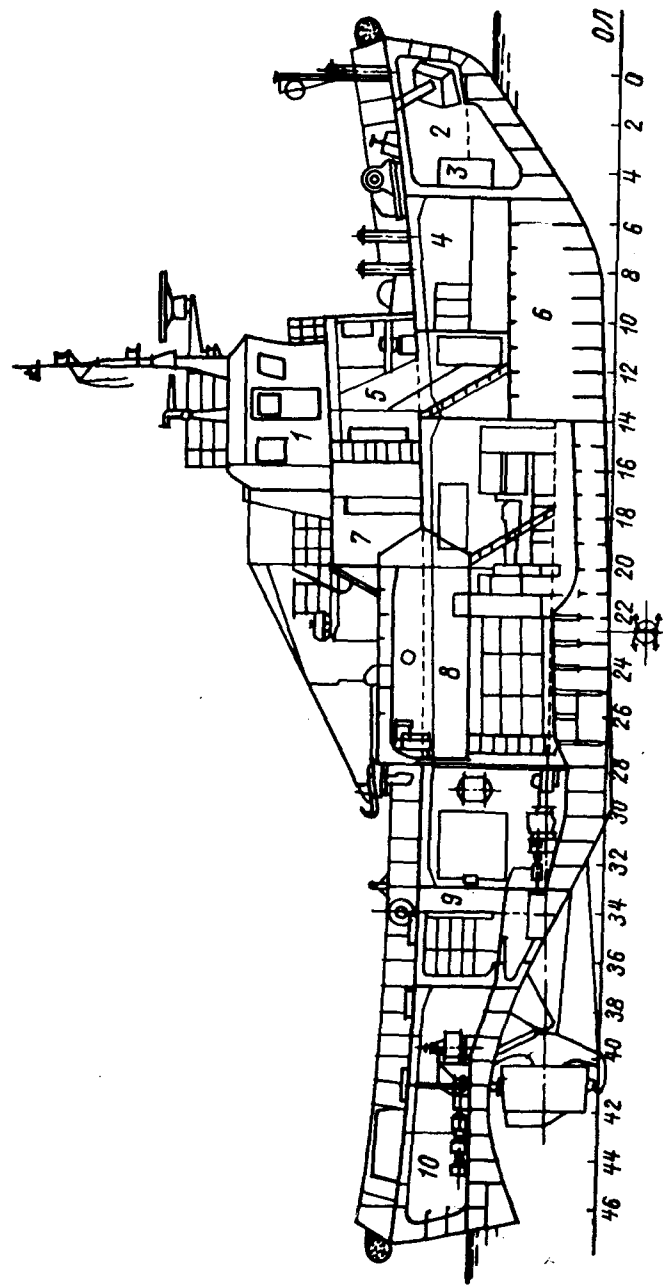


Рис. 1. Портовый буксир-кантовщик *Сатурн* мощностью 1200 л. с.
1 — ходовая рубка; 2 — штурманская; 3 — центральная каюта; 4 — каюта отдыха; 5 — служебная каюта; 6 — цистерна топлива; 7 — дувательная машина; 8 — машинное отделение; 9 — расходная цистерна топлива; 10 — помещение рулевых машин.

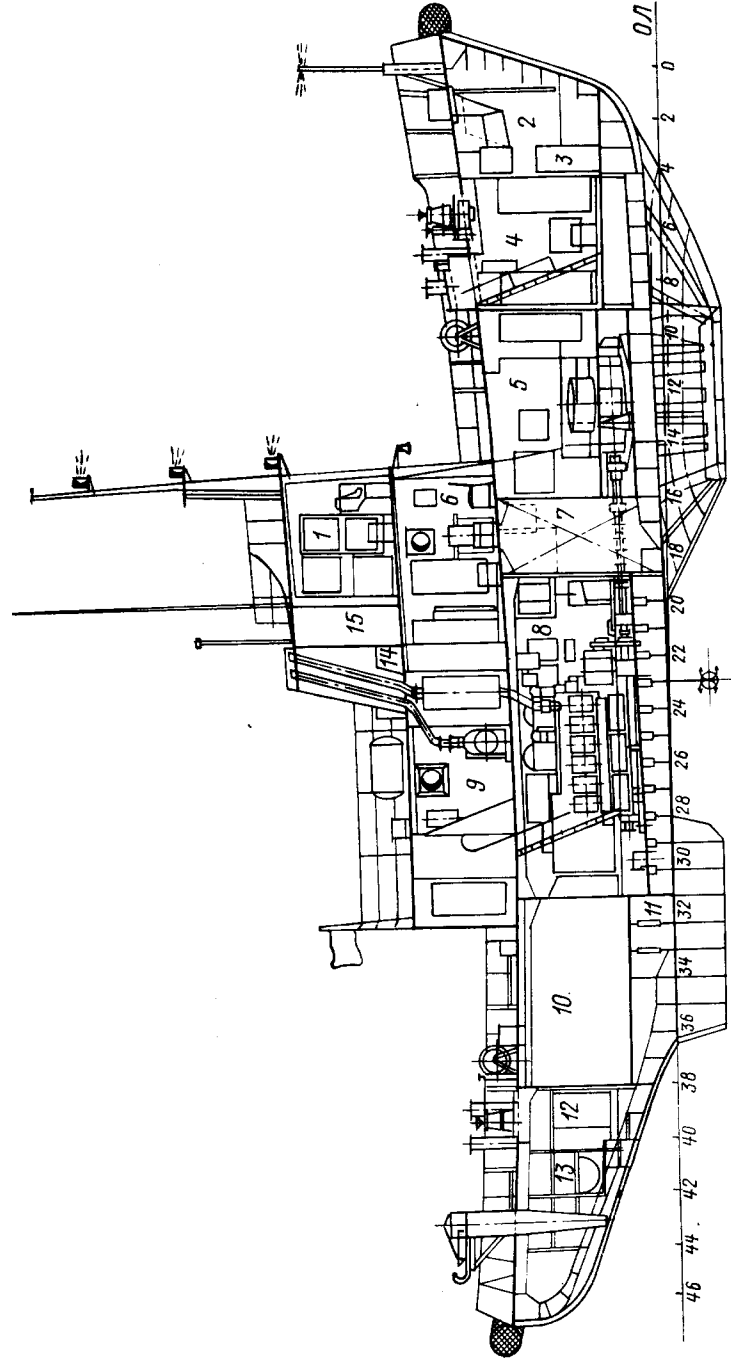


Рис. 2. Портовый буксир-кантовщик *Марс* мощностью 600 л. с.

1 — ходовая рубка; 2 — форпик; 3 — цепной ящик; 4 — помещение для рабочей одежды; 5 — отделение движителей; 6 — столовая; 7 — цистерна пресной воды; 8 — машинное отделение; 9 — помещение вспомогательного котла; 10 — каюта отдыха; 11 — цистерна котельной воды; 12 — цистерна питьевой воды; 13 — шкиперская; 14 — цистерна пенотушения; 15 — аккумуляторная.

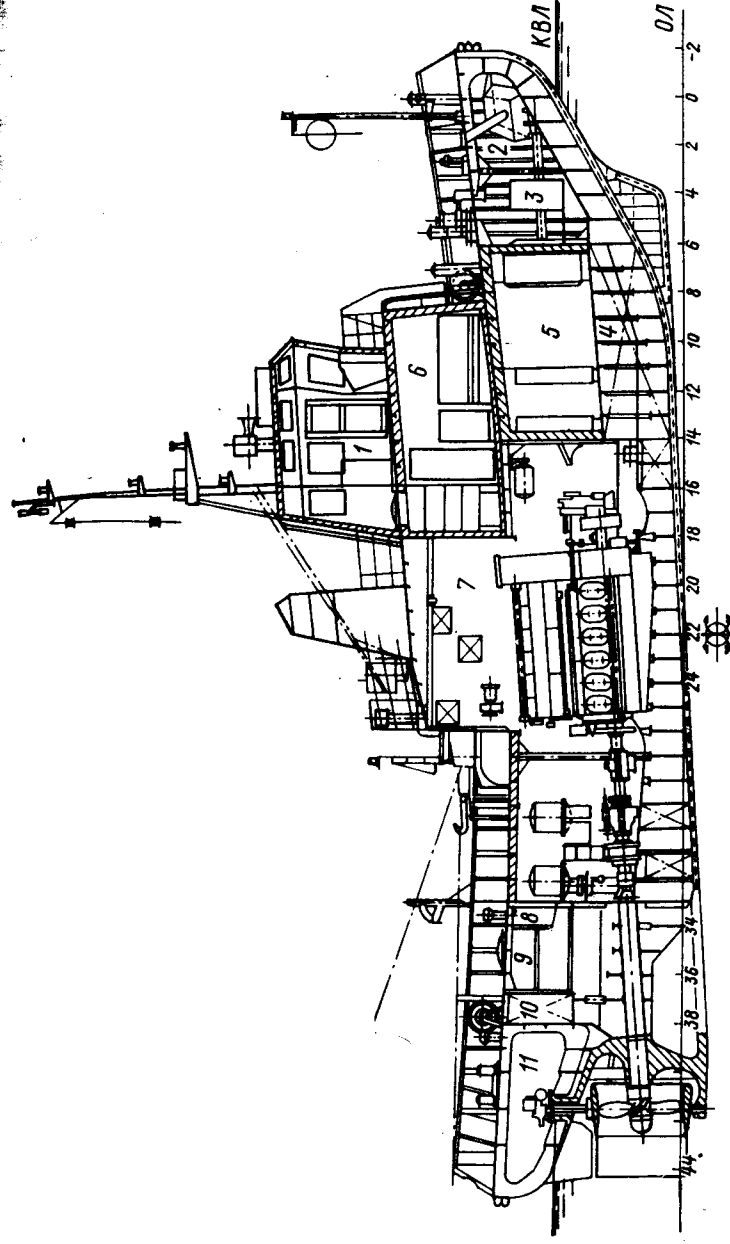


Рис. 3. Портовый буксир-кантовщик *Рейд* мощностью 600 л. с.

1 — ходовая рубка; 2 — форпик; 3 — цепной ящик; 4 — цистерна топлива; 5 — помещение для рабочей одежды; 6 — каюта отдыха; 7 — машинное отделение; 8 — расходная цистерна топлива; 9 — шкиперская; 10 — цистерна пресной воды; 11 — рулевое отделение.

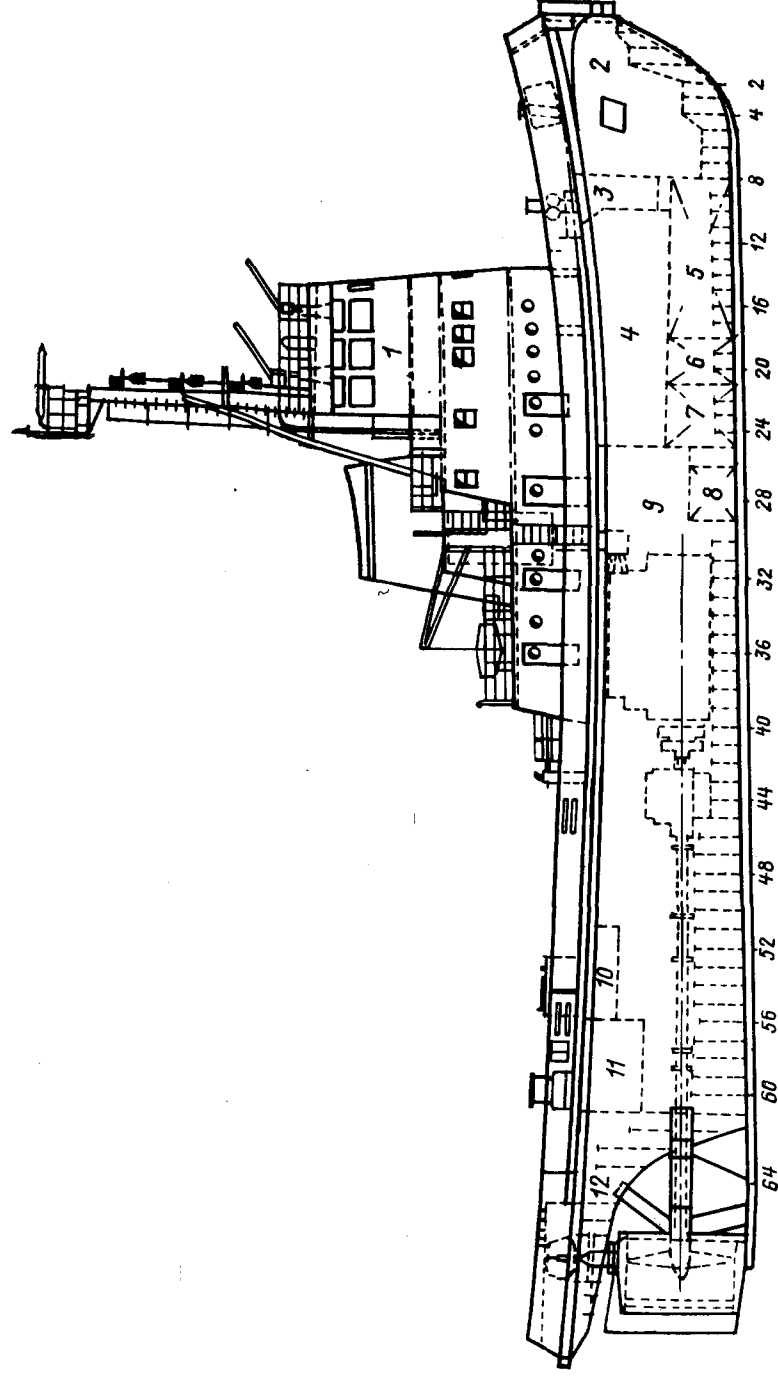


Рис. 4. Рейдовый буксир-кантовщик Динга Бей мощностью 2520 л. с.

1 — ходовая рубка; 2 — форпик; 3 — цепной ящик; 4 — двухместные каюты экипажа; 5 — цистерна пресной воды; 6 — цистерна водяного балласта; 7 — цистерна пеногашения; 8 — цистерна топлива; 9 — машинное отделение; 10 — тросовая кладовая; 11 — механическая кладовая; 12 — актерник.

Основные характеристики рейдовых и морских линейных буксиров

Наименование судна	Мощность N , л. с.	Год постройки	Страна-строитель	Главные размеры, м				Водоизмещение D , т	Кубический модуль $LbVh$, м ³	Соотношения главных размеров				$LbVh/N$, м ³ /л. с.	Удельная кубатура на швартовках Z_0 , т/с	Удельная кубатура на швартовках Z_0 , м ³ /л. с.	Скорость свободного хода v , уз	Экипаж, чел.
				L	B	H	Z			L/B	L/H	B/H	L/H					
Номерной	1×150	1961	СССР	14	3,8	1,9	1,41	32,8	101	3,69	7,37	2,70	1,35	0,67	12,35	8,5	6	
»	1×150	1965	»	16,16	3,8	2,16	1,39	40,9	133	4,25	7,48	2,74	1,55	0,89	13,35	9,2	8	
Такао Мару	1×180	1959	Япония	18,0	4,7	2,1	1,6	—	178	3,83	8,56	2,94	1,31	0,99	—	9,9	6	
МБ-301	1×225	1966	СССР	21,50	5,70	2,60	1,83	107,8	319	3,78	8,27	3,11	1,42	1,42	15,55	9,7	8	
Лиандаф Сити	1×240	1961	Англия	16,20	3,96	1,98	—	—	127	4,09	8,18	—	—	0,53	12,5	9,5	—	
Сейко Мару	1×280	1961	Япония	20,0	4,9	2,3	1,8	—	226	4,08	8,70	2,72	1,28	0,81	4,47	10,71	6	
РБТ-1	2×150	1950	СССР	13,25	3,68	2,30	1,40	34,0	112	3,60	5,76	2,63	1,64	0,37	3,15	9,5	4	
Грибач	2×150	1954	»	13,90	3,82	2,60	1,58	42,7	138	3,64	5,35	2,42	1,65	0,46	3,1	9,0	9	
Спутник	2×150	1959	»	16,00	4,70	2,00	1,10	50,0	150	3,40	8,00	4,27	1,82	0,50	2,5	9,2	8	
Минин	2×150	1942	»	17,60	4,30	2,2	1,48	54,0	166	4,10	8,00	2,90	1,49	0,55	2,4	10,0	11	
Выс	1×310	1954	ГДР	25,4	6,5	3,0	2,35	183	496	3,91	8,46	2,75	1,28	1,65	—	10,0	14	
Калтекс-134	1×310	1962	Исландия	20,5	5,33	2,44	1,98	—	267	3,85	8,41	2,69	1,23	0,86	3,5	10,0	—	
Рисвер	1×330	1967	Англия	18,28	5,33	2,5	1,83	90	244	3,44	7,32	2,91	1,37	0,74	4,0	8,75	10	
Курисио	1×330	1960	Япония	20	5,4	2,4	1,8	100	259	3,70	8,34	3,0	1,33	0,79	—	10,6	6	
Оотори Мару	1×350	1962	»	20,50	5,60	2,50	1,90	—	287	3,66	8,20	2,95	1,31	0,82	5,0	10,0	6	
Амста	1×350	1965	Испания	21,0	5,8	2,7	—	—	329	3,62	7,80	—	—	0,84	6,0	10,25	—	
Швагел	1×400	1957	ГДР	25,62	6,5	3,0	2,43	221	500	3,94	8,54	2,68	1,24	1,25	—	9,8	12	
Гвардец	1×500	1947	СССР	28,50	6,80	3,92	3,10	285	760	4,20	7,28	2,19	1,26	1,52	7	10,0	11	
Хокке Мару	1×650	1960	Япония	25,0	6,8	3,2	2,2	192	544	3,68	7,80	3,09	1,45	0,84	—	11	20	
Садко	1×750	1967	ГДР	30,40	8,2	3,7	2,75	362	923	3,71	8,23	2,98	1,35	1,23	7,8	11,2	13	

Таблица 4

Основные характеристики рейдовых буксиров-кантовщиков

Наименование судна	Мощность N, л. с.	Год постройки	Страна-строитель	Главные размеры, м				Кубический метр дутья LBH, м³	Соотношение главных размеров				Удельная кубатура LBH, м³/л. с.	Тяга на гаке		Скорость своего ходового хода в уз	Экипаж, чел.
				L	B	H	T		L/B	L/H	B/T	H/T		на швартовках	Удельная тяга Z, тс		
Ханс	1×675	1965	ФРГ	24,0	7,20	3,50	—	605	3,43	6,86	2,53	1,31	0,90	12,0	17,8	11,5	8
Ансад Ви	1×800	1967	Англия	24,0	6,70	3,45	2,65	553	3,58	6,94	2,53	1,31	0,90	12,0	17,8	11,5	8
Баркарт	1×850	1966	Англия	26,2	7,16	3,66	3,1	686	3,56	7,16	2,31	1,18	0,81	15,0	19,7	10,5	12
Дюхамо Мару	2×450	1962	Япония	27,0	7,90	3,55	—	728	3,54	7,61	2,31	1,18	0,81	14,0	17,6	10,5	12
Долос	1×1000	1964	Англия	27,0	7,62	3,81	3,35	771	3,54	7,08	2,27	1,14	0,77	18,0	15,55	—	—
Уестсайдер	1×1000	1964	Англия	27,13	7,16	3,66	2,80	708	3,79	7,40	2,56	1,31	0,71	18,0	18,0	11,5	8
Уезер Кук	1×1050	1960	Япония	26,82	7,32	3,66	2,97	719	3,61	7,50	2,46	1,23	0,68	18,0	17,15	—	—
Херклянен	1×1050	1963	Япония	27,43	7,62	3,80	—	870	3,39	7,32	—	—	0,72	19,7	16,4	13,36	—
Матсу Мару	1×1200	1966	Англия	28,95	8,07	4,08	3,4	955	3,59	7,10	2,38	1,20	0,79	20,0	11,7	10	12
Култра	1×1200	1962	Англия	28,96	8,53	3,81	—	940	3,40	7,60	—	—	0,71	14,0	15,2	10	12
Отелло	2×660	1966	Англия	29,41	8,38	4,11	—	1015	3,50	7,16	—	—	0,72	19,0	13,5	12,4	—
Б. К. Ламей	1×1400	1966	Англия	35,51	8,69	4,27	3,42	1310	4,11	8,32	2,54	1,25	0,52	37,5	14,9	13,25	—
Динга Бей	1×2520	1968	Англия	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

буксира показывает, что эта лебедка может быть использована только для вывешивания буксирного каната либо для швартовки. Буксировка на лебедке производится при заторможенном барабане.

В связи с ограниченным районом плавания портовых и рейдовых буксиров - кантовщиков значительно уменьшилось на них по сравнению с морскими буксирами количество устанавливаемого радиолокационного оборудования. На современных буксирах-кантовщиках предусматривается всего одна мачта, несущая лишь сигнальные и отличительные огни, антенны УКВ радиостанции и навигационной РЛС.

Буксиры - кантовщики выполняют большое количество маневров, поэтому из рулевой рубки должен быть хороший обзор, позволяющий оценивать положение судна в любой момент времени. Рулевая рубка на кантовщиках по сравнению с рулевой рубкой буксирных судов других классов значительно сдвинута в нос. Отстояние рубки от носовой оконечности составляет 0,15—0,25 длины буксира, в то время как у морских линейных буксиров оно достигает 0,3.

Рулевая рубка на буксирах-кантовщиках размещается выше, чем на

других буксирах тех же размерений. Отношение возвышения середины рубочных иллюминаторов над конструктивной ватерлинией (КВЛ) к длине судна в среднем равно 0,20—0,22. У новейших буксиров-кантовщиков это отношение достигает 0,25—0,26 и более. У морских линейных буксиров оно составляет 0,15. Благодаря высокой степени остекленности рубок обеспечивается хороший круговой обзор. С этой же целью от рубки удаляют дымовые трубы и другие надпалубные конструкции, часто применяют две трубы меньшего сечения, расположенные по бортам судна. На некоторых буксирах отвод выхлопных газов осуществляется через мачты.

Носовая оконечность буксиров-кантовщиков выполняется приглушенной в надводной части, с завалом фальшборта внутрь. Кормовая оконечность имеет обычно крейсерскую форму и также значительно скруглена в плане.

Корпус буксиров-кантовщиков обычно делится по длине четвертью поперечными переборками, что определяет число основных отсеков. Номенклатура и габариты основных помещений судов рассматриваемого класса имеют довольно установившийся характер. Этими помещениями являются: форпик с цепным ящиком, каюта отдыха, помещение рабочей одежды и сушильня, машинное отделение, тросовая кладовая и ахтерпик, включающий румпельное отделение.

Жилые помещения для экипажа, как правило, предусматриваются в носовой части корпуса, а также в надстройке. Там же располагается камбуз, столовая, санблок. На палубе надстройки находится шлюпочное устройство. Этим объясняется несколько большая длина рейдовых буксиров по сравнению с портовыми.

У буксиров с крыльчатыми движителями, расположенными в носовой части судна, компоновка помещений значительно отличается от принятой на винтовых буксирах-кантовщиках. В частности, помещения для отдыха экипажа располагаются в корме (см. рис. 2).

Среди рейдовых буксиров-кантовщиков в последнее время стали выделяться суда, предназначенные главным образом для обслуживания крупных танкеров. Они имеют некоторые особенности по сравнению с обычными кантовщиками. Так, у них высоко расположена рулевая рубка, что необходимо для обзора из нее при обслуживании высокооборотных танкеров. Отношение возвышения середины рубочных иллюминаторов над КВЛ к длине судна достигает 0,27—0,30. В связи с тем, что на танкерах перевозятся легко воспламеняющиеся грузы, на обслуживающих их буксирах потребовалось предусмотреть развитые противопожарные средства. Поэтому на крыше рулевой рубки, на крыльях ходового мостика, на специальных площадках мачт некоторых буксиров установлены пожарные мониторы. Кантовщики имеют сильно развитое эластичное отбойное устройство с мощными резиновыми носовыми и кормовыми кранцами. У большинства буксиров — одновальная гребная установка. Мощность их составляет 1,5—2,5 тыс. л. с.; тяга на гаке достигает 30 тс.

Морские линейные буксиры. В нашей стране регулярные морские транспортные буксировки в небольшом объеме сохраняются как в виде чисто морских, так и в виде смешанных типа море — река — море (например, буксировка лихтеров с лесом из портов Белого моря через Беломоро-Балтийский канал в Балтийское море). Первые применяются в тех бассейнах страны, где использование самоходного флота по тем или иным причинам затруднено. Особенно это относится к Дальневосточному бассейну. Здесь перевозки между мелкими портами и портопунктами осуществляются на несамоходных судах из-за ограниченных глубин в прибрежных районах. Буксирные суда применяются также для буксировки плотов-сигар в японские порты. В других бассейнах страны морские линейные буксиры используются для буксировки барж с местными строительными материалами на морских линиях и в прибрежных районах.

Морские линейные буксиры, имея единое назначение, различаются по своим размерам и мощности. Общими особенностями их являются повышенный надводный борт, стандартная или увеличенная седловатость палубы и двухъярусная рубка. Компоновка судовых помещений не отличается от таковой на других буксирах, у которых жилые помещения рассчитаны на полный штат команды. Примером линейного буксира может быть *Садко* (рис. 5).

На линейных буксирах в составе буксирного устройства, как правило, предусмотрена буксирная лебедка, обеспечивающая амортизацию рывков буксирного каната при буксировке судна или состава судов на волнении. Буксир *Садко*, например, имеет гидравлическую лебедку с автоматическим следящим механизмом: при рывке буксирного каната, превышающем номинальное натяжение, последний стравливается до 15 м, а при ослаблении тяги подбирается до момента уравнивания сил тяги и гидравлического давления в системе.

Линейные буксиры благодаря увеличенному надводному борту в носовой части обладают более высокой мореходностью, чем рейдовые буксиры. Они имеют хорошую устойчивость на курсе и всхожесть на волну; заливаемость их палуб невелика. Линейные буксиры оснащены электрорадионавигационными приборами, обеспечивающими нормальную работу и связь при значительном удалении от базы.

Типичным представителем малых морских линейных буксиров служит буксир МБ-301, являющийся головным в большой серии буксиров прибрежного плавания для Дальневосточного бассейна. Продольный разрез буксира показан на рис. 6.

В силу специфики малого буксира в составе его буксирного устройства отсутствует лебедка. Вместо нее применены электрогидравлическая буксирная вьюшка и гак.

Основные данные указанных и некоторых других линейных буксиров приведены в табл. 4. Как видно из таблицы, мощность отечественных малых линейных буксиров колеблется в диапазоне 225—750 л. с.; длина — 20—30 м; тяга на швартовах составляет

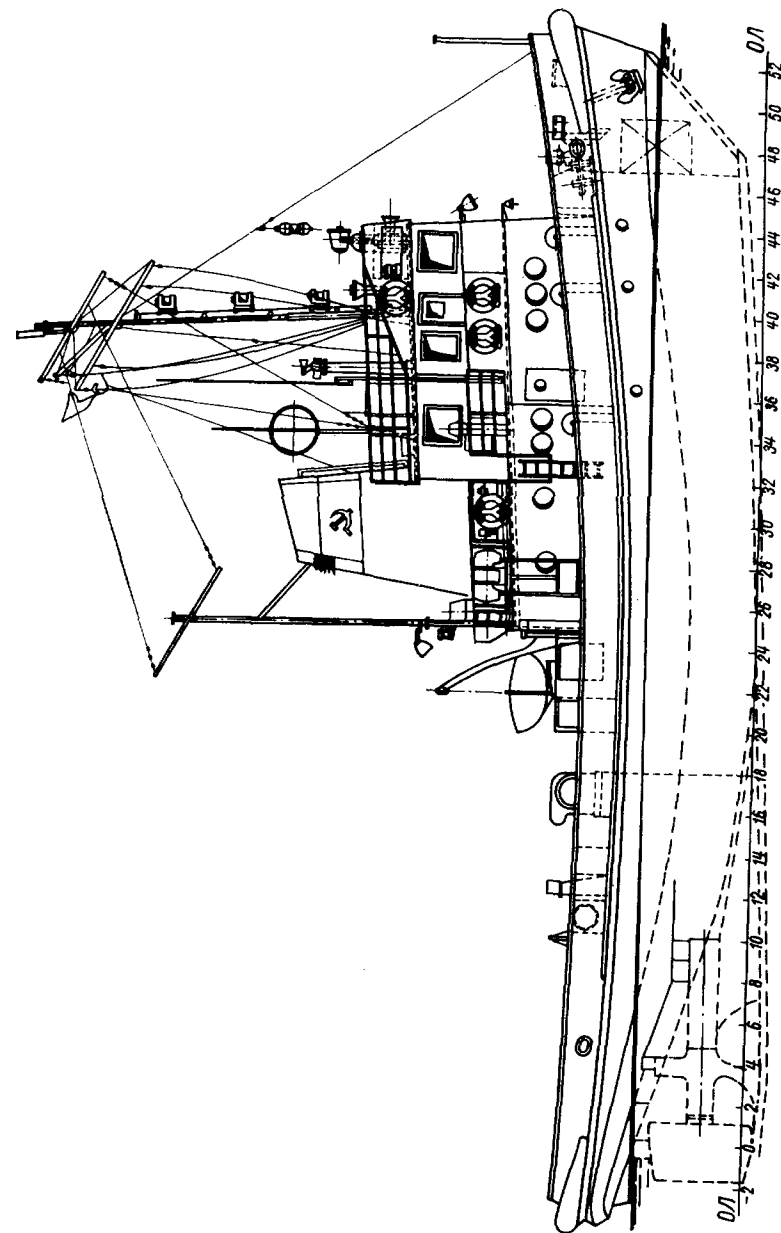


Рис. 5. Морской линейный буксир *Садко* мощностью 750 л. с.

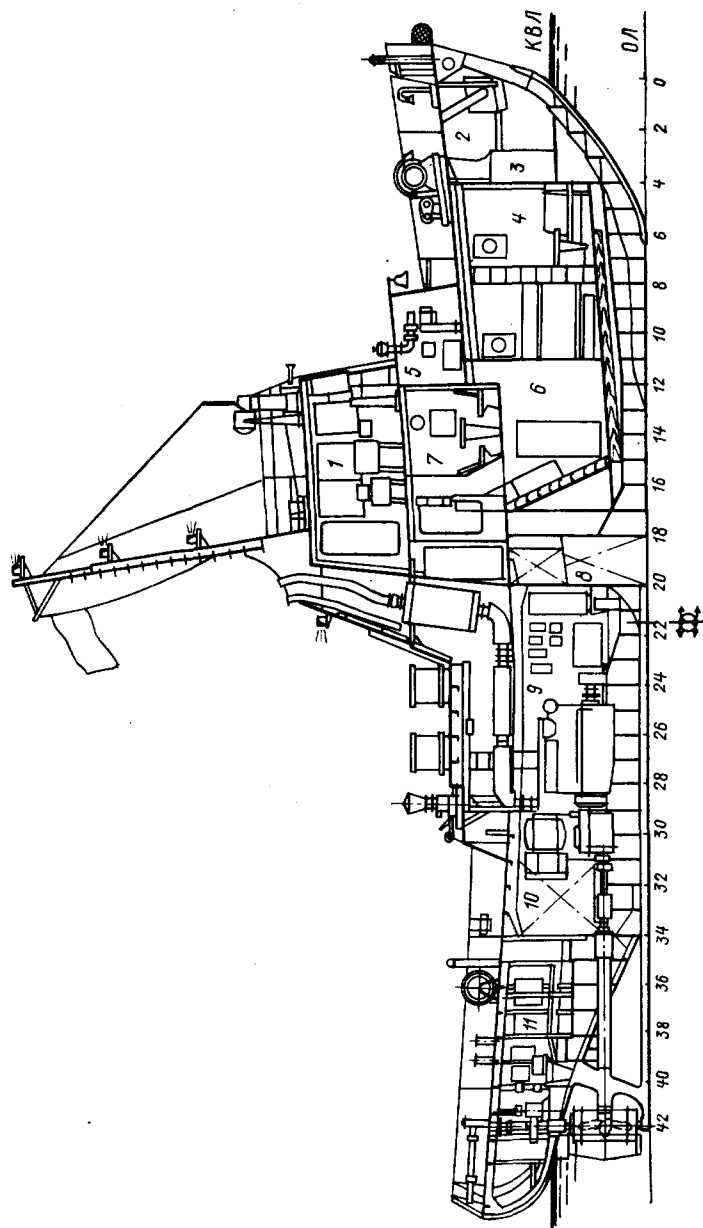


Рис. 6. Малый морской линейный буксир МБ-301 мощностью 225 л. с.

1 — холодная рубка; 2 — форпик; 3 — цепной ящик; 4 — четырехместная каюта; 5 — агрегатная; 6 — каюта на 2 чел.; 7 — столовая; 8 — цистерна топлива; 9 — машинное отделение; 10 — цистерна пресной воды; 11 — румпельное отделение.

3,5—8 тс, скорость свободного хода равна 10—11 уз. Для морских буксировок даже небольших судов на короткие расстояния и в прибрежном плавании необходима мощность буксира не менее 400 л. с. Известны случаи, когда при буксировке барж грузоподъемностью 400—1000 т в результате ухудшения погоды буксиры меньшей мощности не могли следовать по назначению.

Морские многоцелевые буксиры. В связи с развитием самоходного грузового флота количество морских транспортных буксировок резко сократилось. За рубежом морские линейные буксиры практически не строятся, а для морских буксировок используются так называемые многоцелевые буксиры. Это современные буксирные суда. Помимо выполнения транспортных линейных буксировок они пригодны и для работы в морских портах по обслуживанию крупных судов. Кроме того, они обеспечивают пожарную безопасность обслуживаемых судов, что особенно важно при работе с танкерами. Поскольку эти суда оборудованы мощными противопожарными средствами, на них возлагается также выполнение спасательных работ.

Морские многоцелевые буксиры имеют меньшие по сравнению с океанскими буксирами-спасателями, но значительно большие по сравнению с портовыми и рейдовыми буксирами автономность и дальность плавания. В отличие от океанских буксиров у морских многоцелевых буксиров более высокие маневренные характеристики и удельная тяга на гаке, уступающие, однако, аналогичным показателям на портовых и рейдовых буксирах-кантовщиках.

Основные характеристики наиболее типичных морских многоцелевых буксиров следующие (табл. 6): длина 29—45 м; мощность от 1500 до 3000 л. с., удельная тяга на швартовах 13,0—13,5 кгс/л. с., скорость свободного хода 12—14 уз. Характерными представителями судов этого типа являются *Викингбанк* и *Парахаки*.

Многоцелевые буксиры часто имеют грузовой трюм и развитое грузовое устройство, включающее краны и грузовые лебедки.

Поскольку на буксирах описываемого класса экипаж многочисленней, чем на портовых, а автономность плавания их значительно больше, серьезное внимание уделяется обитаемости. Для экипажа предусматриваются, как правило, комфортабельные одно- и двухместные каюты. Общее расположение помещений такое же, как и на других морских буксирах. Противопожарное оборудование, состоящее из нескольких (6—8 и более) поворотных мониторов, располагается частично на верхнем мостике, на специальных площадках мачт, а также в кормовой части шлюпочной палубы. Поэтому силуэт многоцелевого буксира имеет характерный вид.

При проектировании многоцелевых, линейных, портовых и рейдовых кантовщиков, предназначенных для работы в северных портах, их корпусам нередко придается ледокольная форма оконечностей и повышенная прочность, дающие возможность выполнять ледокольные работы в портах, на рейдах, на фарватерах паромов и т. п.

Основные характеристики многоцелевых и океанских буксиров

Наименование судна	Мощность N, л. с.	Год постройки	Страна-строитель	Главные размеры, м			Водоизмещение D, т	Кубический модуль LBH, м ³	Соотношение главных размеров				Удельная кубатура LBH N, м ³ /л. с.		Тага на гаке		Скорость свободного хода в уз	Экипаж, чел.
				L	B	H			T	L/B	L/H	B/T	H/T	на швартовах Z ₀ , тс	Удельная Z ₀ /N, кгс/л. с.			
Бокс Аевелиор	2×730	1962	Англия	28,26	7,92	3,96	—	886	3,57	7,14	—	—	0,61	—	—	—	—	—
Икээр	2×745	1963	Англия	29,31	8,53	3,96	—	1090	3,80	8,13	—	—	0,73	—	—	—	—	—
Забедист	1×1500	1965	Австралия	36,58	9,09	5,03	3,05	1760	3,81	7,26	—	—	1,17	—	—	—	—	—
Колберн	1×1500	1960	Австралия	38,10	9,45	4,42	—	1590	—	—	—	—	1,06	—	—	—	—	—
Арандах	1×1500	1963	Англия	41,10	9,00	—	—	—	4,27	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Квилькс	2×785	1965	ФРГ	32,0	8,94	4,31	—	543	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Арбл	1×1620	1961	ФРГ	37,7	9,75	4,30	3,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Кеверне	1×1650	1960	ФРГ	37,5	8,53	4,19	3,58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Викингбанк	2×825	1965	Англия	30,20	7,50	4,0	3,4	450	4,40	8,95	2,38	—	0,78	—	—	—	—	—
Стересуций	1×1700	1956	Нидерланды	34,15	9,45	4,88	4,03	906	4,03	7,55	2,21	—	0,81	—	—	—	—	—
Навблжампра	2×900	1966	Англия	55	11,5	5,5	4,51	1278	3,61	10,00	2,55	—	2,05	—	—	—	—	—
Лван Пласинг	2×1000	1958	СССР	43,0	10,0	5,5	4,1	2365	3,00	7,82	2,44	—	1,87	—	—	—	—	—
Бригитона	1×2000	1963	Англия	43,43	9,60	4,95	—	2060	4,52	8,76	—	—	1,34	—	—	—	—	—
Поворд-Холланд	2×1000	1965	Нидерланды	43,47	10,05	5,5	4,74	2405	4,32	7,90	2,12	—	1,20	—	—	—	—	—
Парахаки	2×1048	1963	Англия	35,66	9,45	4,57	4,04	1750	3,78	7,80	2,34	—	0,73	—	—	—	—	—
Тамаран	2×1050	1965	Испания	38,1	10,05	4,56	—	1128	4,33	8,35	2,53	—	0,83	—	—	—	—	—
Атлант	2×1215	1967	СССР	47,55	11,0	5,79	4,35	3035	4,26	8,97	—	—	1,38	—	—	—	—	—
Эль Кабало Гранде	2×1200	1966	Англия	40,23	9,43	4,43	—	1710	4,26	8,97	—	—	0,62	—	—	—	—	—
Бестрашский	2×2320	1963	Финляндия	59,3	11,52	5,78	—	1495	3,97	9,79	—	—	1,46	—	—	—	—	—
Монир	1×2520	1962	Япония	45,00	10,00	5,15	4,39	3680	4,79	9,56	—	—	0,72	—	—	—	—	—
Хайццо Мару	1×3200	1960	Япония	60,0	11,4	5,3	4,43	1970	2320	4,50	8,75	—	1,17	—	—	—	—	—
Тамас	2×1625	1961	Нидерланды	47,50	10,0	5,10	4,50	2420	5,26	11,3	2,58	—	1,20	—	—	—	—	—
Тайсе Мару № 1	2×1750	1961	Япония	50,00	10,4	5,0	4,5	2600	4,80	11,1	2,31	—	1,11	—	—	—	—	—
Бектен Мару	2×1800	1961	ФРГ	57,00	11,4	5,3	4,75	3750	5,00	10,5	3,0	—	1,12	—	—	—	—	—
Хельвано	4×970	1966	Швеция	62,0	12,4	5,9	4,10	4540	5,00	10,5	3,4	—	1,44	—	—	—	—	—
Памир	2×2100	1959	Норвегия	72	12,44	5,2	4,08	2032	4,66	5,78	13,8	—	1,27	—	—	—	—	—
Геркулес	4×1100	1960	ФРГ	56,8	10,55	5,65	4,75	3380	5,38	10,05	9,22	—	1,19	—	—	—	—	—
Александр	2×2500	1966	ФРГ	52,5	11,0	5,6	3,9	3235	4,77	9,38	2,82	—	1,44	—	—	—	—	—
Атлантик	2×2500	1960	ФРГ	58,5	10,25	5,52	3,86	3315	5,70	10,6	2,66	—	1,43	—	—	—	—	—

Америллис	2×3300	1967	Япония	66,50	14,0	6,7	—	3617	4,75	9,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Борлас	2×4100	1964	Италия	48,0	10,3	5,50	4,65	—	2720	4,66	8,72	—	—	—	—	—	—	—	—
Пасифик	2×4250	1962	ФРГ	63,5	11,58	5,59	4,57	—	4110	5,49	11,4	—	—	—	—	—	—	—	—
Звартс Зее	2×4500	1963	Нидерланды	78,00	12,35	6,90	5,75	—	5840	5,55	9,93	—	—	—	—	—	—	—	—
Койо Мару	2×4500	1968	Япония	78,00	14,00	7,00	6,00	—	7640	5,57	11,2	—	—	—	—	—	—	—	—
Элис Л. Моран	4×2400	1966	ФРГ	56,03	12,80	6,63	5,48	1880	4,39	8,47	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Океаник	2×8000	1968	ФРГ	87,0	14,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 7

Основные характеристики морских буксиров-ледоколов

Наименование судна	Мощность N, л. с.	Год постройки	Страна-строитель	Главные размеры, м			Водоизмещение D, т	Кубический модуль LBH, м ³	Соотношение главных размеров				Удельная кубатура LBH N, м ³ /л. с.		Тага на гаке		Скорость свободного хода в уз	Экипаж, чел.	
				L	B	H			T	L/B	L/H	B/T	H/T	на швартовах Z ₀ , тс	Удельная Z ₀ /N, кгс/л. с.				
Шторсгросс	1×870	1966	Швеция	22	7	3,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Тор	1×900	1966	Дания	22	7	3,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Зегс	2×825	1966	Дания	26,0	8,00	4,00	3,25	345	3,25	6,50	2,46	—	0,50	—	—	—	—	—	—
Гибб	1×1650	1962	Швеция	30	8,81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Симсон	1×1680	1966	Швеция	30	8,4	4,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Своален	2×1100	1964	Англия	27,74	8,61	5,11	4,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Фригга	1×1150	1967	Дания	26,60	8,00	3,75	3,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ахиллес	1×2900	1962	Англия	31,10	8,60	4,74	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Кара	2×1875	1965	Англия	27,74	8,61	5,11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Геракл	2×3000	1966	Англия	38,80	10,21	4,95	—	977	3,80	7,85	—	—	0,32	—	—	—	—	—	—

Буксиры, обладающие ледокольными качествами, имеют значительно бoльшую удельную мощность энергетической установки относительно их размеров. Особенно характерно для них более высокое значение отношения N/L , постоянно возрастающее: если в 1962 г. мощность ледокольного буксира *Гибб* была равна 1650 л. с., в 1964 г. у подобного буксира *Своллен* — 2200 л. с. (рис. 7, табл. 7), то в 1965 г. на буксире-ледоколе *Карл* она составила 3750 л. с. Длина же этих буксиров практически сохрани-

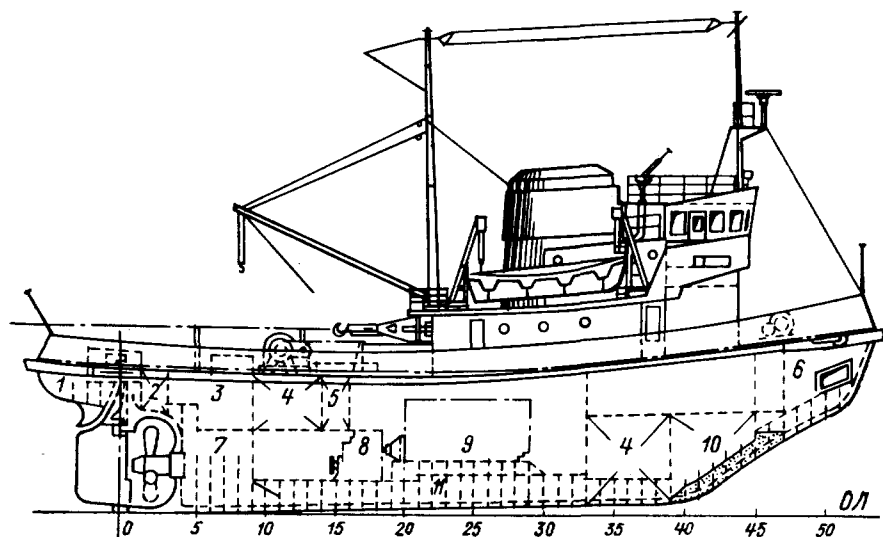


Рис. 7. Морской буксир-ледокол *Своллен* мощностью 2200 л. с.

1 — балластная цистерна; 2 — цистерна пресной воды; 3 — тросовая кладовая; 4 — запасные цистерны дизельного топлива; 5 — цистерна пенотушения; 6 — отстойная масляная цистерна; 7 — актерпик; 8 — редуктор; 9 — главные двигатели; 10 — сухой отсек; 11 — топливные цистерны.

лась, изменившись от 30,0 до 27,7 м. Отношение N/L возросло с 55 до 135.

Ледокольные буксиры мощностью до 2000 л. с., длиной 25—30 м близки по соотношению главных размеров к портовым буксирам-кантовщикам. Они используются также преимущественно в портах. Ледокольные буксиры мощностью 2000—4000 л. с. имеют длину 30—35 м.

Океанские буксирные суда. Это суда неограниченного района плавания. Они имеют большую автономность, нередко превышающую 20 суток, а дальность плавания их достигает 18 000 и более миль.

Традиционными судами указанного класса до недавнего времени были океанские буксирные суда универсального назначения.

Они предназначались главным образом для транспортных буксировок крупных судов и плавучих сооружений на дальние расстояния без ограничения по району плавания и погоде. Их мощность достигала 4000 л. с. Наибольшая скорость хода — 17 уз. Запасы топлива обеспечивали радиус действия наиболее быстроходных из них до 12 000 миль. Эти буксиры в случае необходимости использовались для выполнения спасательных работ, в связи с чем в составе их оборудования предусматривался необходимый минимум спасательных средств и аварийно-спасательного имущества.

В последние годы, в связи с развитием самоходного грузового флота, возросла потребность в океанских буксирах для оказания помощи крупным судам, терпящим бедствие в море. Появились суда, отличающиеся от буксиров других назначений. Это так называемые океанские буксиры-спасатели.

Современные океанские буксиры-спасатели предназначаются для выполнения спасательных операций, которые включают, в частности, поиск судов, терпящих бедствие; разрыв каналов для подхода к аварийным судам и снятия их с мели или рифов; тушение пожара на судах и объектах в море; производство аварийно-ремонтных работ (заделка пробоин, откачка воды, эвакуация экипажа и пассажиров с аварийного судна, выполнение водолазных, а также сварочных и резательных работ, в том числе под водой), буксировка и сопровождение аварийных судов к порту-убежищу; прием и выдача аварийным судам в открытом море топлива, смазочного масла, пресной воды, сжатого воздуха и электроэнергии. Кроме того, океанские буксиры-спасатели используются для специальных (экспедиционных) буксировок крупнотоннажных судов и крупных плавучих сооружений.

В последние годы как в нашей стране, так и за рубежом было построено большое количество океанских буксиров-спасателей. В ряде стран для оказания помощи крупнотоннажным судам развернулось строительство мощных (8000—10 000 л. с.) буксиров-спасателей. Дальность плавания их достигает 20 000 миль.

В 1963—1968 гг. в Нидерландах были построены три спасательных буксира типа *Зварге Зее* мощностью по 9000 л. с., рассчитанные на дальность плавания 19 800 миль, а в Японии в 1965 г. по проекту и заказу США — буксир-спасатель *Эллис Л. Моран* мощностью 9600 л. с., водоизмещением 1970 т, рассчитанный на дальность плавания 10 000 миль. В 1968 г. в ФРГ вступил в строй сверхмощный океанский буксир-спасатель, имеющий мощность 16 000 л. с. и скорость 22 уз.

Главными преимуществами океанских буксиров-спасателей являются большие мощность и скорость, дающие возможность быстро прибывать в район аварии и с большей скоростью производить буксировку крупнотоннажных судов и плавучих сооружений.

Особенности проектирования буксиров-спасателей подробно рассмотрены в книге [35].

§ 3. Буксирные суда внутреннего плавания

Буксирный флот внутреннего плавания — один из наиболее распространенных классов судов, работающих на реках, озерах и в морском прибрежном плавании. Достаточно сказать, что линейными толкачами и толкачами-буксирами в настоящее время транспортируется около половины всех грузов, перевозимых по внутренним водным путям. Буксиры и толкачи-буксиры обеспечивают нормальную работу технических средств портов и дноуглубительных караванов, помогают линейным толкачам при проводке крупных составов через шлюзы, при разводке секций и барж по причалам и формировании составов и, наконец, выполняют функции спасательных и посылочных судов.

Основным признаком толкачей-буксиров является наличие сцепного и буксирного устройств. Мощность толкачей-буксиров зависит от условий плавания и связанной с ними грузоподъемности буксируемых и толкаемых составов. На реках с ограниченными габаритами пути, где размеры состава и скорость движения небольшие, мощность толкачей-буксиров также ограничена. На регулируемых реках мощность толкачей-буксиров может быть и высокой, но здесь уже целесообразнее применять толкачи. Несмотря на большую распространенность толкачей-буксиров, мощность их редко превышает 2000 л. с. Мощность толкачей достигла 9000 л. с.

Толкачи в полном диапазоне мощностей (от 80 до 9000 л. с.) используются только на реках США, где вождение судов способом толкания уже давно стало единственным видом транспортной работы буксирного флота.

Буксиры, когда-то имевшие монопольное распространение во всех странах (кроме США), строятся для внутренних водных путей все в меньшем количестве, уступая свои позиции толкачам-буксирам и толкачам.

Для каждого типа буксирных судов внутреннего плавания характерны достаточно определенные значения мощности, осадки, главных размерений и их соотношений, а также основные архитектурные и конструктивные решения.

На некоторых реках ввиду особо ограниченных габаритов пути по ширине или глубине судового хода или по надводному габариту применяются буксиры и толкачи с размерениями корпуса и высотой рубок, отличными от обычных, характерных для судов свободных рек. Такие отклонения от нормальных архитектурно-конструктивных решений, имеются у буксиров и толкачей, плавающих по Дунаю, а также в некоторых других речных бассейнах.

Характерной особенностью толкачей и толкачей-буксиров является более высокое, чем у буксиров, положение ходовой рубки. Величина отстояния пола рубки, необходимая для обеспечения видимости впереди толкаемого состава, зависит от мощности судна, длины толкаемого состава, а также рода грузов, перевозимых в составах, и конструктивных особенностей судов, из которых формируются составы.

В этом параграфе приводятся основные характеристики и особенности наиболее типичных толкачей, толкачей-буксиров и буксиров внутреннего плавания.

Рейдовые буксиры и толкачи выполняют транспортно-маневровые работы на акваториях речных портов и формировочных рей-

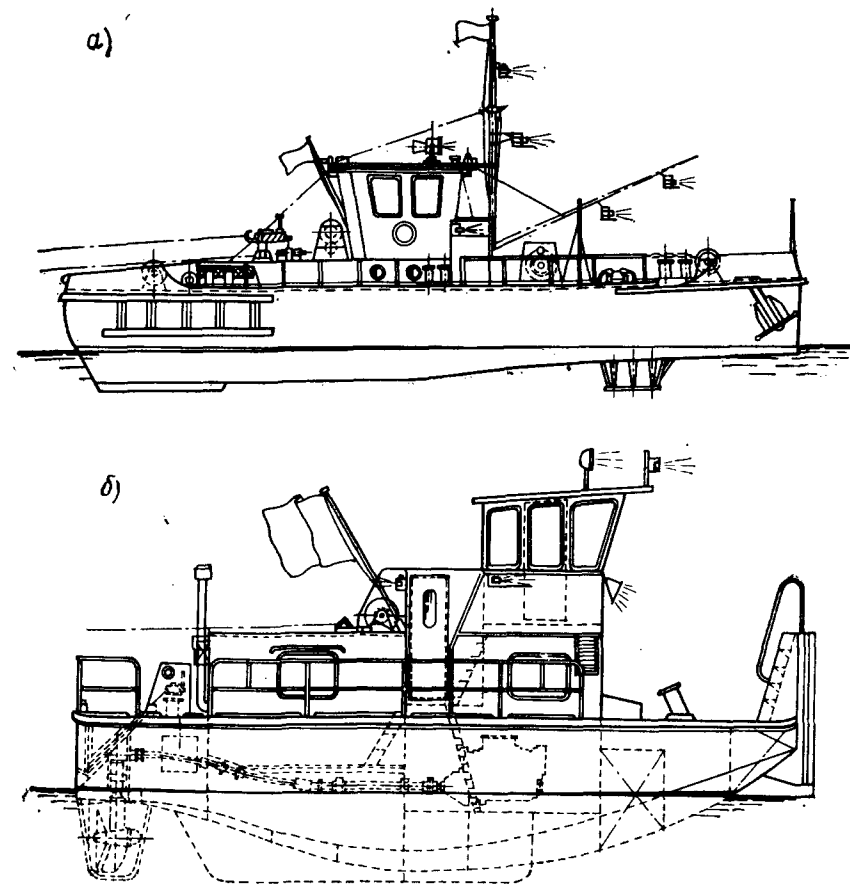


Рис. 8. Схемы общего вида рейдовых буксиров: а — Гном мощностью 2×135 л. с.; б — Жолимо мощностью 2×170 л. с.

дах. В связи с идентичными условиями работы в портах и на рейдах буксирные суда внутреннего плавания не разделяют на портвые и рейдовые. По установившейся терминологии их называют рейдовыми.

В табл. 8 приведены основные характеристики рейдовых судов, а на рис. 8 и 9 показаны наиболее характерные из них.

Для рейдовых судов внутреннего плавания, как и для портвых морских буксиров, особенно важны минимальные размеры судна

Основные характеристики толкачей-буксиров и буксиров рейдовых

Наименование судна или номер проекта	Мощность N, л. с.	Архитектурно-конструктивный тип судна	Район плаванья	Год постройки	Страна-строитель	Главные размерения, м				Водонесущие D, т	Кубический модуль LBN, M ³	Соотношение главных размерений				Удельная нагрузка LBN, M ³ /л. с.
						L	B	H	T			L/B	L/H	B/T	H/T	
—	132	Толкач-буксир	Внутренние водные пути	1965	Нидерланды	—	2,67	1,64	0,92	3,8	34	2,88	4,68	2,91	1,78	0,26
—	220	»	Порт Чинбате	1966	ФРГ	10,80	5,00	1,80	1,50	—	90	2,00	5,56	3,34	1,20	0,41
Глом	270	»	р. Дунай	1961	Австрия	19,35	5,00	2,40	1,10	—	232	3,87	8,06	4,54	2,18	0,86
Баса	290	Буксир	Порт Гамбург	1966	ФРГ	15,5	5,50	1,75	0,90	33,0	149	2,73	8,60	6,11	1,95	0,52
—	340	»	р. Дунай	—	НРБ	24,00	7,00	2,50	1,25	102	396	3,23	9,05	5,59	2,00	1,10
Амстель	390	»	Порты	1965	Испания	22,60	5,80	2,70	2,00	—	328	3,62	7,78	2,90	1,13	0,84
Хай Эйклер В.	565	»	Порт Гамбург	1967	ФРГ	21,00	5,40	2,70	2,25	—	270	3,43	6,87	2,40	1,20	0,48
Файрплей V	600	»	То же	1961	»	24,50	7,00	3,40	2,70	—	524	3,14	6,46	2,59	1,26	0,88
Ацкан	620	»	Порты	1965	Испания	23,00	5,80	2,70	2,20	—	328	3,62	7,78	2,64	1,23	0,53
P103	2 × 150	Рейдовый буксир ледокольного типа	Реки разряда «О»	1971	СССР	21,80	6,60	2,30	1,50	106	304	3,03	8,70	4,40	1,53	1,03
P47	2 × 300	Рейдовый ледокол-буксир-толкач-спасатель	То же	1971	»	20,00	7,7	3,00	1,80	200	415	3,50	9,00	4,28	1,67	0,69

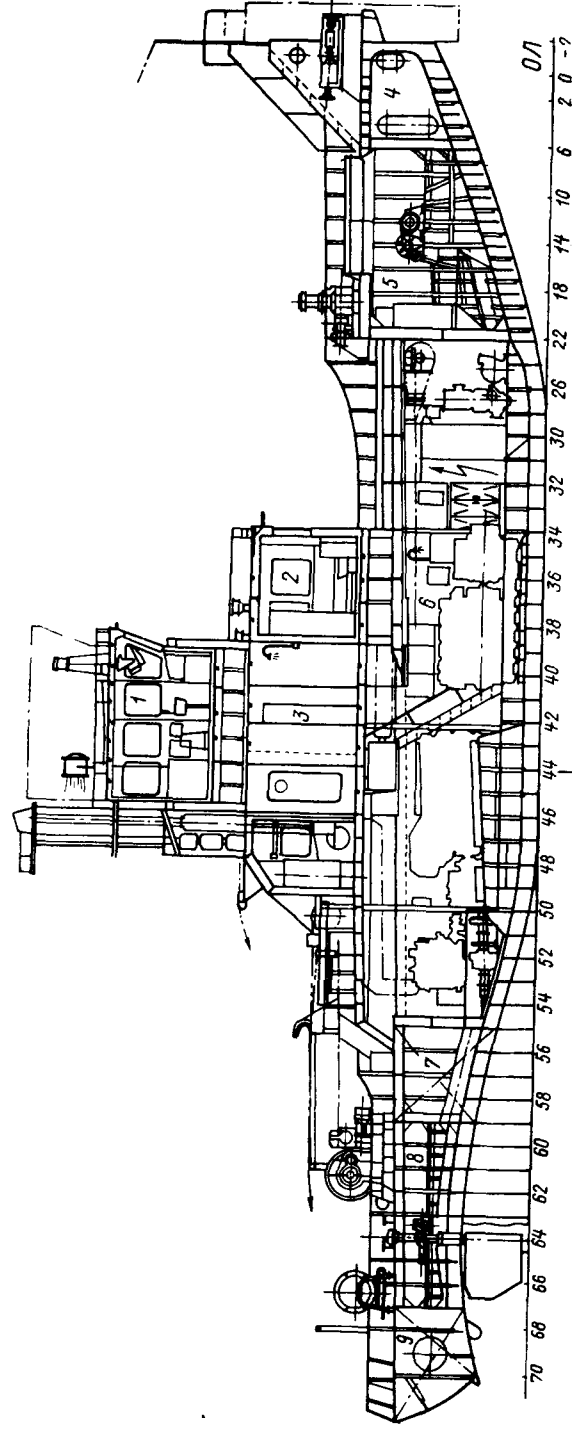


Рис. 9. Рейдовый ледокол-буксир-толкач-спасатель *Портовий-1* мощностью 600 л. с.
 1 — головная рубка; 2 — дежурное помещение; 3 — служебно-бытовые помещения; 4 — форник; 5 — отсек расклевывающей установки; 6 — машинное отделение; 7 — цистерны дизельного топлива; 8 — румпельное отделение; 9 — актреник.

в плане, что достигается сокращением номенклатуры судовых помещений в результате уменьшения количества мест для экипажа (бригадный метод обслуживания), упрощения судовых устройств и т. д.

Рейдовые буксиры строятся на классы «О» и «Р» Речного Регистра. Их основные характеристики: мощность от 50 до 350 л. с. (редко до 600 л. с.), тяга на швартовах до 4—5 тс, длина до 20 м и скорость свободного хода 15—20 км/ч.

Для обеспечения необходимых маневренных качеств используются отдельно управляемые поворотные насадки, крыльчатые движители и винтомоторный комплекс с поворотными колодками. Последний находит все более широкое применение.

Шлюзовые толкачи-буксиры оказывают помощь толкаемым и буксируемым составам при входе и выходе из шлюзов, на акваториях аванпортов и бьефов, в подходных каналах и т. п. Основная особенность их — малые габариты — обусловлена необходимостью максимального использования зеркала шлюзов для размещения грузовых составов. Шлюзовый толкач, входя в шлюз вместе с составом, должен занимать как можно меньше места. С этой целью разработан проект шлюзового толкача-буксира с поворотной носовой платформой, допускающей размещение толкача поперек шлюза.

Необходимость жилых помещений на шлюзовых толкачах устанавливается заданием на проектирование в зависимости от протяженности обслуживаемого участка. Однако для получения наименьших габаритов судна количество жилых помещений предусматривается обычно минимальным, как на рейдовых буксирах.

В табл. 9 приведены основные характеристики, а на рис. 10 показан боковой вид шлюзового толкача-буксира, широко распространенного в нашей стране. Такие суда работают не только при шлюзах, но и на каналах и на некоторых реках, совершая рейсы продолжительностью более суток. На них предусматриваются вспомогательные помещения и каюты для экипажа. Кроме этих толкачей-буксиров при шлюзах успешно работают буксиры типа *РБТ-1* (см. табл. 4).

Шлюзовые толкачи-буксиры иногда оборудуются буксирной лебедкой или механизированной вышкой с тяговым усилием, достаточным для выбирания ослабленного троса.

Высокие маневренные качества шлюзовых толкачей обеспечиваются теми же средствами, что и у портовых буксиров и толкачей. В связи с необходимостью выходов шлюзовых толкачей в водохранилища они обычно строятся на класс «О» Речного Регистра. Основные характеристики их: мощность до 600 л. с., тяга на швартовах до 5—6 тс, длина до 22 м, скорость 15—18 км/ч.

Линейные толкачи-буксиры и толкачи. По архитектурным типам они различаются в зависимости от мощности и района плавания и разделяются на две основные группы: речные класса «Р» малой мощности и озерные класса «О» средней и большой мощности.

Первую группу судов составляют толкачи-буксиры мощностью от 60 до 500 л. с. Характерными типами толкачей-буксиров первой группы являются суда, приведенные в табл. 9 и 10 и на рис. 11.

Толкачи-буксиры второй группы мощностью от 600 л. с. (рис. 12) и выше (рис. 13—15) имеют такое же размещение отсеков в корпусе, как и у малых.

Возвышение пола ходовой рубки отечественных толкачей-буксиров с полными запасами над уровнем воды составляет: при

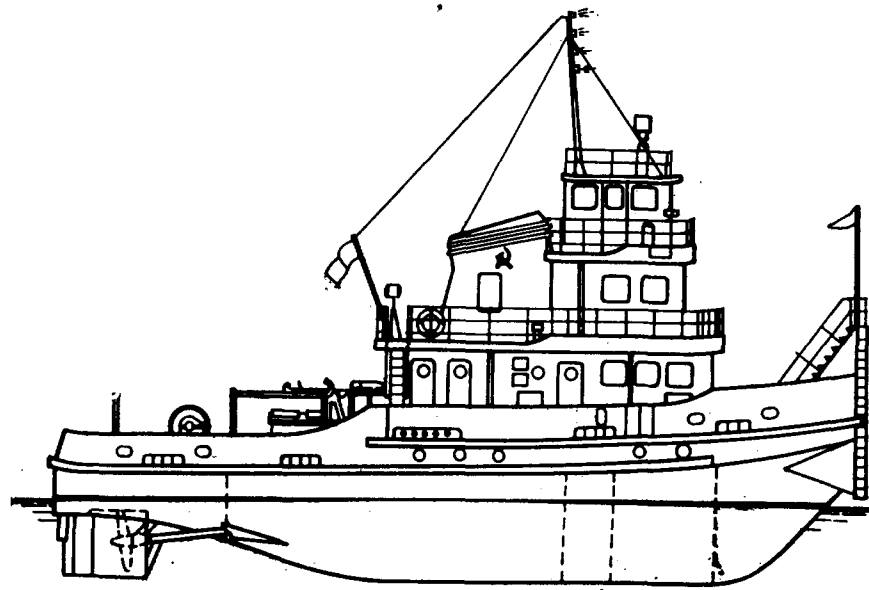


Рис. 10. Шлюзовый дизель-электрический толкач-буксир *Шлюзовой-1* мощностью 600 л. с.

мощности 150 л. с. — 1,4—3,0 м; 300 л. с. — 3,2—3,8 м; 600 л. с. — 5,5—6,0 м; 800 л. с. — 6,0—8,0 м; 1300 л. с. — 6,5—8,5 м; 2000 л. с. — 8,5—9,0 м; 4000 л. с. — 9,6 м.

Мощность современных линейных толкачей-буксиров и толкачей на европейских реках достигает 4000 л. с., тяга на швартовах — 36—40 тс, длина — 55 м, скорость свободного хода — 28 км/ч.

Современные линейные толкачи США имеют мощность до 9000 л. с. Среди специалистов США есть мнение о возможном увеличении мощности толкачей до 10 000 и даже 15 000 л. с. Однако большинство высказывается за то, что в этом нет необходимости и достигнутые мощности являются максимальными, так как глубины судового хода даже на основной реке США — Миссисипи на 51% ее длины не превышают 2,7 м, на 41% составляют от 2,7 до 3,7 м и только 8% имеют глубины более 3,7 м. Следовательно, осадка толкачей весьма лимитирована, а поэтому,

Основные характеристики линейных толкачей

Номер проекта	Мощность N , л. с.	Класс Речного Регистра	Район плавания	Год постройки	Главные размерения, м				Водоизмещение, полное D , т	LBH , м ³
					L_T/L	B	H	T		
861A	150	«Р»	Малые реки	1958	$\frac{17,45}{16,00}$	3,70	1,30	0,53	21,6	77
861У	150	«Р»	То же	1965	$\frac{19,72}{18,00}$	3,70	1,30	0,58	29,9	87
P961	150	«Р»	» »	1971	$\frac{21,80}{19,90}$	5,00	1,40	0,55	42,5	140
481A	225	«Р»	Реки разряда «Р»	1966	$\frac{18,60}{18,30}$	4,10	2,05	0,95	50,7	154
795	2×140	«О»	» » «О»	1956	$\frac{30,90}{29,00}$	6,50	2,50	1,66	150,0	471
9116	2×150	«Р»	» » «Р»	1961	$\frac{26,20}{25,40}$	6,60	1,80	0,95	98,9	302
809A	2×150	«Р»	То же	1954	$\frac{22,10}{21,00}$	5,20	1,30	0,80	53,3	142
908	2×225	«Р»	» »	1962	$\frac{28,55}{27,50}$	7,50	2,10	1,20	144,3	433
1587	2×270	«М»	Водоёмы разряда «М»	1961	$\frac{22,15}{21,13}$	7,00	2,78	1,55	131,4	410
887	2×300	«О»	Реки разряда «О»	1960	$\frac{22,70}{21,50}$	7,80	3,00	2,11	182,0	503
P45	2×300	«Р»	» » «Р»	1969	$\frac{32,15}{31,00}$	7,50	2,70	1,30	190,0	627
1741	2×300	«Р»	То же	1972	$\frac{32,40}{31,00}$	8,00	2,70	$\frac{1,30}{1,52}$	$\frac{210}{256}$	670
758AM	2×400	«О»	Реки разряда «О»	1965	$\frac{40,80}{38,50}$	8,20	3,20	2,11	422,4	1010
7496	2×670	«О»	То же	1958	$\frac{41,03}{39,60}$	9,00	3,50	2,20	497,0	1246
428	2×1000	«О»	Реки Сибири	1967	$\frac{45,46}{44,00}$	11,60	3,30	2,00	660,9	1685
415	2×1000	«О»	Реки разряда «О»	1963	$\frac{57,45}{55,00}$	8,00	2,84	1,72	538,0	1270
947	2×2000	«О»	р. Волга, Кама	1970	$\frac{52,32}{50,00}$	13,60	4,30	3,06	1105,9	2924

и толкачей-буксиров отечественной постройки

Соотношения главных размерений				Удельная кубатура LBH/N , м ³ л. с.	Энерговооруженность N/D	Тяга на гаке		Кэффициенты общей полноты δ	Скорость свободного хода с составом, км ч	Автономность, сутки	Мощность электростанции		Экипаж, чел.
L/B	L/H	B/T	H/T			на швартовах Z_0 , кгс	удельная Z_1/N , кгс.л. с.				$N_{эл}$, кВт	удельная $N_{эл}/N$, кВт.л. с.	
4,33	12,3	6,99	2,45	0,51	6,95	1 870	12,2	0,685	$\frac{16,4}{7-8}$	3	1,2	0,008	4
4,87	13,8	6,37	2,24	0,58	5,01	1 850	12,3	0,773	$\frac{15,5}{7-8}$	5	1,2	0,008	7
4,00	14,2	9,10	2,54	0,93	3,63	—	—	0,777	$\frac{14,5}{7-8}$	7,0	1,2	0,008	6
4,45	8,9	4,32	2,16	0,68	4,43	2 900	12,9	0,645	$\frac{16,0}{7-8}$	4,5	1,2	0,005	5
4,50	11,6	3,91	1,40	0,78	4,01	5 540	19,8	0,506	$\frac{19,5}{8-10}$	6	26	0,093	12
3,85	14,1	6,95	1,82	1,00	3,04	3 850	12,8	0,620	$\frac{15,9}{7-8}$	6	22	0,073	7
4,03	16,2	6,51	1,62	0,49	5,62	3 300	11,0	0,576	$\frac{18,0}{7-8}$	7	2,4	0,008	10
3,67	13,1	6,25	1,75	0,96	3,12	7 000	15,5	0,575	$\frac{17,8}{7-8}$	8	39	0,087	7
3,01	7,6	4,51	1,79	0,76	4,11	9 700	17,9	0,565	$\frac{18,7}{7-8}$	10	36	0,067	9
2,76	7,2	3,70	1,42	0,84	3,30	10 000	16,7	0,512	$\frac{18,8}{8-10}$	5	53	0,088	10
4,13	11,5	5,76	2,08	1,04	3,16	8 100	13,5	0,641	$\frac{20,0}{8-10}$	10	45	0,075	9
3,87	11,5	$\frac{6,16}{5,33}$	$\frac{2,08}{1,78}$	1,12	$\frac{2,86}{2,34}$	8 700	14,7	$\frac{0,655}{0,675}$	$\frac{19,0}{18,6}$	$\frac{9}{22}$	50	0,083	9
4,70	12,0	3,83	1,52	1,26	1,88	—	—	0,640	$\frac{20,0}{12}$	15	130	0,163	9
4,40	11,3	4,08	1,60	0,93	3,69	20 000	14,9	0,632	$\frac{21,0}{12-17}$	15	160	0,119	13
3,79	13,3	5,80	1,65	0,84	3,03	23 500	11,8	0,649	$\frac{23,0}{15-17}$	12	193	0,097	15
6,87	19,4	4,65	1,65	0,64	3,71	22 400	11,2	0,710	$\frac{24,0}{15-16}$	12	200	0,100	13
3,68	16,6	4,39	1,39	0,73	3,62	—	—	0,515	$\frac{28,0}{15-17}$	12	250	0,063	20

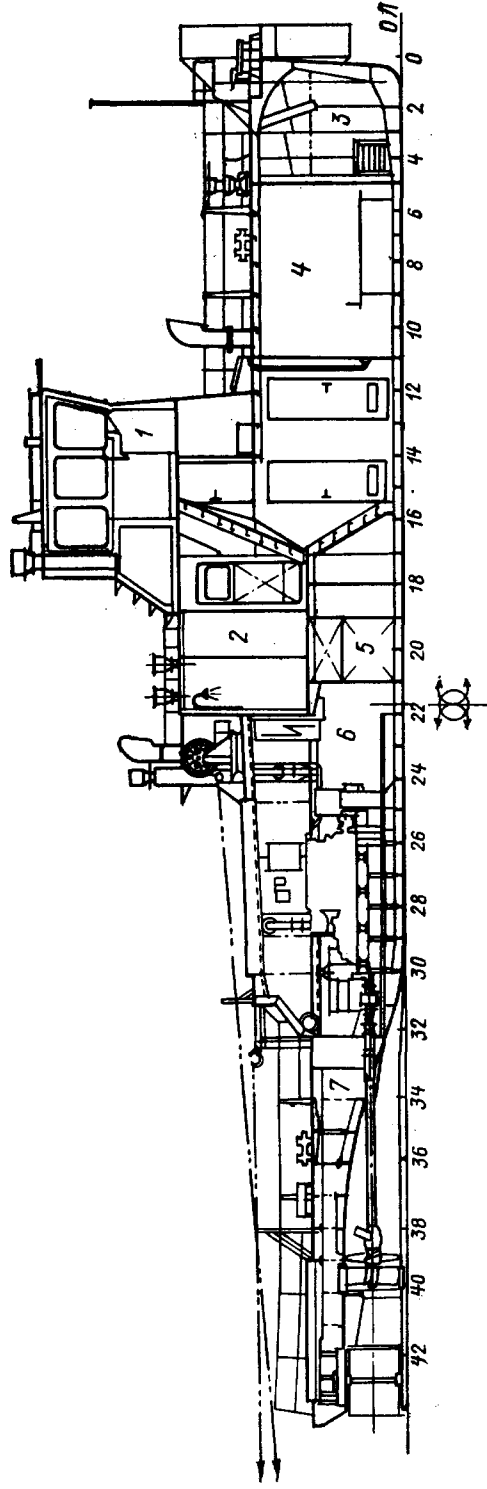


Рис. 11. Линейный толкач-буксир РТ-150 мощностью 150 л. с.
 1 — ходовая рубка; 2 — служебно-бытовые помещения; 3 — форпик; 4 — каюты команды; 5 — топливная и фекальная цистерны; 6 — машинное отделение; 7 — румпельное отделение.

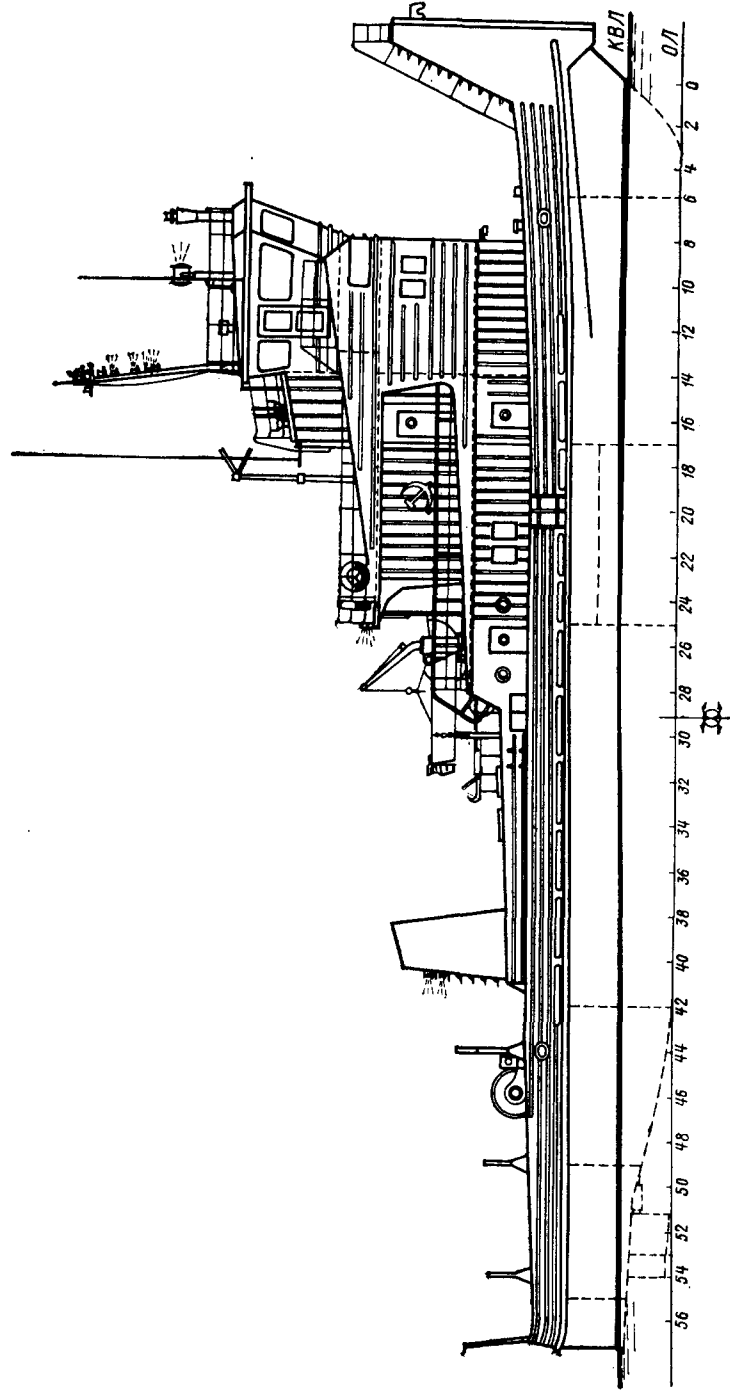


Рис. 12. Линейный толкач-буксир РТ-601 мощностью 600 л. с.

Основные характеристики линейных толкачей и толкачей-буксиров зарубежной постройки

Наименование судна	Мощность Л. с.	Архитектурно-конструктивный тип судна	Район плавания	Год постройки	Страна-строитель	Главные размеры, м				Водоизмещение Д. к	Кубический метр дутья ЛВН, м³	Соотношения главных размеров				Удельная кубатура ЛВН, м³/д. с.	Экспл. чел.
						L _г /L	B	H	T			L/B	L/H	B/T	H/T		
Трифлюу	42	Толкач-катамаран	Работа на реках и в порту	1964	Англия	9,90 9,20	3,28	1,41	0,80	—	43	2,80	6,50	4,10	1,76	1,02	—
Тур I	240	Толкач-буксир	р. Одер	1963	ПНР	20,96	6,00	1,60	0,96	—	200	3,48	13,10	6,26	1,67	0,83	—
Двайт Минс	660	Толкач	—	1965	США	21,34 20,50	6,10	2,44	1,50	—	305	3,36	8,41	4,07	1,63	0,46	—
Каскопейд	660	»	р. Миссури	1964	»	23,90 22,80	6,62	2,28	1,22	124	345	3,45	10,00	5,42	1,87	0,52	—
Энтерпрайз	670	Толкач-буксир	—	1961	»	17,37 16,40	5,49	2,00	1,68	—	180	2,98	8,20	3,27	1,19	0,27	—
П. В. Бранум	670	Толкач	р. Огайо и Миссисипи	1964	»	17,40 16,83	8,53	2,44	1,67	—	350	1,98	6,89	5,10	1,46	0,53	—
Сакова Тарабе	684	Толкач-буксир	Реки Нигерии	1965	Англия	21,64 21,34	8,23	2,13	1,37	—	374	2,59	10,00	6,00	1,55	0,55	12
Лиддингтон	680	То же	То же	1966	»	39,09 38,10	7,62	2,29	1,22	—	665	5,00	16,65	6,25	1,88	0,97	11
Сюр	700	Толкач	Эльзас-ский канал	1961	Франция	16,40 15,00	9,50	2,45	1,50	—	350	1,58	6,13	6,34	1,63	0,50	—
Ширли	760	»	Реки	1965	США	—	6,40	2,18	1,55	—	276	3,09	9,09	4,12	1,41	0,36	—
Хома Мару	800	Толкач-буксир	—	1966	Япония	19,80 17,25 15,00	8,00	3,60	2,60	—	432	1,88	4,16	3,08	1,39	0,54	9

Мец	940	Толкач-буксир	р. Мозель	1965	Франция	20,40 19,00	10,20	2,65	1,70	—	514	1,86	7,16	6,00	1,56	0,55	—
Баура	960	То же	—	1965	Пакистан	30,87 30,30	7,85	2,44	1,75	—	580	3,86	12,40	4,50	1,39	0,60	21
Дельфт	1000	»	—	1968	Нидерланды	20,65 19,00	9,47	2,50	—	—	490	4,39	8,25	—	2	0,49	8
—	1200	Толкач	р. Дунай	1966	НРБ	40,83 39,40	9,00	3,50	2,20	—	1240	4,37	11,25	4,09	1,59	1,03	—
Циби Мару	1200	Толкач-буксир	—	1966	Япония	28,20 27,00	7,50	3,30	2,51	237	666	3,60	8,20	2,99	1,31	0,56	8
Делиерад	1240	Толкач	р. Дунай	1965	НРБ	35,50 34,21	9,60	2,55	1,60	—	834	3,56	13,40	6,40	1,70	0,67	14
Геркулес	1240	»	р. Рейн	1960	ФРГ	27,00 24,00	15,00 (2 × 5,0)	2,40	1,70	—	576	4,80	10,00	2,94	1,41	0,47	—
С. Казорн	1440	»	—	1962	США	30,50 29,50	7,92	2,74	1,98	—	640	3,72	10,75	4,00	1,38	0,44	—
Вулкан I	1500	»	р. Рейн	1961	Нидерланды	38,07 36,65	10,00	2,75	1,80	—	1005	3,66	13,30	5,56	1,53	0,67	—
Мисс Халпе Мак	1530	»	р. Миссисипи	1962	США	30,40 29,00	8,40	3,00	2,30	—	560	3,46	9,66	3,65	1,31	0,37	—
Капитан Роleta	1530	»	р. Делавер и залива	1963	»	31,50 27,43	8,53	3,05	2,29	—	716	3,21	9,05	3,73	1,33	0,47	8
—	1540	»	р. Дунай	1968	НРБ	38,50 36,00	9,60	2,80	1,60	—	968	3,76	12,88	6,00	1,75	0,63	18
Шерл вих Белл	1600	»	р. Миссисипи	1966	США	— 30,80	12,80	2,10	1,50	—	826	2,40	14,70	8,50	1,40	0,52	—
Брауен Коаль	1700	»	р. Рейн	1967	ФРГ	— 27,00	9,50	2,50	1,4	—	642	2,84	10,80	6,78	1,79	0,38	—
Мансманн II	1800	»	»	1966	»	— 36,15	9,50	2,52	1,70	—	866	3,82	14,4	5,60	1,48	0,48	—

Наименование судна	Мощность № л. с.	Архитектурно-конструктивный тип судна	Район плавания	Год постройки	Страна-строитель	Главные размеры, м				Водоизмещение D, м	Кубический метр Дуль LVH, м³	Соотношения главных размеров				Удельная кубатура LVH, м³ л. с.	Экипаж, чел.
						L _T /L	B	H	L			LV	LN	VT	HT		
<i>Штос</i>	2400	Толкач-буксир	р. Рейн	1962	Швейцария	35,50	10,53	2,50	1,55	393	935	3,37	14,20	6,80	1,61	0,39	16
<i>Леди Глория</i>	3200	Толкач	—	1965	США	45,13 43,60	9,14	3,05	—	—	1218	4,78	14,30	—	—	0,38	—
<i>Стил Рейнджер</i>	4320	»	р. Огайо и р. Миссисипи	1965	»	51,23 48,30	12,19	3,35	2,60	—	1970	3,96	14,40	4,97	1,29	0,46	14
<i>Нессана</i>	5000	»	р. Миссисипи	1966	»	—	12,19	3,35	2,60	1150	2110	4,25	15,45	4,70	1,29	0,42	—
<i>Наприк Коллум</i>	6600	»	То же	1960	»	57,85 56,00	14,63	3,66	2,74	1000	2980	3,82	15,30	5,35	1,34	0,45	—
<i>Харриет Анна</i>	7200	»	»	1966	»	60,35	15,24	3,51	2,60	—	3220	3,95	17,20	5,85	1,35	0,45	—
<i>Марта Цинн</i>	7500	»	»	1966	»	—	15,24	3,50	2,59	—	2930	3,60	15,65	5,90	1,35	0,39	—
<i>Джон Мак Милан</i>	8000	»	»	1964	»	54,90	16,76	3,66	2,80	—	3400	3,31	15,10	6,00	1,31	0,43	—
<i>Америка</i>	9000	»	»	1960	»	55,48 56,10 54,00	17,68	3,81	2,90	—	3640	3,06	14,20	6,10	1,31	0,40	—

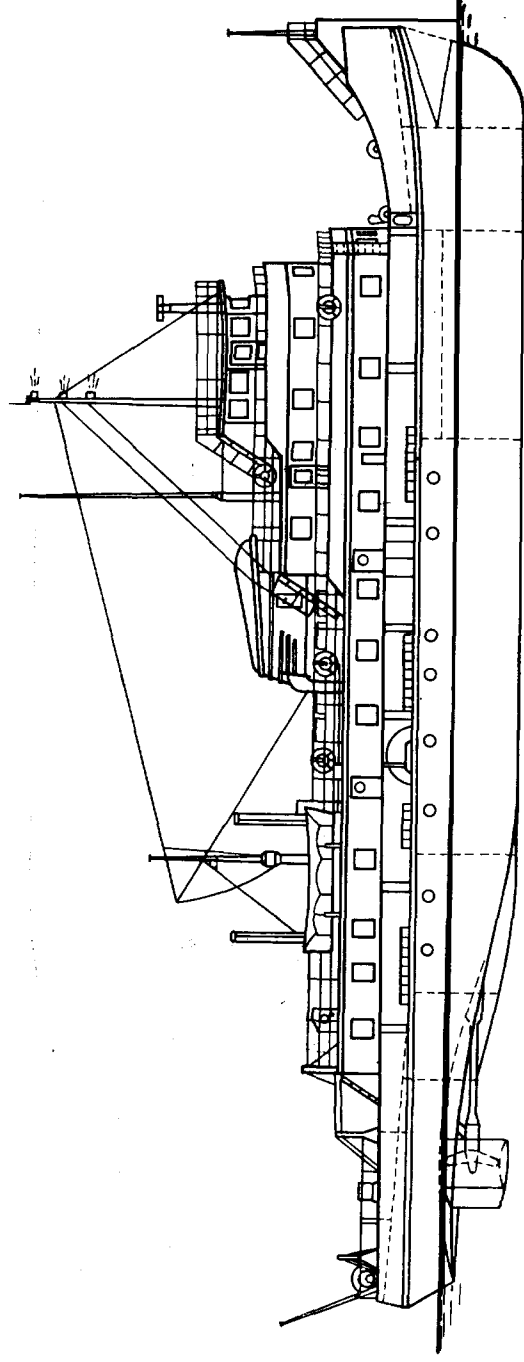


Рис. 13. Липейный толкач типа Зеленодольск, Плевна (Дунайский) мощностью 1200—1340 л. с.

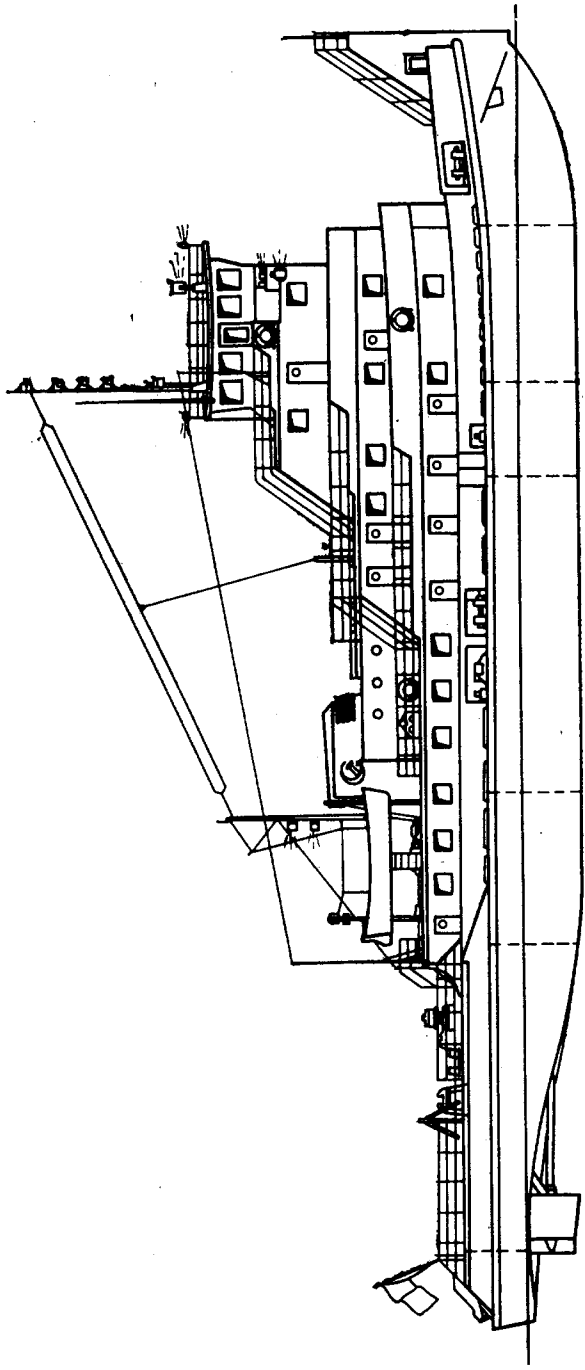


Рис. 14. Линейный толкач ОТА-2001 мощностью 2000 л. с.

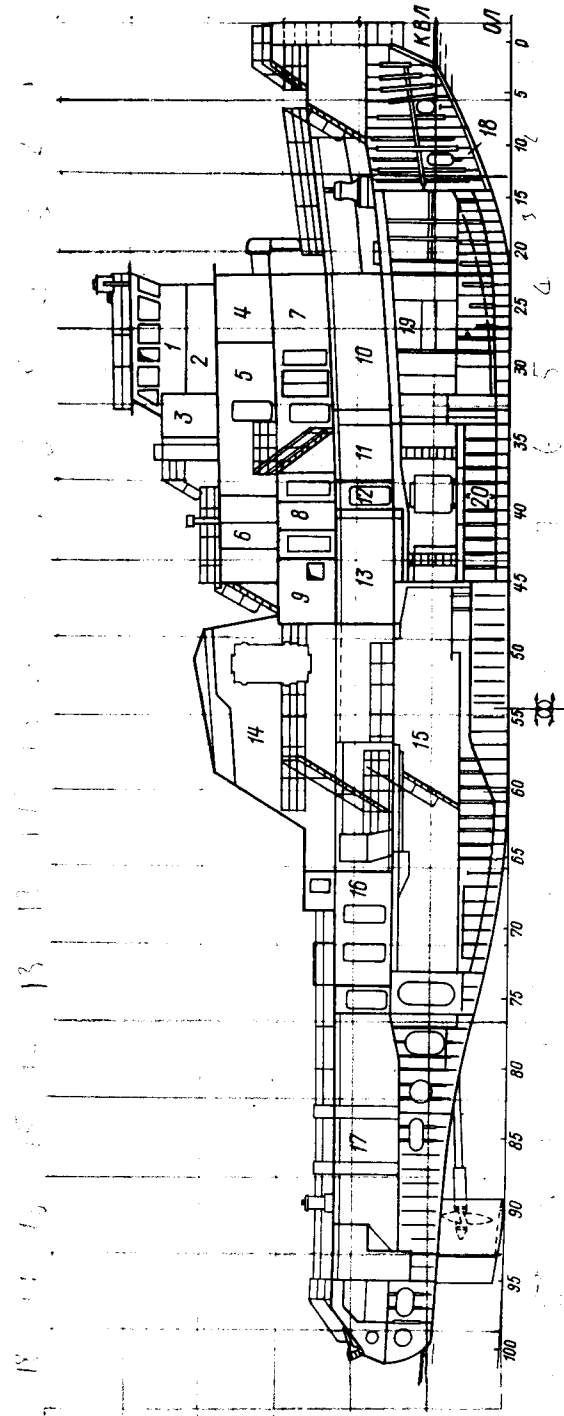


Рис. 15. Линейный толкач типа *Маршал Блюкер* мощностью 4000 л. с.

1 — холодная рубка; 2 — вентиляторная; 3 — аппаратная; 4, 5 и 7 — каюты команды; 6 и 8 — санитарно-бытовые помещения; 9 — помещение кондиционирования воздуха; 10 — столовая и красный угол; 11 — камбуз; 12 — коридор; 13 — центральный пост управления (ЦПУ); 14 — труба; 15 — машинное отделение; 16 и 19 — кладовые; 17 — румпельное отделение; 18 — фортик; 20 — балластные отсеки.

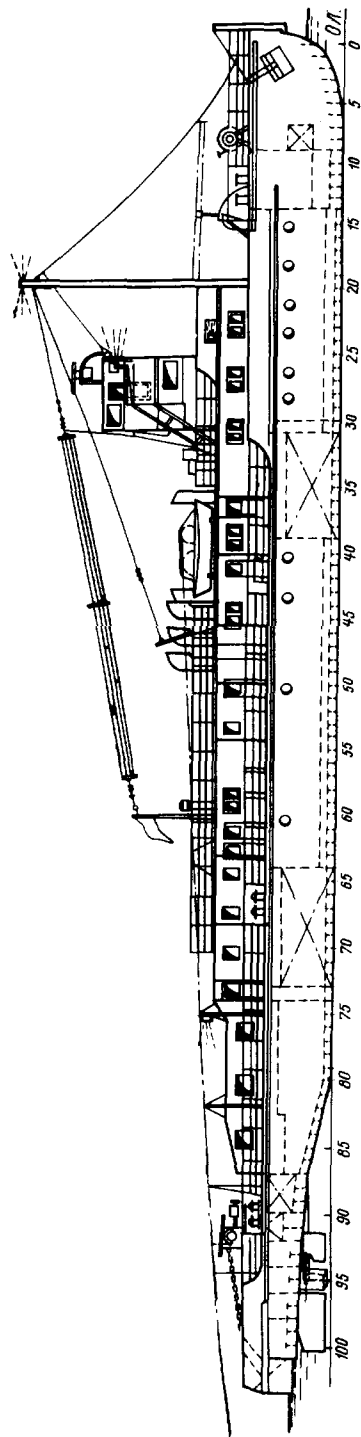


Рис. 16. Линейный толкач-буксир Москва мощностью 2000 л. с.

лимитирован и подбор оптимального диаметра гребных винтов, даже при разделении мощности на три-четыре гребных вала.

К толкачам-буксирам, имеющим отклонения от характерных для линейных судов соотношений главных размерений из-за особенностей пути, можно отнести дунайские. У этих судов большое отношение длины к ширине и малый надводный габарит. Типичный для Дуная мощный толкач-буксир приведен на рис. 16. Он имеет подъемно-опускную ходовую рубку.

В последнее время появился ряд проектов и построено несколько двухкорпусных толкачей-буксиров. Одним из первых был построен *Геркулес* (рис. 17). Преимущества двухкорпусных толкачей следующие: высокие поворотливость с толкаемым составом и остойчивость при буксировке, возможность снижения осадки и сопротивления движению, а вместе с этим и относительно более высокие тяговые показатели при меньшей величине усилий в сцепном устройстве за счет большей ширины палубы. Двухкорпусные толкачи-буксиры имеют развитую на оба корпуса, не доходящую до бортов надстройку, в которой расположены жилые и прочие помещения. Корпуса используются для размещения машинных отделений, кладовых и других помещений.

Длина двухкорпусных толкачей-буксиров обычно меньше, чем однокорпусных равной мощности, на 15—20%, однако общая ширина больше на 40—50%. Стоимость строительства двухкорпусных толкачей-буксиров несколько выше однокорпусных.

Линейные буксиры используются на открытых, регулируемых реках, озерах, каналах и в прибреж-

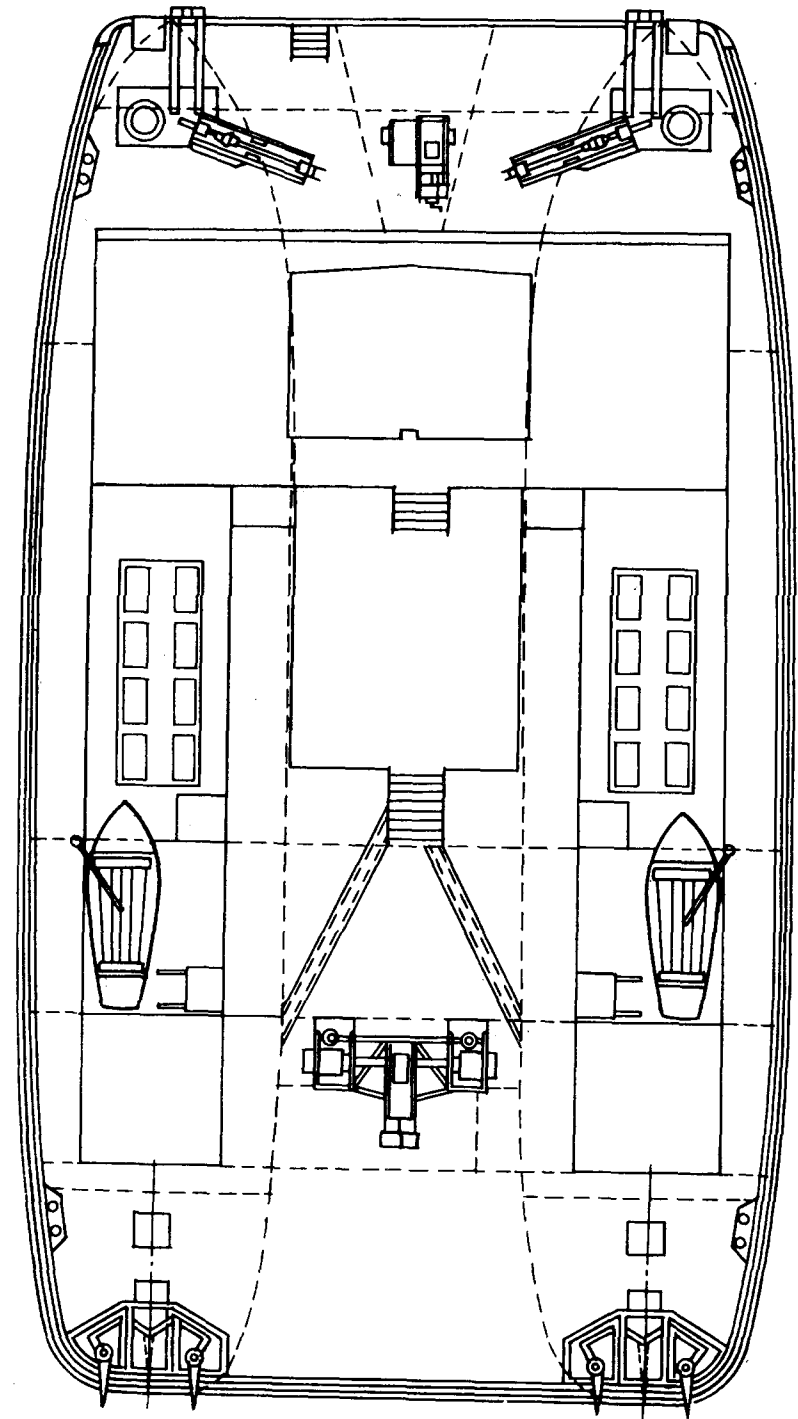


Рис. 17. План палуб линейного двухкорпусного толкача *Геркулес* мощностью 1240 л. с.

Основные характеристики линейных

Номер проекта	Мощность N , л. с.	Класс Речного Регистра	Район плавания	Год постройки	Главные размерения, м				Водоизмещение полное D , т
					L_r/L	B	H	T	
522	150	«Р»	Реки разряда «Р»	1948	$\frac{17,00}{16,00}$	3,58	1,30	0,72	24,2
P-376	150	«О»	» » «О»	1953	$\frac{21,00}{19,00}$	3,80	2,10	1,15	39,9
891А	180	«О»	То же	1960	$\frac{19,40}{18,00}$	4,26	2,00	1,47	53,3
891Б	225	«О»	Приладожские каналы	1960	$\frac{19,40}{18,00}$	4,26	2,00	1,44	51,8
528К	2 × 150	«Л»	р. Аму-Дарья	—	$\frac{24,10}{22,00}$	5,20	1,30	0,81	61,0
528	2 × 150	«Р»	Малые реки	1948	$\frac{21,80}{20,00}$	5,20	1,30	0,77	48,4
378	2 × 150	«О»	Реки разряда «О»	1949	$\frac{14,07}{13,50}$	3,70	2,30	1,58	42,7
P14 (плотовод)	2 × 225	«Р»	р. Северная Двина, Вычегда	1965	$\frac{29,42}{28,40}$	6,60	1,80	0,96	120,9
P33 (плотовод)	2 × 300	«Р»	Реки разряда «Р»	—	$\frac{33,84}{32,00}$	7,60	2,50	1,34	190,2
941	2 × 300	«О»	р. Нева, Финский залив	1964	$\frac{27,40}{26,00}$	7,00	3,10	2,20	164,1
Ч-1100	2 × 550	«О»	Реки и водохранилища	1952	$\frac{48,46}{44,00}$	9,00	3,20	2,20	542,0
P18А	2 × 600	«М»	Озеро Байкал	1967	$\frac{45,80}{41,00}$	9,00	4,40	3,08	540,9

ном плавании, поэтому строятся всех классов Речного Регистра. Их основные характеристики приведены в табл. 11 и 12.

При мощности до 600 л. с. это, как правило, гладкопалубные суда или с высоким полубаком. Если мощность составляет 800 л. с. и более буксиры класса «О» и «М» имеют удлиненный бак. Носовая оконечность корпуса буксиров чаще, чем у толкачей-буксиров, имеет ледокольные образования.

Для буксиров-плотоводов (рис. 18) характерен меньший надводный габарит, что важно для уменьшения парусности при буксировке плотов. Имеются и другие особенности, обусловленные специфическим назначением этих судов. К ним относятся повышенная прочность корпуса, защитное ограждение движительно-рулевого комплекса, буксирное устройство с двумя лебедками или

буксиров отечественной постройки

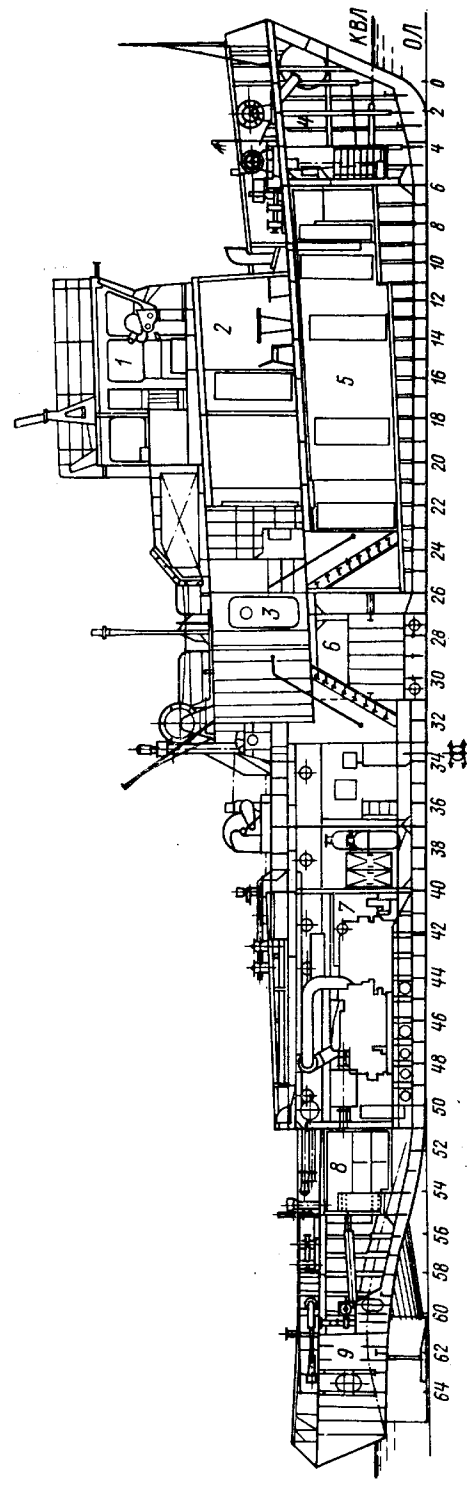
L/BH , м ³	Соотношения главных размерений				Удельная кубатура L/BH N , м ³ /л. с.	Энерговооруженность N/D	Тяга на гаке		Коэффициент общей полноты σ	Скорость свободного хода v , км/ч	Автономность, сутки	Мощность электростанции		Экипаж, чел.
	L/B	L/H	B/T	H/T			на швартовах $Z_{ш}$, кгс	удельная $Z_{уд}$, кгс/л. с.				$N_{эл}$, кВт	удельная $N_{эл}/N$, кВт/л. с.	
75	4,80	12,3	4,97	1,80	0,50	6,20	1 880	12,5	0,573	17,0	6	1,2	0,008	6
151	4,77	9,1	3,30	1,83	1,01	3,75	1 950	13,0	0,470	19,2	5	1,2	0,008	6
153	4,23	9,0	2,85	1,36	0,85	3,37	2 430	13,5	0,483	16,7	5	1,2	0,007	8
153	4,23	9,0	2,94	1,39	0,68	4,34	3 000	13,3	0,483	17,0	5	1,2	0,005	7
149	4,23	16,9	6,42	1,62	0,50	4,92	3 300	11,0	0,646	18,0	7	2,4	0,008	9
135	3,85	15,4	6,75	1,69	0,45	6,21	3 260	10,9	0,597	16,9	7	2,4	0,008	9
115	3,70	5,9	2,34	1,40	0,38	7,03	3 450	11,5	0,540	17,5	4,5	2,4	0,008	4
338	4,31	15,8	7,18	1,95	0,75	3,73	5 100	11,3	0,652	17,5	8	4,7	0,104	9
607	4,20	12,8	5,67	1,85	1,01	3,16	8 100	13,4	0,575	20,5	15	7,0	0,117	10
565	3,71	8,4	3,23	1,40	0,94	3,66	9 300	15,5	0,461	19,3	5	6,1	0,107	10
1329	5,11	14,4	4,08	1,45	1,20	2,03	15 700	14,3	0,530	18,0	10	7,2	0,066	23
1620	4,56	9,3	2,92	1,43	1,35	2,22	16 300	13,6	0,480	21,0	10	2,6	0,188	21

одной двухбарабанной лебедкой. Такое буксирное устройство необходимо для удлинения и выбирания буксирных канатов в случае прохода крутых колен и перекатов, а также для того, чтобы маневрировать плотом не изменяя курса буксира. Проведенные испытания показали: применяемое на плотоводах буксирное устройство позволяет сократить время перехода с плотом в среднем на 15%; снижается и величина аварийных потерь леса. Плотоводы имеют также увеличенный вес якорей и длину якорных цепей. Это необходимо для поворота плота против течения и подвода к берегу.

Жилые помещения размещаются в носовой части корпуса и в надстройке; число жилых мест предусматривается больше штата команды — для размещения лиц, сопровождающих плот.

Основные характеристики линейных буксиров зарубежной постройки

Наименование судна	Мощность N, л. с.	Архитектурно-конструктивный тип судна	Район плавания	Год постройки	Страна-строитель	Главные размерения, м				Водонамещение D, м ³	Кубический модуль LBH, м ³	Соотношения главных размерений				Экипаж, чел.
						L/L	B	H	T			L/B	L/H	B/T	H/T	
<i>Хинцу</i>	95	Буксир	—	1967	Англия	13,72 13,00	3,81	1,60	1,32	—	80	3,41	8,14	2,21	1,21	0,84
<i>Хавель</i>	144	»	Внутренние водные пути	1963	ГДР	17,90 17,00	4,00	1,70	0,86	32	116	4,25	10,00	4,65	1,98	0,81
<i>Болен</i>	150	»	Реки	1960	ПНР	18,65 17,50	3,70	1,30	0,60	24,5	84	4,74	13,50	6,14	2,16	0,56
<i>К. Мувьхайза</i>	200	»	Большой эльзасский канал	1960	Франция	10,60 10,00	5,00	1,45	0,87	22,45	73	2,00	6,90	5,75	1,67	0,36
—	200	»	р. Дунай	1962	НРБ	23,10 22,00	4,00	1,80	1,10	33,2	158	5,50	12,20	3,64	1,64	0,79
<i>Метеч II</i>	235	Буксир-толкач	р. Луизиана	1968	США	11,00 9,71	3,38	1,20	0,81	—	40	2,88	8,10	4,18	1,48	0,17
—	300	Буксир	Внутренние водные пути	1963	Пакистан	17,15 15,78	4,42	2,00	1,37	—	140	3,57	5,27	3,23	1,46	0,47
<i>Бека Марси</i>	460	Буксир-толкач	Канал	1967	США	13,71 13,00	3,92	2,08	1,50	—	106	3,50	6,60	2,61	1,39	0,23
<i>Линго</i>	660	Буксир	р. Темза	1964	Англия	25,00 22,80	6,00	2,90	2,20	—	397	3,80	7,90	2,72	1,32	0,90
<i>Ресофин</i>	1060	»	—	1966	Япония	27,30 25,00	7,40	3,20	2,36	245	592	3,40	7,78	3,13	1,36	0,56

Рис. 18. Линейный буксир-плотовод *Москва* мощностью 600 л. с.

1 — ходовая рубка; 2 — столовая и красный уголок; 3 — служебные и санитарно-бытовые помещения; 4 — форпик; 5 — каюты команды; 6 — топливная и фекальная цистерны; 7 — машинное отделение; 8 — кладовые; 9 — балластная цистерна.

В результате увеличения полноты кормовой оконечности машинное отделение значительно смещено в корму. Для плотовода это допустимо ввиду малой скорости движения с плотом. По той же причине гребные винты рассчитаны на режим работы, близкий к швартовному.

§ 4. Особенности работы буксиров

Особенности работы буксиров вытекают из большого комплекса операций, выполняемых в процессе буксировки судов и плавучих сооружений.

Под буксировкой, в общем виде, понимается транспортировка по воде несамходного или потерявшего способность двигаться самоходного судна другим самоходным судном с помощью гибкой или иной связи. Способность судна осуществлять буксировку того или иного объекта в определенных условиях характеризуется гарантированной доставкой его в пункт назначения в установленный срок. Для этого буксир должен иметь достаточную мощность и соответствующее буксирное устройство, а также мореходные и другие эксплуатационно-технические качества, отвечающие навигационным условиям выполнения буксировки.

Для морских и океанских дальних буксировок используются мощные буксиры, обладающие высокими мореходными качествами, большими запасами топлива и других видов снабжения, в том числе буксирных канатов, ремонтного и водолазного оборудования. Особенно надежными должны быть у этих судов буксирное и рулевое устройства, движители, средства дальней радиосвязи для своевременного получения прогнозов погоды и ближайшей — для четкого взаимодействия буксируемых судов между собою (если, например, буксируется док) и с буксируемым объектом. В связи с тем, что на буксируемых современных крупнотоннажных трансокеанских баржах нет экипажей, буксир должен иметь средства для управления их механизмами по радио. Так, шведские океанские буксиры *Нептун* и *Посейдон* с помощью радиостанций управляют баржевыми дизель-генераторами, навигационными огнями, «туманными» горнами, якорными шпилями, клапанами креновых цистерн.

При океанской и морской буксировках несамходных транспортных судов и особенно самоходных, потерявших ход или управляемость, нередко наблюдается большая рыскливость этих судов с отклонением на 60—70° и более от курса буксира. В случае значительного волнения и бортовой качки судов могут возникать сильные рывки буксирного троса с усилием, направленным почти под прямым углом к диаметральной плоскости буксира. Если последний расположен лагом к волне, то возможны опасные моменты, способные вызвать потерю остойчивости.

При океанской и морской буксировке доков иногда один из буксиров следует за доком, удерживая его от рыскания. Трос

подается на док с носовой части буксира. Это лишает буксир нормальной управляемости, а при сильном волнении и поступательном движении дока буксир будет попадать в сложные положения, влекущие за собой крен, близкий к критическому, опасную заливаемость палубы.

Буксировка морскими и океанскими буксирами крупнотоннажных барж вследствие разности масс судов и нерегулярности волнения осложняется появлением сильных рывков буксирного каната, приводящих при жестком закреплении последнего, к разрывам. Для исключения этого буксиры должны иметь автоматические буксирные лебедки и достаточную длину (до 750—800 м) буксирного каната на барабане. В последнее время на крупных буксирах применяют двухбарабанные гидравлические лебедки.

Морские и океанские буксиры предназначены также для оказания помощи судам, терпящим бедствие, путем отбуксирования их в ближайший порт. В штормовых условиях с буксира подаются буксирный канат с помощью линеметательной установки.

Для морских каботажных буксировок, осуществляемых между портами одного моря или портами, расположенными на соседних морях, буксиры должны иметь нормальные мореходные и прочие эксплуатационно-технические качества, допускающие их работу при любой погоде.

Малые морские буксиры, совершающие буксировки в прибрежных районах, должны в зависимости от наличия пунктов-убежищ иметь разрешение на плавание при соответствующем удалении от этих пунктов. Мореходность таких буксиров обычно ограничивается величиной волнения.

Морские рейдовые буксировки по обслуживанию разгружающихся или грузящихся на рейде (особенно на открытом морском рейде) транспортных судов достаточно сложны. Буксиры, выполняющие их, должны иметь маневренные качества, обеспечивающие уверенный подвод баржи к стоящему на якоре судну при значительных ветре и волнении, а также при насыщенности рейда стоящими на якорях судами.

Для буксировки барж, транспортных судов и плавучих сооружений в морских портах буксиры должны иметь необходимое оборудование и маневренные качества. Объем работ, выполняемый портовыми буксирами, примерно следующий: ввод в порт, швартовка, отшвартовка и вывод крупных морских и океанских транспортных судов; перестановка их с одного места стоянки на другое; кантовка с разворачиванием у причалов, разворачивание судов на бочке при устранении девиации компасов, а также во время приливов и отливов; внутриворотные переводы и перестановки плавучих доков, кранов, земснарядов, понтонов, кессонов, перегружателей и т. п.; внутриворотные буксировки морских, портовых и речных барж и лихтеров; ввод в доки и вывод из них различных судов; обслуживание землесосных караванов, транспортных и других судов путем доставки и отвода шаланд, мусорных и фекальных барж.

В связи со столь большой номенклатурой работ на стесненной акватории портовые буксиры должны иметь различные мощности, минимальные габариты, высокие маневренные качества при выполнении буксировочных работ с малой скоростью движения (3—5 уз и менее) и высокую остойчивость. Палубные устройства их должны обеспечивать крепление буксирных и швартовных концов при буксировке лагом, задним ходом и упором в борт перемещаемого судна.

Для обеспечения быстрого отхода от причала или обслуживаемого судна и маневрирования среди стоящих в порту судов портовые буксиры не должны иметь прямолинейных участков ватерлиний и палубы в средней части, а кормовая палуба их должна быть хорошо закругленной в плане. Целесообразно придавать судну дифферент на корму, включая и строительный. Это обеспечивает возможность применения винтов большего диаметра. Необходимо подбирать руль большей площади и уменьшать диаметр циркуляции. Для свободного изменения курса при движении с судном на буксирном канате как крепят в районе мидель-шпангоута (по английским данным — не далее чем на 600 мм в корму от миделя).

При буксировке лагом применяют бортовые битенги, устанавливаемые впереди рубки и в районе машинной шахты. На случай буксировки судна задним ходом в ДП вблизи форштевня устанавливают носовой битенг. Для свободного проноса канатов вдоль борта от фальшборта к следующей палубе пиллерсы не предусматривают.

В связи с частыми реверсами при маневрировании в процессе работ портовые буксиры иногда строят дизель-электрическими, а в последнее время все чаще применяют на них крыльчатые движители.

Буксиры для озерных и речных буксировок, осуществляемых в естественных и искусственных водоемах разрядов «М», «О», «Р» и «Л» внутренних водных путей должны быть пригодны для одновременной транспортировки нескольких барж и лихтеров, причем комбинации буксируемого состава могут быть различными в зависимости от условий плавания. Поэтому буксир должен иметь возможность буксировать против течения на длинном (с регулируемой длиной), а по течению на коротком канате или на двух канатах, подаваемых на крайние баржи буксируемого состава.

Для речных портовых буксировок, выполняемых на буксирном канате способом толкания, лагом или комбинированно, требуются один-три буксира или буксир и толкач. При переводе современных крупных самоходных судов требуются два малых буксира или один достаточно мощный буксир или толкач.

В число работ, выполняемых речными рейдовыми буксирами, входят: формирование и расформирование толкаемых и буксируемых составов; подача самоходных судов к грузовым причалам, от причала к причалу и от причалов на формировочный рейд и т. д.

Работа речного портового буксирного флота характерна большим разнообразием функций и рабочих процессов, усложняемых разнообразием типов, размеров и тоннажа обслуживаемых судов, а также протяженностью причальных линий, величиной акваторий, удаленностью формировочных и отстойных рейдов и общими судоводными условиями в границах порта.

Для речных канальных буксировок используют в зависимости от вида канала обычные речные буксиры и толкачи. На некоторых зарубежных каналах, проложенных между речными бассейнами и имеющих ограниченную ширину, применяют специальные канальные буксиры, характеризующиеся большим отношением длины к ширине.

§ 5. Особенности работы толкачей и толкачей-буксиров

Толканье как развивающийся и продолжающийся совершенствоваться способ вождения самоходных судов вызвал к жизни не только новые приемы судовождения, но и новые типы судов, судовых конструкций и оборудования.

Для вождения барж или секций толкач или толкач-буксир должен иметь соответствующие эксплуатационно-технические качества, при которых достигается экономически целесообразная скорость движения с составами оптимальной грузоподъемности (по мощности толкача), необходимые управляемость, видимость и пр.

При линейной работе толкачи водят груженные и порожние составы из сухогрузных, нефтеналивных и специализированных грузовых единиц. Поэтому условия и особенности работы толкача или толкача-буксира зависят от типа толкаемых составов, различающихся по виду формирования, типу грузовых единиц в составе и степени их загрузки.

Грузоподъемность состава зависит от мощности толкача и может быть ориентировочно оценена по типовым составам, приведенным в табл. 13.

Как видно из таблицы, величина нагрузки по грузоподъемности на 1 л. с. толкача различна, так как сложность проводки состава каждого типа неодинакова. Большегрузные составы с полным грузом даже при высоких нагрузках на 1 л. с. толкача (8—10 т) во время ветра и волнения хорошо держатся на курсе и следуют, как правило, без дрейфа. Эти же составы без груза при ветре даже в случае перекладки рулей или насадок толкача на полный угол имеют сильный дрейф из-за большой парусности. Состав может перекрывать большую часть или всю ширину судового хода, мешать движению встречных судов. Чтобы не допустить этого, толкач должен иметь достаточную мощность, способную развить большую скорость, и рулевое устройство, обеспечивающее управление составом.

Однако и при наличии указанных данных судоводитель часто должен снижать скорость по условиям плавания. Это может

Таблица 13

Типовые составы отечественных и зарубежных толкачей

Мощность толкача, л. с.	Состав (без толкача)				Нагрузка на 1 л. с. мощности толкача Q_c N, т/л. с.
	количество единиц в составе	длина L_c , м	ширина B_c , м	грузоподъемность Q_c , т	
Отечественные					
450	2	150	13,0	3 600	8,0
600	2	170	14 и 13	4 600	7,7
800	2	172	14,0	5 600	7,0
800	1	164	28,0	8 000	10,0
1200	2	172	14,0	6 260	5,2
1200	2	193	14,0	7 500	6,3
1200	1	172	26,0	12 000	10,0
1340	2	193	14,0	7 500	5,6
1340	1	172	26,0	12 000	9,0
2000	4	230	14,0	8 800	4,4
2000	4	172	28,0	11 200	5,6
2000	4	197	28,0	15 000	7,5
4000	4	197	28,0	15 000	3,8
4000	2	228	28,0	18 000	4,5
Зарубежные					
480	4	100	11,4×2	2 800	5,83
700	6	201	16,0	4 800	6,85
800	7	152	16,0	2 200	2,75
800	3	110	11,4	3 000	3,74
980	2	146	15,2	5 700	5,80
1120	8	160	20,2×2	3 600	3,20
1260	4	164	18,4	5 240	4,15
1380	6	170	—	9 000	6,50
1600	8	260	—	11 200	7,60
1800	6	170	—	7 770	4,30
1800	9	170	22,5	4 300	2,39
1980	6	170	—	8 000	4,03
2400	4	164	18,4	4 500	1,88
2400	4	320	15,9	13 100	5,45
3200	3	260	15,2	11 700	3,66
3200	11	366	16,5	12 000	3,75
3200	4	320	15,9	13 100	4,10
3200	6	260	15,2×2	18 000	5,63
3500	8	320	15,9×2	20 000	5,70
4800	8	320	15,9×2	24 000	5,00
4800	8	357	15,9×2	28 000	5,80
5400	3	260	15,2	11 700	2,16
5400	8	320	15,9×2	24 000	4,49
8500	40	600	10×4	40 000	4,70
8500	12	320	15,9×3	39 300	4,62

потребоваться при расхождении с большими составами, занятости пути другими судами и обязательно при подходе к бьефам и каналам шлюзов, при входе в шлюзы. Здесь высокая мощность не нужна. Поэтому, например на Волге, порожние кильватерные секционные и баржевые составы водят в два пыжа. Это почти в два раза сокращает длину состава, а соответственно и парусность, благодаря чему дрейф состава даже при значительном ветре не превышает допускаемых величин. Толкач хорошо управляет составом.

С появлением на Волге толкачей мощностью 2000 и 4000 л. с. вошли в практику эксплуатации большегрузные двухпыжевые составы. Имеются предложения об установке впереди состава широкой, равной ширине состава управляющей балластируемой приставки, оборудованной рулями или мощным подруливающим устройством, или о расформировании состава на две части по длине и вождении второй части на буксире, а первой, состоящей из головных секций или барж, — способом толкания. Эти секции будут составлять вместе с толкачом большой хорошо управляемый буксир для идущей сзади на коротком буксире второй части состава — из концевых секций или барж.

При следовании с составом по течению реки, в случае появления неожиданных препятствий (судовой ход занят другим судном и т. п.), толкач не всегда может быстро остановить или повернуть состав против течения из-за стесненности судового хода. Поэтому толкачи оборудуются кормовым якорным устройством, способным удерживать расчетный (по мощности толкача) состав на течении при заданной скорости течения и ветре.

Заметим, что толкачи на реках США кормовыми и носовыми якорями не оборудуются. При формировании составов баржи подаются к линейному толкачу, который удерживает состав на реке.

Сцепное устройство мощных линейных толкачей должно обеспечивать сцепку как с кильватерными, так и с двухпыжевыми составами. При этом желательно, чтобы в последнем случае толкач располагался в диаметральной плоскости состава. Сцепное устройство по прочности должно соответствовать разряду района плавания судна, а по конструкции — быть унифицированным для данного бассейна или ряда смежных бассейнов.

Движительно-рулевой комплекс толкача должен обеспечивать: гашение инерции состава при работе «полный назад» на минимально возможной длине пробега состава; управляемость на заднем ходу, достаточную для отхода с составом назад в сложных навигационных условиях; поворотливость на заднем и переднем ходах с диаметром циркуляции не более 2—2,5 длины состава с толкачом. Толкач на заднем ходу должен развивать мощность, максимально приближающуюся к мощности переднего хода.

Большая длина состава (см. табл. 13) делает сложным наблюдение за акваторией впереди движущегося состава, поэтому ходовая рубка толкача размещается на третьем и даже на четвертом ярусе надстройки — в зависимости от мощности толкача.

Иногда применяют дополнительные меры обеспечения видимости курса, например, телевизионные установки на головной единице состава с экраном в рубке толкача, однако распространения они пока не получили.

Большое значение имеет обеспечение видимости впереди состава в ночное время. Для этого на толкачах устанавливается по два (или одному на малых) прожектора, способных освещать реку за 1,0—1,5 км впереди головного судна толкаемого состава. Кроме прожекторов для движения в условиях плохой видимости в ходовых рубках толкачей устанавливают радиолокаторы, а на толкачах класса «О» — и магнитные компасы.

Конструкция и форма окон ходовых рубок должна исключать появление в них отраженных огней, мешающих судоводителю наблюдать ночью за окружающей обстановкой. Постоянный контакт толкача с составом дает возможность электрифицировать палубные и трюмно-пожарные механизмы барж и секций. Для этого на толкаче должна иметься достаточно мощная электростанция, способная обеспечивать питание кроме своих механизмов баржевых брашпильей. На современных баржах и секциях осушительные и пожарные насосы не устанавливают. Вместо них к эжекторам осушения отсеков подается рабочая вода от насосов толкача. Следовательно, и насосы толкачей должны быть большей производительности, чем у буксиров.

В отличие от буксира толкач движется сзади состава на значительном удалении от носовой оконечности головного судна. Поэтому для проверки глубин реки толкачи иногда оборудуются эхолотами с выносными вибраторами, устанавливаемыми у носовой оконечности переднего судна состава. Ввиду значительной удаленности носовой оконечности состава от рубки толкача требуется также двусторонняя телефонная или громкоговорящая командная связь.

Толкачи, предназначенные для вождения нефтеналивных барж, должны иметь станцию инертных газов, подаваемых в грузовые танки и свободные отсеки барж. У толкачей-буксиров обязательно предусматривается механизированное буксирное устройство. Толкачи должны иметь буксирный гак и механизированную вьюшку на случай буксировки порожних составов в ветреную погоду.

Эксплуатационно-экономические преимущества толкания по сравнению с буксировкой весьма значительны:

1. Техническая скорость движения составов возрастает на 15—20% благодаря: уменьшению удельного сопротивления воды движению состава; исключению дополнительного сопротивления, возникающего вследствие рыскливости судов буксируемых составов; увеличению упора движителей толкача, работающих в попутном потоке состава; исключению влияния на сопротивление воды движению толкаемого состава реактивного потока от движителей буксира. При буксировке на недостаточно длинном тросе это влияние весьма существенно.

2. При одинаковой с буксиром скорости движения полезная нагрузка увеличивается на 1 л. с. мощности толкача.

3. Повышается скорость доставки груза за счет: повышения технической скорости движения; возможности выбора наиболее выгоднейшего курса с широким использованием речных тиховодов при следовании против течения и фарватеров с наиболее быстрым течением при толкании вниз по реке; ускоренного выполнения шлюзования, маневровых работ и работ, связанных с формированием составов, особенно из судов, оборудованных автосцепами.

4. Снижается расход топлива и смазки благодаря более выгодным условиям работы движителей и главных двигателей. Как показали испытания, мощность, расходуемая при толкании состава, на 6—7% ниже, чем во время буксировки того же состава на тросе.

5. Обеспечивается большая надежность и безопасность вождения составов за счет: непосредственного управления составом рулями или поворотными насадками толкача, что позволяет толкачу лучше маневрировать с составом, в случае необходимости — прекращать движение состава и отводить его назад. Это свойство толкаемых составов особенно ценно при входе в шлюзовые камеры, а также при проходе через сложные перекаты и под мостами.

6. Улучшаются производственные и бытовые условия экипажей несамоходных судов: становится возможной эксплуатация барж без личного состава (в этом случае обязанности по техническому обслуживанию судов и наблюдению за сохранностью перевозимого в них груза распределяются между экипажами толкачей и обслуживающим персоналом портов).

7. Повышается производительность труда экипажей и снижается себестоимость перевозок грузов.

Кроме указанных преимуществ при толкании судов появилась возможность создать и широко использовать высокоэффективные несамоходные суда новых типов, которые для буксировки не применялись. Это секционные составы, имеющие значительно меньшее сопротивление воды по сравнению с баржевыми составами одинаковой грузоподъемности. Внедрение их обеспечило дальнейшее повышение скорости движения толкаемых составов на 10—12% (дополнительно к указанному в п. 1).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

§ 6. Архитектура буксирного судна

Архитектура буксирного судна разрабатывается с учетом основных требований, вытекающих из функционального его назначения, удобного размещения поста управления судном, буксирного, сцепного и швартовного устройств и, конечно, с учетом создания благоприятных условий для труда и отдыха экипажа. При этом должно быть достигнуто выразительное композиционное и эстетическое решение внешнего вида и интерьеров.

Указанные требования отражены в Правилах Регистра СССР и Речного Регистра РСФСР, в правилах по технике безопасности и санитарных правилах. На удовлетворение этих требований направлены усилия конструкторов и судовых архитекторов, создающих проект нового буксирного судна.

Внешние формы современного буксирного судна, в отличие от простейших утилитарных форм, применявшихся в прошлом, формируются с учетом технической эстетики, технологичности конструкций и их назначения. Они выбираются одновременно с компоновкой общего расположения в результате прорисовки различных вариантов и выполнения творческих композиционных макетов судна.

В основу внешнего вида кладется линия палубы и фальшборта. Линии прочих палуб — горизонтальные или повторяющие кривизну линии главной палубы — также должны быть достаточно четко выражены, чтобы подчеркнуть основное назначение буксирного судна.

Для морских буксиров, имеющих седловатость палубы, целесообразно смещать в корму от миделя минимальное значение высоты надводного борта. Это придает бортовой линии определенное изящество и повышает мореходные качества. Не меньшее внимание уделяется выбору высоты, протяженности и формы надстроек. Для морских буксиров, имеющих невысокие надстройки и удлиненный бак, композиционные решения находятся без особых затруднений (см. рис. 5, 6 и 7). То же можно сказать о портовых и речных буксирах и толкачах-буксирах, у которых сравнительно низко расположена ходовая рубка (см. рис. 1, 3, 12 и 13). Здесь достаточно полно удается удовлетворить требованиям судовой эстетики: выявить черты, присущие судну — движущемуся предмету.

Другое дело с толкачами значительной мощности, у которых ходовая рубка расположена на втором и даже на третьем ярусе надстройки (см. рис. 14 и 15). В таких случаях весьма трудно или даже невозможно зрительно снизить высоту над-

стройки. Попытки применить различные декоративные приемы не эффективны. Если в прошлом при значительной команде удавалось улучшить внешний вид таких судов за счет удлинения второго, а иногда и третьего яруса надстройки, то теперь при комплексной автоматизации энергетических установок и работе экипажей с совмещением профессий, число людей существенно уменьшилось и потребность в помещениях сократилась.

Большую помощь в проектировании экстерьера и общего расположения буксирного судна оказывает макетирование. Применение макетирования ускоряет процесс проектирования на всех его фазах. Творческий композиционный макет (или ряд макетов — последовательных приближений) дает возможность в короткое время и без существенных затрат получить требующиеся перспективы судна с любых точек, найти наилучшее решение экстерьера. Сложный вопрос согласования надстройки с корпусом, выбор высоты, положения и формы дымовых труб — очень важного элемента общего вида судна — также решается только в результате макетирования. Неудачно подобранная труба может испортить экстерьер буксирного судна, как бы хорошо он ни был разработан.

На толкачах и толкачах-буксирах с двумя и тремя двигателями устанавливаются по две и три дымовые трубы, что позволяет, не ухудшая, а даже улучшая экстерьер, обеспечить возможность выема двигателей без перемещения их по ширине судна.

Общее расположение помещений буксирных судов имеет как общие, так и частные решения, характерные для того или иного типа судна. Поэтому регламентировать какое-то единое общее расположение помещений в качестве типового для всех буксирных судов невозможно.

Выбор того или иного варианта общей компоновки буксирного судна во многом определяется местоположением машинного отделения и его размерами. Машинное отделение занимает от 21 до 53% расчетной длины винтовых буксирных судов. У портовых кантовщиков эта величина составляет около 43%, у портовых и морских линейных буксиров — 28—32%. Машинное отделение (МО) рейдовых речных буксиров и толкачей-буксиров занимает 29—36% расчетной длины судна, у линейных толкачей-буксиров — 30—40% и у дунайских, характеризующихся удлиненным корпусом, — 25—28%.

Анализ расположения оборудования в машинных отделениях построенных судов показывает, что механическое и другое оборудование размещаются при указанных выше значениях длины МО с обеспечением необходимых проходов и площадей для обслуживания и ремонтных работ.

Каюты для экипажа размещают, как правило, в носовой части, где меньше шум от двигателей и от гребных винтов. В последнее время в связи с уменьшением экипажей принимаются меры к размещению всех кают на палубе. Однако это решение не всегда можно использовать для буксиров, имеющих менее развитые надстройки.

Между жилым отсеком и машинным отделением, как правило, размещают топливные цистерны и коффердам. Это способствует снижению шумности в каютах и обеспечивает благоприятную удифферентовку судна по мере расходования топлива.

За машинным отделением, если оно имеет ограниченную длину, располагают различные кладовые (провизионные, ЗИП и др.). На некоторых морских и океанских буксирах-спасателях устраивается грузовой трюм, а на дунайских толкачах-буксирах предусматривают вторую топливную цистерну, коффердам, каюты экипажа и запасные. Ахтерпик обычно используют для размещения рулевых машин.

В надстройке располагаются жилые, общественные, служебные, хозяйственные, санитарно-бытовые помещения с сушилками, пищеблок с кладовыми сухой и мокрой провизии и кладовые разных назначений. Несмотря на ограниченность габаритов надстроек необходимо выдержать поблочное размещение помещений, обеспечить удобные, по возможности закрытые проходы членов экипажа к своим рабочим местам, в том числе и в ходовую рубку. Должны быть учтены помещения для установки вентиляторов, противопожарных средств, выгородки для распределительных щитов, каналов вентиляции и воздушного отопления, прохода электротрасс.

До начала компоновки общего расположения рекомендуется составить список всех помещений, необходимых на буксирном судне, с указанием площадей, требующихся по нормам Регистра, санитарным нормам и по опыту эксплуатации буксирных судов.

Командный состав на буксирах и особенно на толкачах-буксирах и толкачах размещается на верхней палубе или во втором ярусе надстройки. Наблюдавшееся в прошлом размещение помещений палубной и машинной команд по разным бортам теперь не применяется в связи с автоматизацией управления буксирными судами и совмещением профессий. На крупных буксирных судах блок-каюта капитана и механика должна состоять из кабинета, спальни и санузла. При размещении других кают по углам ярусов надстройки окна в них следует делать с бортов, а не только сзади — в зависимости от расположения оборудования в каютах и внешнего вида судна. Бортовые окна необходимы для того, чтобы каждый член экипажа видел обстановку за бортом.

Камбуз, столовая и кают-компания (там, где она предусматривается) размещаются на одной палубе. Из-за ограниченности места продовольственные кладовые основного запаса целесообразно располагать в корпусе. Камбуз должен иметь хорошее естественное освещение.

Ходовая рубка — главный пост управления судном. Ее роль возросла с введением автоматизации управления энергетической установкой и судна в целом. В отличие от транспортных судов ходовые рубки буксирных судов имеют значительно меньшие размеры и относительно более насыщены.

Из рубки должен быть обеспечен круговой обзор, не перекрытый никакими предметами, за исключением простенков между

окнами. На многих морских буксирах обзору препятствует штурманская рубка. Рекомендуется объединять обе рубки в одну или располагать ходовую рубку выше штурманской на 1,0—1,2 м. Это позволит установить окна вдоль всей кормовой стенки.

Для нормальной видимости в ночное время носовая и кормовая стенки рубки должны иметь наклон наружу; на буксирах-кантовщиках, чтобы обеспечить видимость вверх, делают дополнительные окна, заваленные внутрь (см. рис. 3).

Радиорубка или аппаратная располагаются ярусом ниже ходовой рубки. Как правило, на одной палубе с ними находятся агрегатная, аккумуляторная и каюта радиста. На малых буксирах и толкачах радиоаппаратура для диспетчерской связи располагается в ходовой рубке.

При проектировании буксирных судов всех типов особое внимание уделяется созданию нормальной обитаемости личного состава, для чего предусматривается комплекс мероприятий по снижению вибрации, структурного и воздушного шума. Жилые помещения размещаются как можно дальше от машинного отделения, принимаются меры к исключению передачи структурного шума в результате устройства противозумовых коффердамов, плавающих полов и зашивки бортов, установки вспомогательных и главных двигателей на балочные фундаменты и амортизаторы, крепления подвесок дымоходов с помощью мягких прокладок и др.

При разработке чертежей общего расположения буксиров и толкачей предусматриваются площади и объемы, а также оборудование жилых, санитарно-бытовых помещений и пищеблока, соответствующие требованиям санитарной инспекции. Ширина проходов на палубах и в помещениях, величина площадей обслуживания у палубных и других механизмов должны отвечать нормам Регистра и требованиям правил по охране труда.

§ 7. Выбор мощности и движительно-рулевого комплекса

Для буксировки состава с требующейся скоростью в заданных условиях плавания, буксирное судно должно иметь мощность, достаточную для преодоления сопротивления окружающей среды движению самого буксира, ведомых им судов и буксирных канатов.

При расчете потребной мощности буксира или толкача необходимо знать: основные элементы типовых судов и составов, для вождения которых проектируется судно; ориентировочную, названную заказчиком скорость буксировки типовых судов и составов (она уточняется на базе технико-экономического изыскаания наимыгоднейшей скорости с учетом получения экономически целесообразной мощности) и данные о районе плавания. |

Линейные, а также портовые и рейдовые буксиры при нормальной буксировке на канате работают большую часть пути

в установившихся режимах, для которых действительны обычные методы определения сопротивления буксируемых судов и тяговых характеристик проектируемого судна применительно к заданным скоростям буксировки. Поэтому оценку сопротивления буксируемых и буксирующих судов и определение мощности буксирного судна рекомендуется производить по установившимся методам.

Сопротивление трения вычисляется по формуле Прандтля—Шлихтинга, как это принято в практике проектных организаций и опытовых бассейнов.

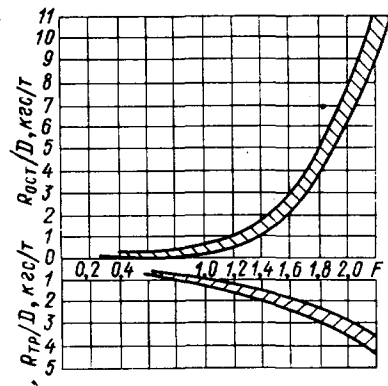


Рис. 19. Зависимость значений удельного сопротивления трения и удельного остаточного сопротивления корпусов буксиров, имеющих отношение $L/B=4,2 \div 6,0$ и $\delta=0,52 \div 0,58$, от относительной скорости.

Ориентировочную оценку величины сопротивления корпуса буксира можно произвести по графику Н. К. Кена (рис. 19), построенному на основании испытаний моделей и натуральных судов, у которых $L/B=4,2 \div 6,0$ и $\delta=0,52 \div 0,58$. График показывает зависимость значений удельного сопротивления трения $R_{тр}$ и удельного остаточного сопротивления $R_{ост}$ на 1 т водоизмещения от относительной скорости $F=v/\sqrt{L}$ (v в узлах). Для получения полного сопротивления с графика снимаются ординаты удельных сопротивлений, суммируются и умножаются на величину водоизмещения. К полученной сумме добавляют 6% на выступающие части.

Испытания моделей буксирных судов обобщены в работе [37], где предложена интерполяционная кривая зависимости удельного остаточного сопротивления от числа Фруда (рис. 20). Основные соотношения и элементы корпуса испытанных моделей буксирных

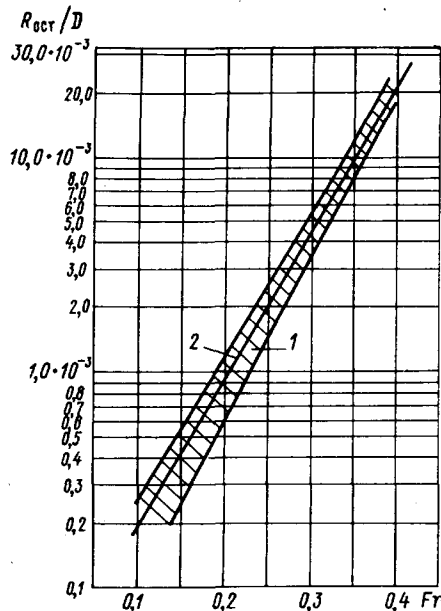


Рис. 20. Зависимость удельного остаточного сопротивления $R_{ост}/D$ буксирных судов от числа Фруда. 1 — зона для всех испытанных моделей; 2 — интерполяционная кривая.

судов охватывают весь диапазон встречающихся у буксиров величин: $L/B=3,1 \div 4,9$; $B/T=2,28 \div 3,2$; $\delta=0,44 \div 0,60$ и $\varphi=0,56 \div 0,68$.

В работе [35] отмечается, что удельное остаточное сопротивление корпуса буксирных судов без выступающих частей при числах Фруда от 0,1 до 0,4 мало зависит от изменения соотношений главных размерений, элементов теоретического чертежа и в известных пределах формы обводов. При небольших значениях L/B форма обводов незначительно влияет на характер волнообразования. А. Н. Гурович и А. А. Родионов предложили для расчета сопротивления судов, у которых $L/B < 4,5$, следующую зависимость:

$$\lg \frac{R_{ост}}{D} = 6,67 \text{Fr} - 1,37. \quad (1)$$

Определение сопротивления морских лихтеров и барж рекомендуется производить по данным работы [14].

В озерных и речных условиях обычно водят составы из нескольких барж или секций, сформированных в кильватер, два, три и четыре пыжа. Расчет сопротивления таких составов рекомендуется производить по методам, приведенным в работах [7, 19, 28 и 36].

Величина сопротивления буксирного каната R_k при движении его в воде бывает значительной. Расчет ее может быть произведен по формуле

$$R_k = \Delta C k c \cdot 2l d v^2 \frac{\rho}{2}, \quad (2)$$

где ΔC — коэффициент, учитывающий уменьшение сопротивления каната вследствие наклона его к горизонту под некоторым углом α .

Коэффициент ΔC принимается по следующим экспериментальным данным:

α	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ΔC	0,030	0,076	0,173	0,309	0,492	0,686	0,854	0,963	1,000

Для углов наклона менее 10° ΔC изменяется незначительно; k — коэффициент, учитывающий шероховатость каната (для стального каната $k=1,25$; для пенькового $k=1,5 \div 2,0$); c — коэффициент сопротивления цилиндра, расположенного нормально к потоку при числе Рейнольдса от 10^4 до $2 \cdot 10^5$, может быть принят равным 1,2; $2l$ — полная длина буксирного каната, м; d — диаметр каната, м; v — скорость буксировки, м/с; ρ — массовая плотность воды (морской), равная $104 \text{ гс} \cdot \text{с}/\text{м}^4$.

Вероятные значения снижения скорости буксирных караванов на волнении и вследствие рыскливости могут быть ориентировочно оценены по данным работ [14 и 23].

Буксиры-кантовщики в основном работают на неустановившихся режимах. Для определения тяги кантовщика, необходимо

рассмотреть типовые маневры, из которых складываются основные виды кантовочных операций, и выбрать из их числа в качестве расчетного тот маневр, на выполнение которого требуется наибольшая тяга.

Таковыми маневрами (рис. 21) являются: продольное перемещение судна; продольное перемещение судна с одерживанием; перемещение судна лагом; вращение судна вокруг его центра тяжести; вращение судна вокруг его неподвижной оконечности.

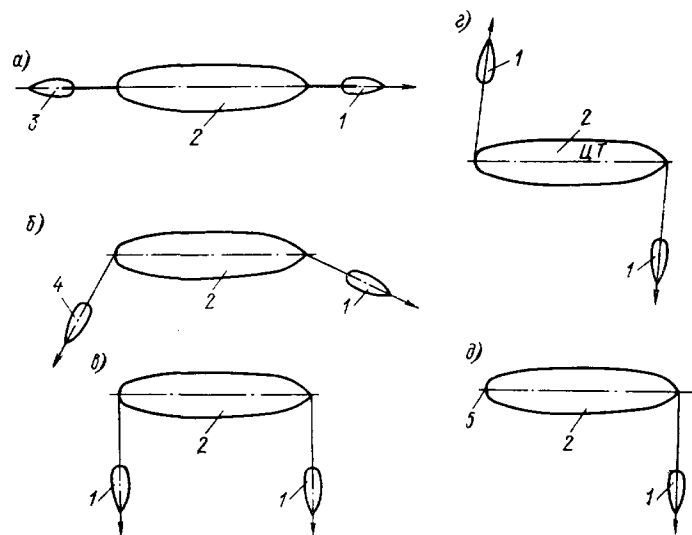


Рис. 21. Схема типовых маневров судна под действием сил тяги буксиров: а — продольное перемещение судна; б — продольное перемещение судна с одерживанием; в — перемещение судна лагом; г — вращение судна вокруг его ЦТ; д — вращение судна вокруг его неподвижной оконечности.

1 — ведущий буксир; 2 — буксирное судно; 3 — ведомый буксир; 4 — одерживающий буксир; 5 — неподвижная точка оконечности судна.

Характер кантовочных операций и стесненные условия портовых акваторий обуславливают, как показала практика, участие в кантовочной операции нескольких буксиров, однако число их должно быть по возможности минимальным, так как это упрощает проведение операций, повышает ее безопасность и снижает стоимость. Наиболее быстрый и безопасный способ перестановки судна от одного причала к другому в стесненных условиях портовой акватории — буксировка двумя судами. При выполнении кантовочных операций с крупнотоннажными судами в сложных гидрометеорологических условиях двух буксиров заданной мощности в данном порту может оказаться недостаточно. В таких случаях применяют большее число буксиров, но мощность их используется неполностью вследствие неравнозначности выполняе-

мой работы. Это снижает экономические показатели работы буксиров.

Скорость выполнения любого из перечисленных выше маневров оказывает существенное влияние на величину необходимой тяги буксиров. С одной стороны, в целях повышения экономической эффективности эксплуатации буксиров, желательно повышение скорости перемещения судна при выполнении маневров; с другой — чрезмерное повышение скорости может привести к авариям. Кроме того, высокая скорость при буксировке лагом либо при вращении судна вызывает резкое повышение необходимой тяги, а следовательно, потребуется большая мощность машинной установки буксиров, увеличатся их габариты и стоимость. Практика кантовки и перестановки судов показывает, что скорость продольного перемещения судна не должна превышать 5 уз. Скорость перемещения судна лагом, а также линейная скорость оконечности судна при вращательном движении, должны быть не более 0,5 уз.

Величина необходимой тяги в значительной степени зависит от скорости течения и силы ветра. В ряде портов, особенно находящихся на реках и в устьях рек, есть постоянное течение. В портах, не имеющих постоянного течения, возможны временные течения, вызванные действием ветра. Вызванная скоростью ветрового течения подсчитывается по формуле (для средних широт)

$$\Delta v = 0,1 \frac{v_{\text{в}}}{V \sin \varphi}, \quad (3)$$

где $v_{\text{в}}$ — скорость ветра, м/с; φ — географическая широта места.

Для южных портов Советского Союза вызванная скоростью течения при ветре 6 баллов, определенная по приведенной формуле, равна 0,3 уз.

На основании данных различных портов страны средняя скорость течения воды принимается 0,6 м/с. Предельная сила ветра, при которой, как показала практика, возможно нормальное проведение кантовочной операции, равна шести баллам. Выполняя маневры система судно—буксир меняет и скорость, и направление движения. Движение системы в этом случае — неустановившееся, и необходимая тяга буксира изменяется от своего наименьшего значения до наибольшего. При определении необходимой тяги проектируемого буксира достаточно рассматривать установившееся равномерное движение судна под действием силы тяги, развиваемой буксиром. Это дает возможность значительно упростить расчеты необходимой тяги по сравнению с методом интегрирования дифференциального уравнения неустановившегося движения судна, а также использовать обоснованные данные, подтвержденные большим количеством реальных кантовочных операций.

Пользуясь уравнениями равномерного установившегося движения судна, можно определить величину необходимой тяги для выполнения типовых маневров при значениях скорости перемещения судна, скорости течения воды и силы ветра, указанных выше.

Продольное перемещение судна. При выполнении этого маневра считают, что перемещение судна производится по прямолинейному курсу со скоростью 5 уз и что оно осуществляется за счет тяги только одного ведущего буксира. На рис. 22, а приведена схема действующих сил при таком маневре.

Направления течения и ветра по отношению к ДП судна выбраны таким образом, чтобы влияние их максимально увеличивало значение необходимой тяги. Угол между направлением ветра и ДП судна должен быть равен 30° , так как при этом получается наибольшее значение силы лобового сопротивления. Для данного и всех рассматриваемых ниже маневров с достаточной точностью положено, что ЦТ судна находится на миделе.

При равномерном прямолинейном движении судна должно быть удовлетворено уравнение равновесия

$$Z_1 - R_x - R_{\text{теч}} - R_B \cos 30^\circ = 0,$$

откуда

$$Z_1 = R_x + R_{\text{теч}} + R_B \cos 30^\circ. \quad (4)$$

Продольное перемещение судна с одерживанием. Выполняя этот маневр, буксиры должны обеспечить движение судна также по заданному прямолинейному курсу со скоростью 5 уз и, кроме того, предотвратить снос судна ветром и течением. На рис. 22, б приведена схема действующих сил при продольном перемещении судна с одерживанием.

В случае равномерного прямолинейного движения судна должны быть удовлетворены три уравнения равновесия:

$$Z_1 \cos \alpha_1 - Z_2 \cos \alpha_2 - R_x = 0,$$

$$R_B + R_{\text{теч}} - Z_1 \sin \alpha_1 - Z_2 \sin \alpha_2 = 0,$$

$$Z_1 \sin \alpha_1 \cdot 0,5L - Z_2 \sin \alpha_2 \cdot 0,5L = 0.$$

Полагая угол α_2 заданным, получим следующие выражения входящих в уравнения величин:

$$Z_2 = \frac{R_{\text{теч}} + R_B}{2 \sin \alpha_2}, \quad (5)$$

$$\text{tg } \alpha_1 = \frac{Z_2 \sin \alpha_2}{Z_2 \cos \alpha_2 + R_x}, \quad (6)$$

$$Z_1 = Z_2 \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1}. \quad (7)$$

Тяга кормового буксира препятствует сносу судна от воздействия ветра и течения, а также создает дополнительную силу сопротивления продольному перемещению судна. Тяга кормового буксира используется рационально, если сохраняются неравенства:

$$Z_2 \sin \alpha_2 \geq Z_2 \cos \alpha_2,$$

$$Z_2 \cos \alpha_2 \leq Z_1 \cos \alpha_1.$$

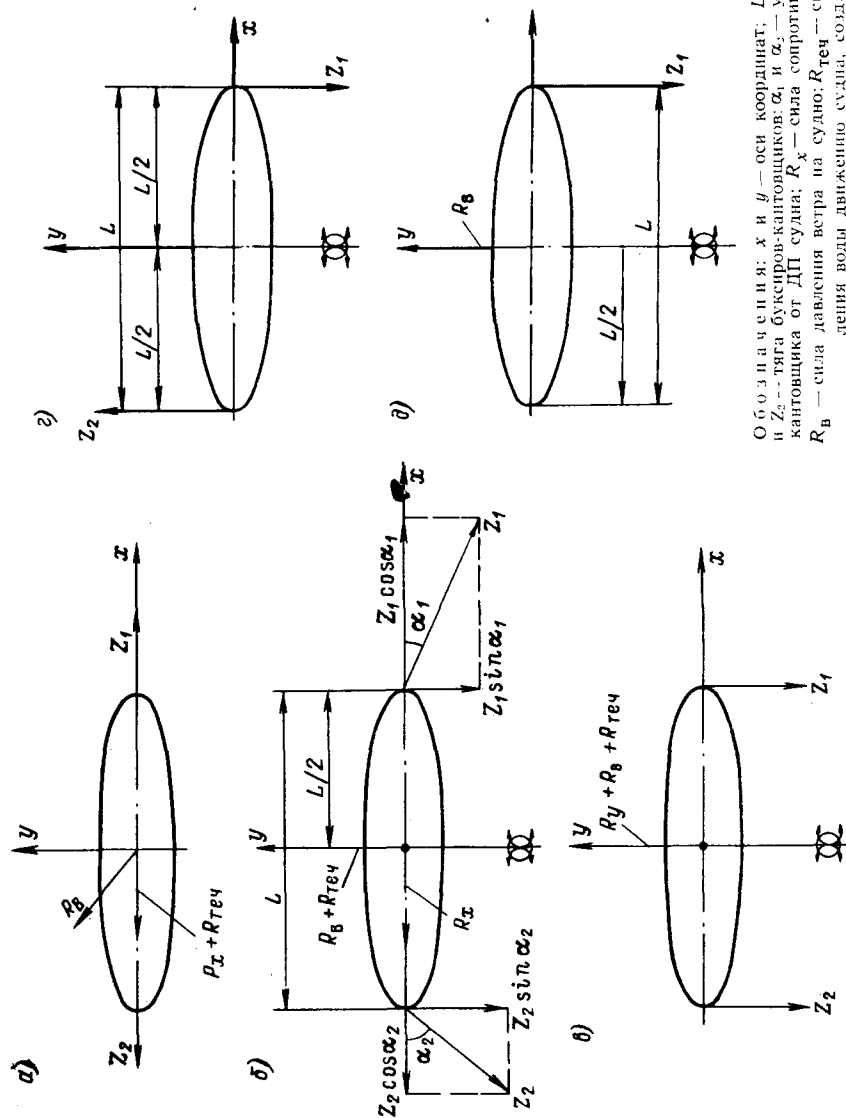


Рис. 22. Схемы действующих сил в зависимости от вида типового маневра: а — продольное перемещение судна; б — продольное перемещение судна с одерживанием; в — продольное перемещение судна с одерживанием и ветром; г — продольное перемещение судна с одерживанием и течением; д — продольное перемещение судна с одерживанием, ветром и течением; е — продольное перемещение судна с одерживанием, ветром и течением.

Обозначения: x и y — оси координат; L — расчетная длина судна; Z_1 и Z_2 — тяга буксиров-кантовщиков; α_1 и α_2 — углы отклонения тяги буксиров-кантовщика от ДП судна; R_x — сила сопротивления воды движению судна; R_B — сила давления ветра на судно; $R_{\text{теч}}$ — сила дополнительного сопротивления воды движению судна, создаваемого течением.

При определении необходимой тяги ведущего буксира оптимальным будет случай, когда угол между ДП судна и направлением силы тяги кормового буксира α_2 окажется равным 45° , т. е. когда $Z_2 \sin \alpha_2 = Z_2 \cos \alpha_2$. Решение приведенных уравнений для $\alpha_2 = 45^\circ$ дает следующие значения величин:

$$Z_2 = 0,71 (R_{\text{теч}} + R_B), \quad (8)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{0,71 Z_2}{0,71 Z_2 + R_x}, \quad (9)$$

$$Z_1 = \frac{0,71 Z_2}{\sin \alpha_1}. \quad (10)$$

Перемещение судна лагом. В этом случае при расчете необходимой тяги считают, что указанный маневр осуществляется двумя буксирами, развивающими одинаковые усилия тяги, приложенные к оконечностям судна перпендикулярно его ДП. Течение и ветер направлены в сторону, противоположную движению судна, так же перпендикулярно ДП.

На рис. 22, в приведена схема действующих сил при перемещении судна лагом.

В случае равномерного прямолинейного движения

$$Z = R_s + R_B, \quad (11)$$

где

$$Z = Z_1 + Z_2 = 2Z_1 \text{ и } Z_1 = \frac{Z}{2},$$

$$R_s = R_y + R_{\text{теч}}. \quad (12)$$

Сила сопротивления воды при движении судна лагом определяется по формуле

$$R_y = \zeta_y \frac{\rho v^2}{2} LT, \quad (13)$$

где ζ_y — коэффициент сопротивления воды при движении судна лагом. Испытания, проведенные в опытовом бассейне ЛКИ [25] и Гамбургском опытовом бассейне [83], показали, что независимо от обводов судна $\zeta_y = 1$;

ρ — массовая плотность воды;

v — скорость движения судна относительно воды, м/с;

L — длина судна между перпендикулярами, м;

T — осадка судна, м.

Величина v складывается из скорости судна относительно неподвижной точки v_c и скорости течения $v_{\text{теч}}$.

$$v = v_c + v_{\text{теч}} = (0,5 + 0,6) \cdot 0,514 = 0,565 \text{ м/с.}$$

Сила давления ветра определяется по формуле

$$R_B = \zeta_B \frac{\rho_B v_B^2}{2} A, \quad (14)$$

где ζ_B — коэффициент силы давления ветра, зависящий от угла между направлением ветра и ДП судна и от архитектурного типа судна. Величина ζ_B принимается по данным испытаний, проведенным в английской Национальной физической лаборатории (табл. 14);

Таблица 14

Значения ζ_B для различных судов

Состояние нагрузки	Класс судна		
	танкер	сухогруз	пассажирское судно
В грузу	0,65	0,70	0,8
В балласте ($T_6 = 0,6 T_{\text{гр}}$)	0,75	0,78	—

ρ_B — массовая плотность воздуха при $t = 15^\circ \text{C}$ и $H = 760$ мм рт. ст., равная $0,125 \frac{\text{кг/с}^2}{\text{м}^3}$;

v_B — скорость ветра, м/с. Как указано выше, расчетная сила ветра принимается равной шести баллам, т. е. 12,4 м/с;

A — площадь проекции надводной части судна на ДП, м^2 .

Определив значения указанных величин, получим выражение тяги, необходимой для буксировки судна лагом,

$$Z = 16,6LT + 9,6\zeta_B A \quad (15)$$

или для каждого из буксиров

$$Z_1 = 8,3LT + 4,8\zeta_B A. \quad (16)$$

Вращательное перемещение судна имеет место при развороте судна вокруг его ЦТ или вокруг его неподвижной оконечности.

В случае вращения судна вокруг его ЦТ (рис. 22, г) сила давления ветра не создает момента, влияющего на вращение, поэтому не учитывается.

Вращающий момент, создаваемый силами тяги буксиров Z_1 и Z_2 ,

$$M_z = Z_1 \frac{L}{2} + Z_2 \frac{L}{2},$$

а так как $Z_1 \approx Z_2$, то

$$M_z = Z_1 L. \quad (17)$$

Для равномерного вращения судна вокруг ЦТ применимо равенство [25]:

$$M_z = C_m \frac{\rho}{2} \omega^2 L^3 S_{\text{ДП}}, \quad (18)$$

где M_z — момент сил сопротивления воды при вращении судна вокруг ЦТ;

C_m — коэффициент момента сил сопротивления воды при вращении судна вокруг ЦТ, равный 0,065;

ρ — массовая плотность воды;

ω — скорость вращения судна, об/мин;

$$\omega = \frac{v}{0,5L} = \frac{2v}{L};$$

$S_{дп}$ — проекция подводной части судна на ДП, величина которой с достаточной точностью может быть принята равной произведению LT .

Подставив значения определенных величин в правые части выражения M_z , получим величину необходимой тяги одного буксира для вращения судна вокруг ЦТ

$$Z_1 = 4,3LT. \quad (19)$$

При вращении судна вокруг неподвижной оконечности (рис. 22, д) влияние давления ветра на необходимую тягу буксира нужно учитывать, а направление его принимать противоположным направлению движения оконечности судна.

Движение судна вокруг неподвижной оконечности можно рассматривать как движение половины длины вдвое более длинного судна вокруг ЦТ. В этом случае вращающий момент, создаваемый тягой буксира,

$$M_z = Z_1 2L = 2Z_1 L. \quad (20)$$

Момент сил сопротивления воды

$$M_y = C_m \frac{\rho}{2} \omega^2 L^4 T \cdot 16. \quad (21)$$

Подставив в правые части уравнений значения известных величин и приравняв их, после необходимых преобразований, получим тягу буксира, необходимую для выполнения разворота судна вокруг неподвижной оконечности, без учета влияния ветра

$$Z = 8,7LT. \quad (22)$$

Сравнивая полученные значения тяги, необходимой для разворота судна вокруг ЦТ и вокруг неподвижной оконечности без учета действия ветра, видим, что в первом случае требуется использование двух буксиров с суммарной тягой, равной тяге одного буксира, необходимого для разворота судна вокруг неподвижной оконечности.

Давление ветра при вращении судна вокруг неподвижной оконечности создает дополнительный момент $M_b = R_b \frac{2L}{2}$.

Таким образом, при равномерном вращении судна вокруг неподвижной оконечности, момент сил сопротивления воды и ветра будет равен

$$M = M_y + M_b = C_m \frac{\rho}{2} \omega^2 \cdot 16L^4 T + \zeta_b \frac{\rho_b v_b^2}{2} A \frac{2L}{2}.$$

Поскольку $M_z = 2Z_1 L = M$, то

$$Z_1 = C_m \frac{\rho}{2} \omega^2 8L^3 T + \zeta_b \frac{\rho_b v_b^2}{4} A.$$

Подставив известные величины, получим

$$Z_1 = 8,7LT + 4,8\zeta_b A. \quad (23)$$

Сравнение полученной величины Z_1 с величиной тяги, необходимой для перемещения судна лагом, показывает, что эти величины практически одинаковы. При развороте судна вокруг оконечности угол между ДП судна и направлением течения и ветра будет изменяться, в результате чего силы сопротивления воды и ветра уменьшатся, тогда как при перемещении судна лагом данные величины останутся неизменными. Поэтому в случае перемещения судна лагом потребуются большая величина необходимой тяги буксира, чем при развороте вокруг неподвижной оконечности. Сравнение силы тяги, требующейся для линейного перемещения судна, с тягой, необходимой для выполнения остальных рассмотренных маневров, показало, что она является наименьшей, и поэтому линейная буксировка судна не принимается за расчетный маневр при определении тяги буксира-кантовщика.

В качестве расчетного маневра принимают перемещение судна с одерживанием, для выполнения которого в большинстве случаев требуется наибольшая тяга. Это видно из сравнения данных, приведенных в табл. 15 и 16. Полученный в результате анализа возможных случаев маневр, требующий наибольшей тяги, принимается расчетным. По нему определяются тяга и мощность буксирного судна.

Пересчет величины тяги буксирного судна на мощность, потребную для обеспечения этой тяги, с достаточной для первого приближения точностью может быть выполнен по данным удельной тяги, указанной для каждого типа буксирных судов в § 8. Величину Z_0/N для нулевой скорости (на швартовах) следует пересчитать на рабочую скорость буксировки или толкания. Например, для буксиров-кантовщиков при перемещении судна с одерживанием значение Z_0/N пересчитывается для режима буксировки со скоростью 5 уз. Для буксиров с винтовыми движителями она составит 12,3 кгс/л. с., для буксиров с крыльчатými движителями — 8,3 кгс/л. с. Расчет потребной мощности буксиров-кантовщиков с упомянутыми движителями приведен в табл. 17, а зависимость мощности буксира от водоизмещения кантуемого судна показана на рис. 23.

Для определения потребной мощности буксиров-кантовщиков можно воспользоваться эмпирическими зависимостями мощности буксира от водоизмещения кантуемого судна.

При проектировании винтовых буксиров, предназначенных для кантовки сухогрузных судов, а также танкеров водоизмещением

Таблица 15

Расчет необходимой тяги для перемещения судна с одерживанием

Класс судна	Наименование судна	Водонмещение с полным грузом D , т	Чистая грузоподъемность Q , т	Сила сопротивления воды R_x , кгс	Сила давления, кгс		Тяга одерживающего буксира Z_2 , кгс	Угол отклонения ведущего буксира α , град	Тяга ведущего буксира Z_1 , кгс
					течения $R_{теч}$	ветра R_B			
Сухогрузы	Шексна	1 220	550	940	850	1250	1 490	27°30'	2 250
	Эльва	2 120	1 054	1230	1450	2320	2 660	31°10'	3 650
	Дмитрий Лаптев	3 850	2 010	1830	2060	2620	3 300	29°10'	4 780
	Верхоянск	5 660	3 010	2570	2650	3310	4 220	28°15'	6 330
	Андижан	6 659	3 960	2800	3110	3550	4 700	28°30'	6 970
	Станиславский	9 045	5 026	3430	3630	5400	6 400	29°35'	9 120
	Сергей Боткин	11 170	6 450	4000	4480	5780	7 250	29°20'	10 500
	Дмитрий Пожарский	14 245	7 907	4620	5100	8160	9 370	30°30'	13 100
	Лениногорск	16 890	9 860	5520	6130	7930	9 940	29°15'	14 400
	Тикси	17 180	10 364	5620	6280	7930	10 100	29°15'	14 600
	Ленинский комсомол	22 100	13 400	6860	7470	8930	11 600	28°20'	17 200
Танкеры	Буйнак	953	500	790	740	970	1 210	27°30'	1 860
	Ненец	3 100	1 316	1 700	1 930	1 790	2 630	27°30'	4 020
	Арабат	4 310	2 300	1 960	2 010	3 760	4 100	30°45'	5 670
	Певек	6 215	4 000	2 450	2 930	3 330	4 430	29°20'	6 400
	Урал	13 200	7 426	4 700	4 870	4 510	6 630	26°35'	10 500
	Егорьевск	16 250	10 200	5 080	5 800	5 750	8 170	28°30'	12 200
	Апшерон	18 100	12 000	5 400	5 870	6 260	8 580	27°50'	13 000
	Пекин	39 770	27 000	9 370	9 880	10 700	14 600	27°35'	22 300
	София	62 600	43 600	12 700	11 950	11 250	16 400	25°30'	27 000

Таблица 16

Расчет необходимой тяги для перемещения судна лагом

Класс судна	Наименование судна	Водонмещение с полным грузом D , т	Чистая грузоподъемность Q , т	Длина L , м	Осадка T , м	Площадь погруженной $ДП$, м ²	Коэффициент силы давления ветра K_B	Необходимая тяга Z , кгс
Сухогрузы	Шексна	1 220	550	55,00	3,14	185	0,70	2 060
	Эльва	2 120	1 054	71,40	4,10	345	0,70	3 585
	Дмитрий Лаптев	3 850	2 010	79,30	5,23	390	0,70	4 755
	Верхоянск	5 660	3 010	91,60	5,85	490	0,70	6 110
	Андижан	6 659	3 960	95,81	6,58	530	0,70	7 010
	Станиславский	9 045	5 026	109,02	6,74	800	0,70	8 790
	Сергей Боткин	11 170	6 450	120,50	7,52	860	0,70	10 430
	Дмитрий Пожарский	14 245	7 907	134,0	7,7	1220	0,70	12 660
	Лениногорск	16 890	9 860	141,60	8,75	1180	0,70	14 240
	Тикси	17 180	10 364	145	8,78	1180	0,70	14 540
	Ленинский комсомол	22 100	13 400	156,00	9,72	1320	0,70	17 035
Танкеры	Буйнак	953	500	50,55	2,95	155	0,65	1 720
	Ненец	3 100	1 316	72,67	5,36	258	0,65	4 045
	Арабат	4 310	2 300	83,50	4,87	600	0,65	5 250
	Певек	6 215	4 000	96,92	6,12	530	0,65	6 585
	Урал	13 200	7 426	124,00	7,94	720	0,65	10 405
	Егорьевск	16 250	10 200	138,00	8,50	920	0,65	12 610
	Апшерон	18 100	12 000	141,79	8,36	1000	0,65	13 370
	Пекин	39 770	27 000	188,0	10,65	1710	0,65	21 950
	София	62 600	43 600	214,0	11,3	1800	0,65	25 720

Примечание. В табл. 15 и 16 приведены данные для буксировки судов в грузу (расчет показывает, что для буксировки судов в балласте требуется меньшая тяга).

Расчет мощности буксира-кантовщика

Таблица 17

Класс судна	Наименование судна	Водонмещение с полным грузом D , т	Необходимая тяга Z , кгс (см. табл. 15 и 16)	Потребная мощность буксира N , л. с. при движителе	
				винтовом	крыльчатом
Сухогрузы	Шексна	1 220	2 250	180	270
	Эльва	2 120	3 650	290	440
	Дмитрий Лаптев	3 850	4 780	380	570
	Верхоянск	5 660	6 330	510	760
	Андижан	6 659	6 970	570	840
	Станиславский	9 045	9 120	740	1100
	Сергей Боткин	11 170	10 500	850	1260
	Дмитрий Пожарский	14 245	13 100	1060	1580
	Лениногорск	16 890	14 400	1170	1730
	Тикси	17 180	14 600	1190	1760
	Ленинский комсомол	22 100	17 200	1400	2070
Танкеры	Буйнак	953	1 860	150	220
	Ненец	3 100	4 045*	320	480
	Арабат	4 310	5 670	460	680
	Певек	6 215	6 585*	530	790
	Урал	13 200	10 500	850	1260
	Егорьевск	16 250	12 610*	1020	1520
	Апшерон	18 100	13 370*	1080	1610
	Пекин	39 770	22 300	1810	2680
	София	62 600	27 000	2190	3250

* Тяга соответствует маневру перемещения судна лагом, поскольку в этих случаях она является максимальной.

до 10 тыс. т с достаточной для практики точностью справедлива формула

$$N = 0,06D + 200 \text{ л. с.} \quad (24)$$

В случае использования на буксире крыльчатых движителей мощность его можно выбирать по формуле

$$N = 0,09D + 260 \text{ л. с.} \quad (25)$$

Для судов танкерного флота по сравнению с сухогрузными судами требуются буксиры относительно меньшей мощности.

Мощность буксиров, обслуживающих эти суда, при 10 тыс. т < $D \leq 63$ тыс. т может определяться по формулам:

винтовые буксиры

$$N = 140 + 6,17 \left(\frac{D}{100} \right) - 0,005 \left(\frac{D}{100} \right)^2 \text{ л. с.}, \quad (26)$$

буксиры с крыльчатыми движителями

$$N = 224 + 8,85 \left(\frac{D}{100} \right) - 0,007 \left(\frac{D}{100} \right)^2 \text{ л. с.} \quad (27)$$

Для ледовых условий плавания потребная мощность буксиров должна приниматься в 1,2—1,4 раза больше расчетной.

Мощность линейных буксиров и толкачей обычно определяется (или задается) исходя из грузоподъемности буксируемых или толкаемых составов, характерных для того или иного района плавания и экономически обоснованной скорости их движения.

Морская и речная практика буксировки и толкания судов и составов выработала достаточно установившиеся экономически оправданные значения мощности буксиров и толкачей в зависимости

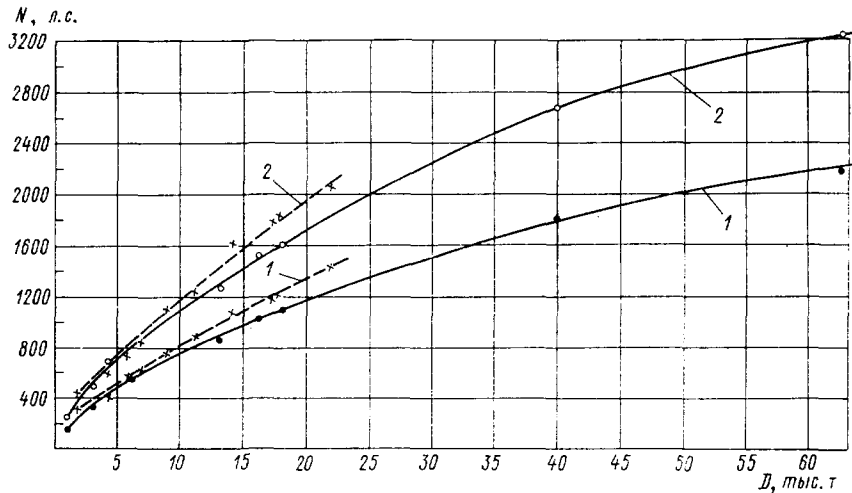


Рис. 23. Зависимость потребляемой мощности буксиров-кантовщиков от водоизмещения сухогрузных (— — —) и нефтеналивных (—) судов.

1 — винтовые буксиры; 2 — буксиры с крыльчатыми двигателями.

от грузоподъемности составов. Эта зависимость обычно характеризуется величиной нагрузки по грузоподъемности на единицу мощности буксирных судов.

Мощность энергетической установки буксиров для свободного хода с заданной скоростью можно приблизительно оценить по формулам адмиралтейских коэффициентов C_V и C_{∞} :

$$N = \frac{V^{2/3} v^3}{C_V} \quad (28)$$

или

$$N = \frac{S_{\infty} v^3}{C_{\infty}}, \quad (29)$$

где V — водоизмещение судна, м³; v — скорость, уз; S_{∞} — площадь мидель-шпангоута, м².

Значения C_V и C_{∞} по построенным судам приведены в табл. 18. Использование адмиралтейских коэффициентов целесообразно для

Значения коэффициентов C_V и C_{∞} при свободном ходе буксиров

Наименование судна	Мощность N, л.с.	Объемное водоизмещение V, м ³	Площадь мидель-шпангоута S_{∞} , м ²	Скорость свободного хода v, уз	$C_V = \frac{V^{2/3} v^3}{N}$	$C_{\infty} = \frac{S_{\infty} v^3}{N}$
Портовые буксиры с КД						
Марс	600	166	11,3	9,5	43	16
Новус	1200	260	14,6	12,0	59	21
Европа	1250	260	14,6	12,0	56	20
Портовые двухвальные буксиры-кантовщики						
Крепыш	300	61,6	7,4	10,0	52	25
Сацук Мару	500	107,2	9,9	10,4	51	22
Бандаи Мару	900	189,1	13,8	11,7	58	24
Райсухи Мару	1000	210,0	14,2	11,6	56	22
Ресопим	1060	239,0	14,5	12,0	62	24
Сатурн	1200	295,0	20,6	12,0	64	29
Тиеда Мару	1320	298,0	18,5	12,5	67	27
Ямото Мару	1500	292,0	18,2	12,0	51	21
Труженник	2310	397,0	21,7	13,6	58	24
Хирота Мару	2400	328,0	20,7	13,1	44	19
Хариу Мару	3300	590,0	34,0	14,3	63	30
Портовые одновальные буксиры-кантовщики						
Рейд	600	180	16,2	10,5	61	31
Кастле Ков	1230	390	25,6	12,3	81	38
Рейдовые двухвальные буксиры						
Прибой	300	41,6	5,0	9,0	29	12
РБТ-1	300	33,2	4,3	9,5	30	12
Спутник	300	48,8	4,3	9,2	35	12
Минин	300	52,6	5,3	10,0	47	18
Рейдовые одновальные буксиры						
Ривер	330	87,7	8,1	8,7	41	16
Курисио	330	97,5	8,1	10,6	36	29
Проект 73	150	32,0	4,4	8,5	41	18
КЖ	150	39,9	4,4	9,2	66	23
Кокуэ Мару	650	187,0	12,0	11,0	67	25
Морские линейные буксиры						
МБ-301	225	104,5	8,8	10,0	99	39
Выг	300	179,0	12,7	10,0	106	42
Шквал	400	216,0	13,1	9,8	85	31
Гвардеец	500	278,0	12,4	10,0	85	35
Садко	750	353,0	18,8	11,2	93	35
Морские многоцелевые буксиры						
Квитекс	1570	530	—	12,9	89	—
Кеверне	1650	438	25,4	12,9	75	33
Тамаран	2100	700	—	14,0	103	—

Примечания: 1. Объемное водоизмещение подсчитано по формуле $V = \frac{D}{1,025}$.

2. Площадь мидель-шпангоута определена по формуле $S_{\infty} = \beta VT = 0,83 VT$.

3. Мощность в расчетах принята установочная.

оценки мощности по прототипу при одинаковой с ним скорости движения.

Эффективность использования мощности энергетической установки буксирного судна, в соответствии с его классом, в значительной мере предопределяет тип движительно-рулевого комплекса. От правильного выбора последнего зависят способность осуществлять сложные маневры на ограниченных акваториях, устойчиво держаться на курсе, а для толкачей — способность управлять толкаемыми составами судов, во много раз превосходящими толкач по размерам и водоизмещению.

Основным типом движителя современных буксирных судов всех типов является гребной винт фиксированного шага (ВФШ). Гребные винты имеют от 3 до 6 лопастей. Однако наиболее широкое распространение получили четырехлопастные винты. Бóльшее число лопастей принимается с целью предотвращения или снижения вибрации, но вероятность повреждения таких винтов при работе в насадках со стабилизаторами выше, чем четырехлопастных. Гребные винты в направляющих насадках нашли широкое применение. Буксирных судов с открытыми винтами мало. Объясняется это тем, что насадка увеличивает тягу на гаке до 40—50% в швартовном режиме и до 20—30% при буксировке составов со скоростью 5—6 уз (9—11 км/ч). Кроме того, насадка предохраняет винт от повреждений при навалах, от намотки буксирного каната, снижает вероятность попадания воздуха к винту при движении на волнении. В последние годы широкое применение нашли поворотные насадки со стабилизаторами, обеспечившими высокую поворотливость судов и составов и управляемость буксирных судов на заднем ходу — качества, необходимые для буксирных судов всех типов. Пропульсивные качества поворотных насадок со стабилизаторами значительно выше комплекса неповоротные насадки — рули переднего и заднего хода (см. § 8).

Винты регулируемого шага (ВРШ), несмотря на их высокие тяговые характеристики при работе буксирного судна с разными по сопротивлению составами, еще не получили большого распространения вследствие высокой, по сравнению с ВФШ, стоимости, сложности и меньшей живучести, повышенного износа механизма поворота лопастей при работе в речных условиях и, наконец, ввиду несколько меньшего значения к. п. д. на основном режиме работы. Поэтому ВРШ могут быть рекомендованы к установке на морских портовых буксирах в сочетании с поворотными насадками.

Водометный движительный комплекс широко применяется на мелкосидящих толкачах и буксирах с осадкой до 0,9 м, используемых на малых реках. Водометные буксиры имеют полуподводный или подводный выброс струи. Величина удельной тяги их мало отличается от удельной тяги гребных винтов. Маневренные качества буксиров с водометными движителями — высокие.

В зарубежной практике на толкачах малой и средней мощности все чаще применяют поворотные движительно-рулевые колонки (ДРК). Колонки устанавливаются при мощности до 1000 л. с. Винты

колонок — открытые и в насадках. Успешное распространение ДРК объясняется удобством монтажа двигателей и колонок на судне, высокой эффективностью движителей и рулевого органа: колонки обеспечивают поворот винта в горизонтальной плоскости до 360°.

Крыльчатые движители (КД) находят применение в основном на портовых буксирах, где требуются особенно высокие маневренные качества. Тяга крыльчатых движителей ниже, чем винтовых. Широкому распространению КД мешают также сложность их конструкции, уязвимость и высокая стоимость.

В соответствии с имеющимся опытом эксплуатации и последними исследованиями в качестве движительно-рулевых комплексов могут быть рекомендованы для буксирных судов:

морских и рейдовых линейных — гребной винт в поворотной насадке;

портовых и рейдовых буксиров-кантовщиков — винты в раздельно управляемых поворотных насадках, ДРК или крыльчатый (один или два) движитель;

речных, озерных толкачей и буксиров — винты в раздельно управляемых поворотных насадках;

мелкосидящих линейных речных буксиров и толкачей с осадкой 0,3—0,9 м — водометный движитель с полуподводным или воздушным выбросом струи; для рейдовых — поворотные насадки, водометный движитель и ДРК.

Указанные движительно-рулевые комплексы обеспечат буксирным судам высокие тяговые и маневренные качества.

§ 8. Тяговые характеристики

Тяга буксирного судна — показатель, характеризующий эффективность использования мощности при выбранных основных элементах корпуса и движителей. Чем более они соответствуют назначению буксирного судна, тем выше его тяговые показатели на заданном режиме работы.

Для количественной оценки тяговых качеств буксирного судна на разных скоростях его работы (от швартовного режима до скорости свободного хода) выполняются соответствующие расчеты и строится паспортная диаграмма. Расчеты выполняются по известным схемам [7, 8, 28, 36].

Результаты этих расчетов, представленные в виде сводной паспортной диаграммы буксирного судна (рис. 24), содержат следующие кривые, построенные в функции от скорости судна v :

а) суммарной мощности ΣN главных двигателей;

б) суммарной полезной тяги ΣP_e ; $z_{\text{исп}}$

в) сопротивления корпуса толкача R_T или буксира R_B и сопротивления толкача или буксира с расчетным составом R_c — соответствуют нормальным условиям плавания при полных запасах топлива;

- г) тяги на гаке Z , получаемой путем вычитания ординат кривой R_T или R_6 из ординат кривой (ΣP_c) при скорости движения v ;
 д) буксировочного к. п. д., определяемого по формуле

$$\eta_6 = \frac{Zv}{75N} \quad (30)$$

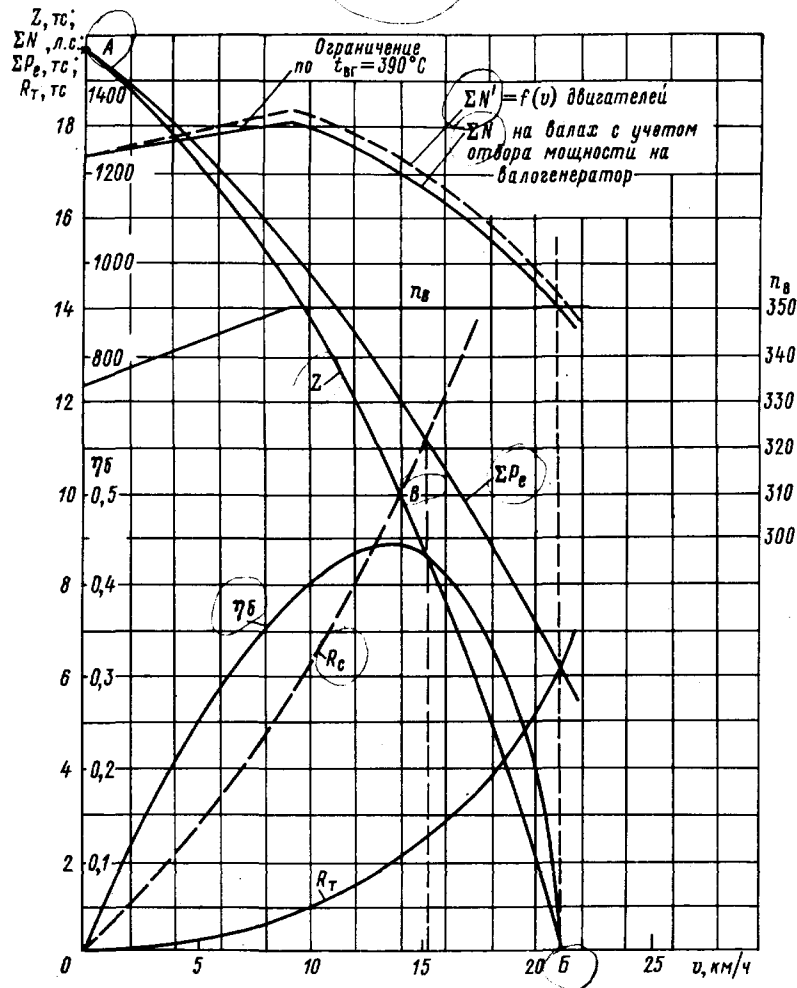


Рис. 24. Паспортная диаграмма тяговых характеристик толкача Плевна мощностью 1340 л. с.

На диаграмме (см. рис. 24) имеются три характерные точки: **А** соответствует наибольшему упору движителей при нулевой скорости движения или тяге на швартовах; **Б** — наибольшей скорости движения судна без состава — свободному ходу; **В** определяет величину скорости движения при следовании толкача или буксира с расчетным составом.

Для буксирного судна изменение условий эксплуатации определяется в основном изменением сопротивления буксируемого состава, т. е. изменением величины тяги на гаке. Поэтому тяговые качества буксирных судов оценивают главным образом по кривым

$$Z = f(v) \text{ и } \eta_6 = f(v). \quad (31)$$

Из рис. 24 следует, что получить на судне с ВФШ максимальные возможные значения тяги на швартовах Z_0 , тяги в режиме буксировки Z_6 и свободного хода $v_{св.х.}$ невозможно. Задача проектировщика обычно сводилась к выбору компромиссного варианта, где все величины в результате обладали бы некоторыми приемлемыми значениями.

С развитием буксиростроения и дифференциацией буксирных судов на узкоспециализированные классы решение данной задачи должно соответствовать требованиям, которые предъявляются к буксирным судам в зависимости от их класса. Например, для буксиров-кантовщиков, работающих в основном на режимах, близких к швартовному, естественно нужно стремиться обеспечить наибольшую величину тяги на швартовах. Относительное снижение скорости свободного хода при этом не столь важно, так как последняя обычно ограничивается условиями и правилами работы судов данного класса в порту. Наоборот, для линейных буксиров и толкачей необходимо в первую очередь обеспечить высокую тягу при значительной скорости буксировки.

Получение удовлетворительных тяговых показателей или, что то же, обеспечение проектируемому судну нужной буксировочной кривой достигается главным образом за счет выбора наиболее эффективного для данного случая типа движительно-рулевого комплекса и его элементов. Например, применение в качестве движителей ВРШ дает возможность полностью использовать мощность главного двигателя и получать тягу на гаке во всех режимах работы, отличных от расчетного, более высокую по сравнению с таковой на однотипных буксирных судах, оборудованных ВФШ.

На рис. 25 приведена диаграмма тяговых характеристик морского буксира мощностью 1200 л. с. Были испытаны три винта: спроектированный на швартовный режим работы; на свободный ход и компромиссный, спроектированный на промежуточный режим для расчетного состава судов. Как следует из диаграммы,

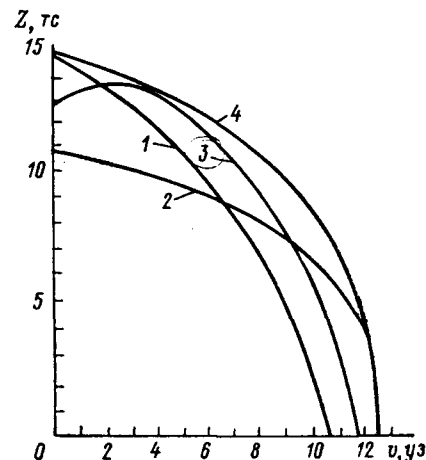


Рис. 25. Диаграмма тяговых характеристик морского буксира с винтами фиксированного шага (буксирным 1, скоростным 2, компромиссным 3) и регулируемого шага 4.

винт 1 не позволяет развить максимально возможную скорость хода (потеря скорости составляет около 15%) при данной мощности. У винта 2 тяга на швартовах меньше на 27%, а у компромиссного винта 3, обеспечивающего большую тягу при скорости 4—9 уз, потери скорости и тяги по сравнению с винтами 1 и 2 имеют примерно средние значения.

Кривая 4 является огибающей к первым трем и характеризует значения максимальной тяги, которую можно получить на любой скорости буксировки — от нуля до наибольшей, т. е. на всех режимах полностью используется мощность главных двигателей. Для обеспечения наибольшей тяги на гаке винтовых буксиров следует рассмотреть возможность установки направляющих насадок, получивших широкое распространение в буксирном флоте морского и особенно внутреннего плавания.

Ориентировочное значение вероятной тяги буксира заданной мощности может быть определено по статистическим данным удельной тяги построенных судов, графикам и эмпирическим формулам.

Значение удельной тяги Z_0/N принимается при нулевой скорости — на швартовах (Z_0 — тяга на швартовах, кгс; N — эффективная мощность энергетической установки, л. с.).

По удельной тяге на швартовах, характерной для данного класса буксирных судов, можно установить ее промежуточные значения при интересующих скоростях буксировки (в зависимости от расчетного состава). Однако учитывая, что сопротивление буксирных судов обычно в несколько раз меньше буксируемого состава, допустимо считать мало существенным и различие в тяге при буксировочных режимах судов одного типа, имеющих одинаковую тягу на швартовном режиме. В таких случаях для предварительной оценки можно ограничиться рассмотрением только швартовного режима.

На рис. 26 приведены кривые значений удельной тяги для наиболее распространенных типов морских буксирных судов, а на рис. 27 — кривая зависимости тяги от мощности.

Из графиков следует, что величина удельной тяги имеет значительный разброс точек. Оценить среднее значение можно лишь весьма приблизительно: 14,5—13,5 кгс/л. с. во всем диапазоне мощности с тенденцией к снижению при возрастании мощности. Толкачи и буксиры (см. рис. 27) оборудованы насадками гребных винтов, в основном поворотными.

С целью сравнительной оценки полученной величины удельной тяги в ходовых режимах с достигнутыми у плавающих судов в табл. 19 приведены расчетные скорости хода и соответствующие им значения удельной тяги для толкачей и буксиров мощностью 35—4000 л. с. Там же даны величины буксировочного к. п. д., снижающегося по мере уменьшения мощности судов. Значительная разница в величинах удельной тяги объясняется различными условиями плавания и разными осадками даже у судов одинаковой мощности. Например, толкачи-буксиры мощностью 600 л. с. имеют

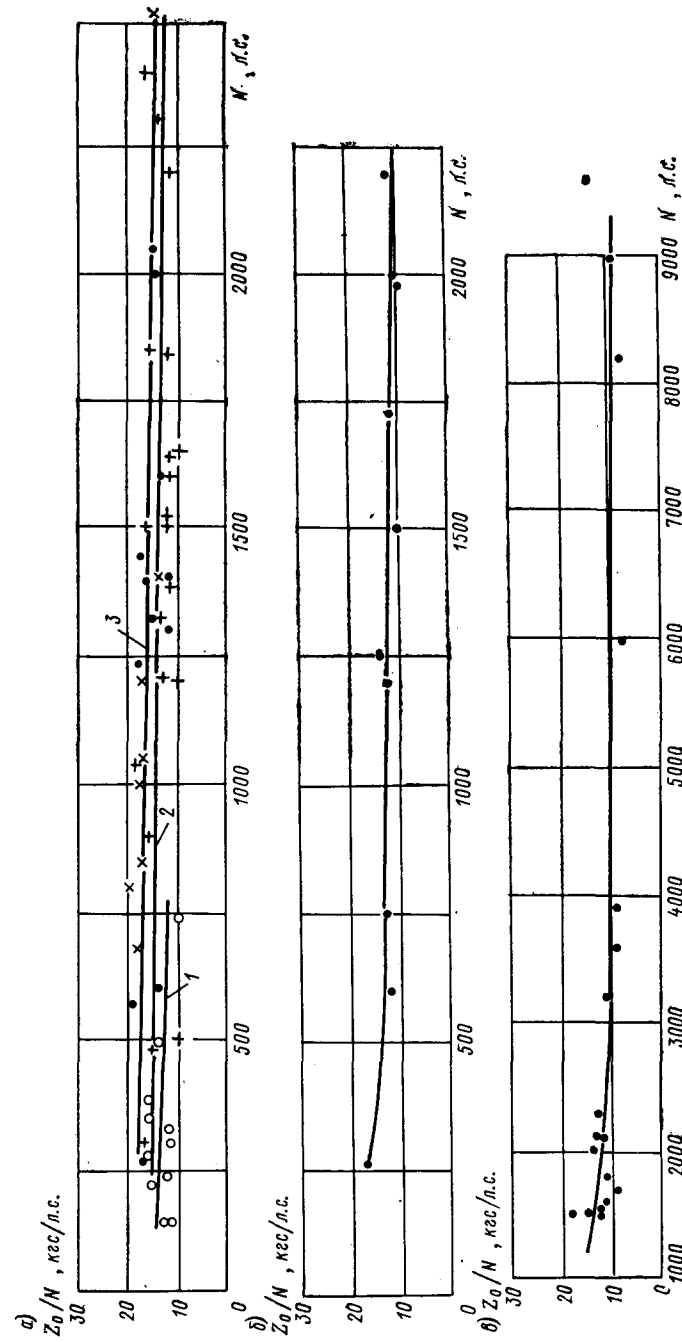


Рис. 26. Зависимость удельной тяги на швартовах от мощности: а — рейдовых и морских линейных буксиров (1), портовых двухвалных буксиров-кантовщиков (2), портовых и рейдовых одновалных буксиров-кантовщиков (3); б — портовых буксиров-кантовщиков с крыльчатыми двигателями; в — морских многоцелевых и океанских буксиров.

осадку от 1,3 до 1,9 м. От осадки зависит диаметр винта и нагрузка по мощности на единицу площади его гидравлического сечения, а следовательно, и величина буксировочного к. п. д. Достижение высоких значений последнего упрощается, когда можно выбрать оптимальную для заданной осадки частоту вращения винта (имеется достаточный для этого ряд двигателей или редукторных передач).

Характер изменения величины удельной тяги буксирных судов в зависимости от нагрузки по мощности на гидравлическое сече-

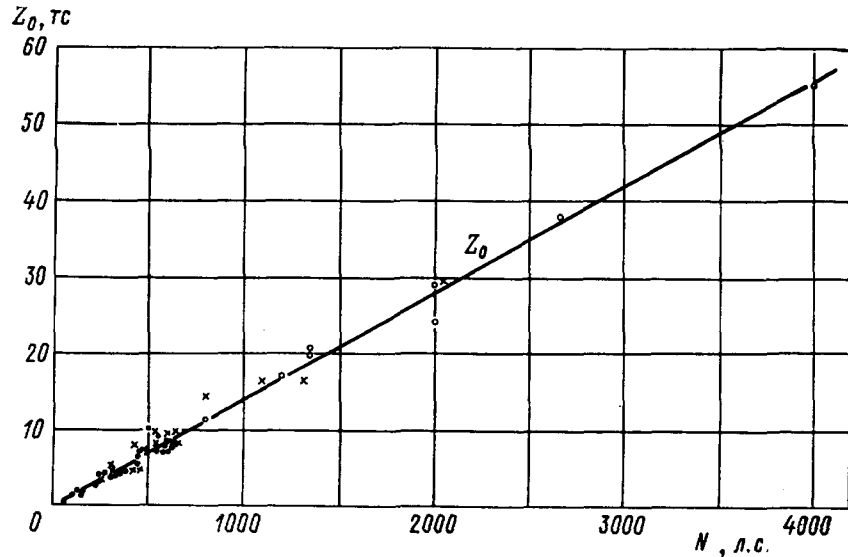


Рис. 27. Зависимость тяги буксирных судов внутреннего плавания от мощности. о — толкачи; х — буксиры.

ние гребного винта приведен на рис. 28. Из графика следует, что с ростом нагрузки величина удельной тяги по мощности снижается.

Чем больше диаметр выбираемого гребного винта отличается от оптимального при одинаковой мощности, тем ниже к. п. д. и

Таблица 19

Значения удельной тяги и буксировочного к. п. д. судов внутреннего плавания в зависимости от мощности и скорости движения с составом

Мощность номинальная, л. с.	Удельная тяга (кгс/л. с.) при скорости движения, км ч						Буксировочный к. п. д.
	14	12	10	9	8	0	
4000—2000	8,9—7,6	—	—	—	—	13,9—11,0	0,40—0,46
1340—800	—	9,6—12,0	—	—	—	16,0—15,6	0,35—0,45
600—360	—	—	9,0—12,0	—	—	15,8—16,7	0,32—0,44
300—280	—	—	—	8,8—11,8	—	13,3—17,0	0,30—0,39
220—140	—	—	—	—	8,2—10,0	11,0—16,0	0,25—0,38
90—35	—	—	—	—	7,7—8,3	12,9—11,3	0,21—0,25

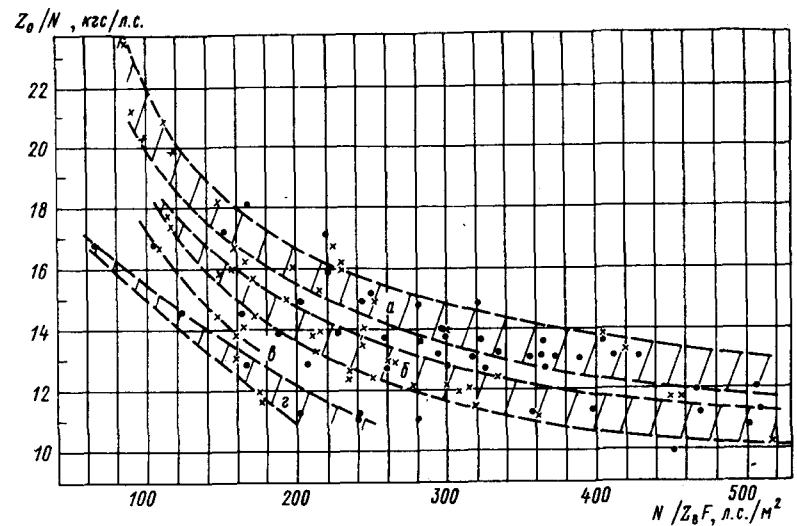


Рис. 28. Зависимость удельной тяги на швартовах от нагрузки гребного винта. Толкачи и буксиры с гребными винтами в насадках: а — большие и средние; б — средние и малые; в — мелкосидящие. Буксиры с открытыми винтами (z).

х — отечественные суда; ● — зарубежные суда.

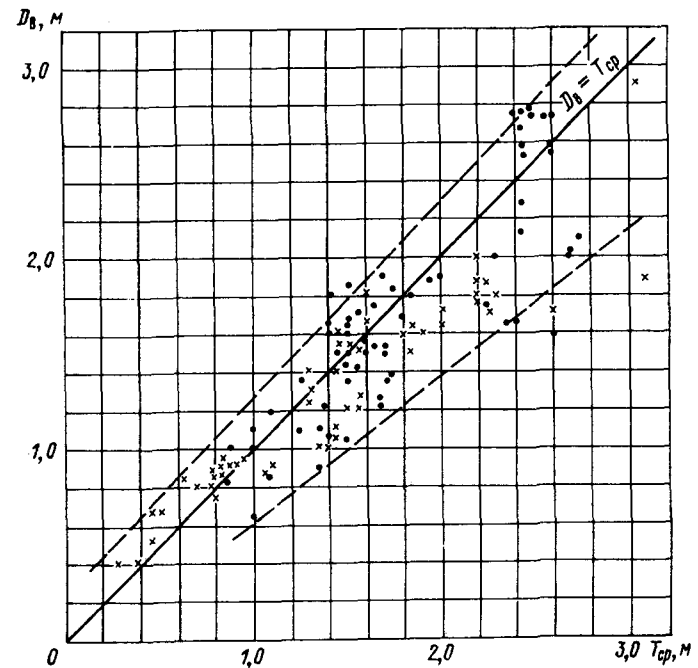


Рис. 29. Зависимость диаметра гребных винтов D_b буксирных судов внутреннего плавания от средней осадки $T_{ср}$.

х — отечественные суда; ● — зарубежные суда.

тяги двигателя. Нередко диаметр винта принимается больше средней осадки. У морских буксиров это достигается за счет строительного дифферента, а у речных — в результате устройства в корпусе полутуннелей. На рис. 29 приведен график значений осадки и диаметра винтов буксирных судов внутреннего плавания, подтверждающий, что диаметр винта часто выбирается значительно больше осадки. Это в первую очередь касается мелкоосидящих судов.

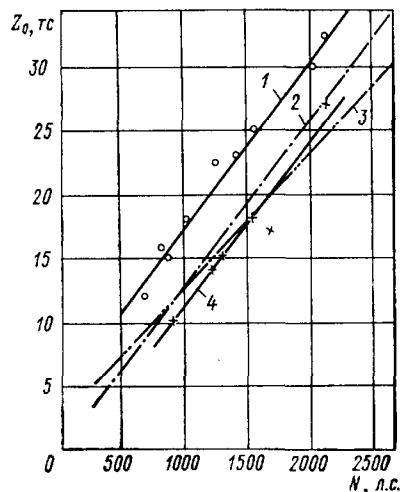


Рис. 30. Зависимость тяги на швартовах от мощности буксирных судов: с винтами фиксированного шага в насадках (1); по Мунро-Смиту (2); по Пер Григу (3); для судов с открытыми винтами регулируемого шага (4).

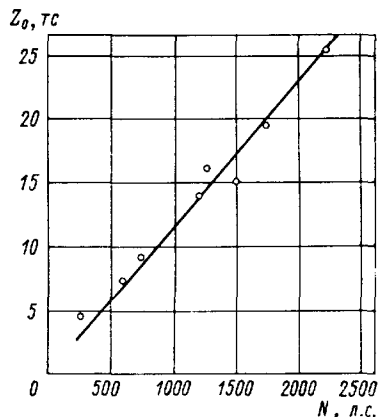


Рис. 31. Зависимость тяги на швартовах от мощности буксирных судов с крыльчатыми двигателями.

Зависимость диаметра винта от мощности двигателя и частоты вращения n гребного вала буксиров и толкачей можно ориентировочно оценить по формуле

$$D_B = k \sqrt[4]{\frac{N}{n^2}}, \quad (32)$$

где k — коэффициент, равный 0,72—0,85.

Для сопоставления получаемых значений тяги проектируемого судна и предварительной оценки ее при заданной мощности на рис. 30 и 31 приведены кривые тяги на швартовах современных судов. Там же показана зависимость тяги на швартовах от мощности энергетической установки судов, имеющих в качестве двигателей ВРШ, часто применяемые на морских портовых буксирных судах.

На рис. 30 даны кривые тяги для буксиров-кантовщиков, у которых открытые ВРШ или ВФШ заключены в направляющие на-

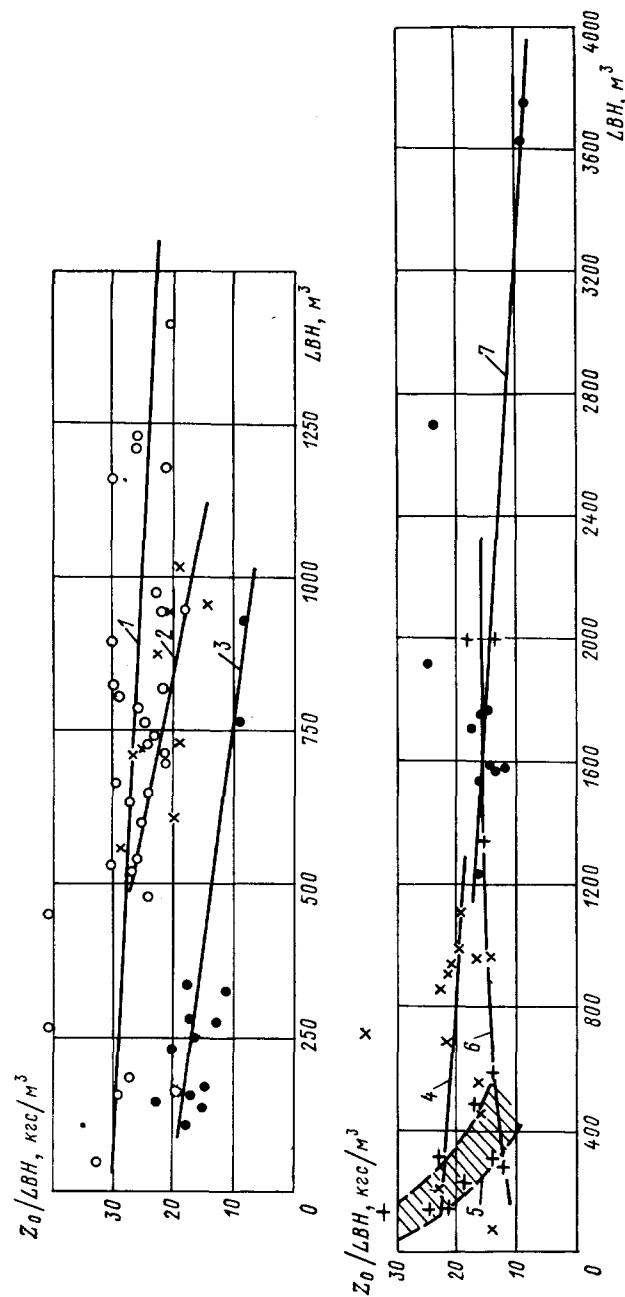


Рис. 32. Зависимость коэффициента утилизации тяги на швартовах от кубического модуля буксиров. 1 — портовые буксиры и буксиры-кантовщики; 2 — рейдовые буксиры-кантовщики; 3 — рейдовые и морские линейные буксиры; 4 — портовые буксиры-кантовщики с крыльчатыми двигателями; 5 — речные буксиры и толкачи класса «Р»; 6 — морские многоцелевые и океанские буксиры; 7 — морские многоцелевые и океанские буксиры.

садки. Зависимость тяги от мощности для указанных типов двигателей может быть выражена соответственно следующими формулами:

$$Z_0 = 1,3 \frac{N}{100} - 1,6 \quad (33)$$

и

$$Z_0 = 1,3 \frac{N}{100} + 4,4. \quad (34)$$

На рис. 31 приведены данные тяги в зависимости от мощности для портовых буксиров с крыльчатыми двигателями. Как видно из рисунка, формула Пер Грига $Z_0 = N/86$ достаточно точно согласуется со статистическими данными.

Кроме упомянутой формулы Пер Григом [74] предложена и другая:

$$Z_0 = \frac{N}{93} + 2, \quad (35)$$

служащая для определения тяги на швартовах однояльных портовых буксиров с открытыми винтами и нормальными обводами корпуса при мощности 300 л. с. и более.

С той же целью Мунро-Смитом [45, 76] предложена формула

$$Z_0 = 1,3 \frac{N}{100}. \quad (36)$$

Для сравнения буксирных судов используется коэффициент утилизации тяги на швартовах по кубическому модулю [53]

$$\eta_m = \frac{Z_0}{LBH}, \quad (37)$$

где Z_0 — тяга на швартовах, кгс; LBH — кубический модуль судна, м³.

На рис. 32 показаны кривые зависимости коэффициента утилизации тяги на швартовах от кубического модуля морских буксирных судов и судов внутреннего плавания.

§ 9. Составляющие водоизмещения и положение центра тяжести

Расчет нагрузки массы судна определяет его водоизмещение, положение ЦТ и является одним из основных расчетов, выполняемых при проектировании. Расчет нагрузки массы служит для обоснования главных размерений и основных элементов, принятых в проекте и проверке его спецификационных (договорных) характеристик (осадка, тяга, остойчивость и др.). Выполнение расчета нагрузки производится на всех стадиях проектирования судна; предусматривается ряд последовательных приближений.

На стадии технических предложений и при проработке технических заданий на проектирование масса судна подсчитывается по

укрупненным измерителям, подбираемым по прототипам. Для этого могут оказаться достаточными данные укрупненной (по разделам) нагрузки масс:

Кр — корпус (металлический корпус, обстройка, окраска, изоляция и оборудование помещений, дельные вещи и судовые устройства);

Ст — системы;

Мш — машинная установка (главная машинная установка с оборудованием, запчастями и трубопроводами, независимые вспомогательные установки с трубопроводами, валопровод и двигатели, вспомогательная котельная установка);

Эл — электрооборудование, внутрисудовые связь и управление;

Вр — вооружение (средства внешней связи, радиотехническое навигационное оборудование). Для буксиров эта группа при укрупненных подсчетах нагрузки объединяется с предыдущей (Эл);

Жг — жидкие грузы (остатки воды в корпусе, механизмах и трубопроводах, топлива и масла в цистернах и трубопроводах);

Сн — снабжение, экипаж, провизия и пресная вода, расходные материалы;

Тп — запасы топлива, воды и масла;

Зв — запас водоизмещения;

Бл — жидкий балласт.

Сумма масс по указанным разделам дает полное водоизмещение судна.

При разработке эскизных и технических проектов расчет нагрузки масс выполняется на базе установленных главных размерений, выбранного основного оборудования, конструктивных схем и чертежей общего расположения. Исполнительная нагрузка масс подсчитывается по рабочим чертежам.

Для использования при проектировании в табл. 20 и 21 приведены укрупненные (по разделам) нагрузки масс построенных буксирных судов. В этих же таблицах даны измерители разделов нагрузки, отнесенные соответственно к кубическому модулю или мощности.

Для буксиров, имеющих удлиненный бак и значительную седловатость, при расчетах модулей, включающих высоту борта — LBH , $L(B+H)$ и т. д., следует вводить поправку на влияние бака или седловатости. Вместо расчетной высоты борта H в модули нужно ввести величину приведенной высоты борта

$$H' = H + h_{\pi} \frac{l_{\pi}}{L}.$$

Здесь h_{π} — высота полубака, м; l_{π} — длина полубака, м.

Удельное значение подгрупп «Металлический корпус» и «Подкрепления и фундаменты» составляет от раздела «Корпус» (Кр),

Измерители нагрузки масс морских

Название головного судна	Класс Регистра	Мощность N, л. с.	LBN, м³	Разделы					
				Кр		Ст		Мш	
				масса, т	$\frac{Kp}{LBN}, \text{кг/м}^3$	масса, т	$\frac{Ct}{LBN}, \text{кг/м}^3$	масса, т	$\frac{Msh}{N}, \text{кг/л.с.}$
Голиаф	УЛ ★ Р $\frac{4}{1}$ С (буксир)	2200	2680	525	182	32	11,1	194	88
Атлант	УЛ ★ Р $\frac{4}{1}$ С (буксир)	2200	3035	583	193	25	8,2	169	86
Иван Плюсин	УЛ ★ Р $\frac{4}{1}$ С (буксир)	2000	2365	468	198	36	15,2	145	73
Стремительный	УЛ ★ Р $\frac{4}{1}$ С (буксир)	1200	1980	410	207	12	6,1	99	82
Кутузов	Л ★ Р $\frac{4}{1}$ С (буксир)	1200	1180	233	198	12	10,2	103	85
Сатурн	УЛ ★ Р $\frac{4}{1}$ С (буксир)	1200	952	162	170	12	12,6	64	53
Рейд	УЛ ★ Р $\frac{4}{1}$ С (буксир)	600	524	102	195	7	13,3	40	67
Марс	★ Р $\frac{4}{1}$ С (буксир)	600	462	87	198	5	10,8	43	72
Крепыш	Л ★ Р $\frac{4}{1}$ С (буксир)	300	184	37	201	3	16,3	11	36
Олег Кошевой	Л ★ Р $\frac{4}{1}$ С (буксир)	300	198	31	157	2	10,1	9	30
Прибой	Л ★ Р $\frac{4}{1}$ С (буксир)	300	138	23	167	2,2	15,9	5,5	18

и портовых буксиров

нагрузки						Водонемещение					
Эл		Сн		Тп		порожнем			полное		
масса, т	$\frac{Эл}{LBN}, \text{кг/м}^3$	масса, т	$\frac{Cn}{LBN}, \text{кг/м}^3$	масса, т	$\frac{Tn}{N}, \text{кг/л.с.}$	D_0 , т	$\frac{D_0}{N}, \text{кг/л.с.}$	$\frac{D_0}{LBN}, \text{кг/м}^3$	D_1 , т	$\frac{D_1}{N}, \text{кг/л.с.}$	$\frac{D_1}{LBN}, \text{кг/м}^3$
33	11,5	81	28,1	211	96	928	422	322	1220	555	423
15	5,0	33	10,9	332	151	840	382	276	1205	548	397
37	15,7	50	21,1	170	85	715	358	302	935	468	394
16	8,0	40	20,2	182	152	550	458	278	772	643	390
9	7,6	27	22,9	76	63	367	308	311	470	392	392
6	6,3	6	6,3	40	33	257	214	270	303	267	290
7	13,3	3	5,7	19	32	164	274	314	186	310	355
5	10,8	3	6,5	20	33	147	245	318	170	264	368
2,4	13,0	1,5	8,2	7	23	54	180	293	63	210	342
2,5	12,6	1,5	7,6	6	20	46	153	232	53	177	268
1	7,3	1,5	10,9	9	30	33	110	239	43	143	312

Измерители нагрузки масс толкачей

Номер проекта, название головного судна	Класс Регистра	Мощность N , л. с.	LBH , м ³	Разделы						
				Кр		Ст		Мш		Эл
				масса, т	$\frac{Kp}{LBH}$, кг/м ³	масса, т	$\frac{Ct}{LBH}$, кг/м ³	масса, т	$\frac{Mш}{N}$, кг/л.с.	масса, т
<i>P18A</i>	«М»	1200	1620	334	206	8	4,9	77	64	13
<i>1587, Красно-ярский пионер</i>	«М»	540	410	76	186	2,4	5,8	17	31	2
<i>947, Маршал Блюхер</i>	«О»	4600	2920	641	220	23	7,9	130	28	21
<i>428, ОТА-2001</i>	«О»	2000	1685	382	225	22	13,0	84	42	19
<i>749Б, Плевна</i>	«О»	1340	1245	256	206	16	12,9	79	59	17
<i>P45</i>	«О»	600	627	119	191	5,5	8,8	22	32	6
<i>1741 РТ-601</i>	«О»	600	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>P33</i>	«О»	600	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>887, Шлюзовой-1</i>	«О»	600	503	110	218	5,6	11,1	18	30	17
<i>P47</i>	«О»	600	602	104	174	3,6	6,0	32	53	4,2
<i>P103</i>	«О»	300	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>378</i>	«О»	300	149	23	154	1,0	6,7	6,7	22	1,0
<i>891Б</i>	«О»	225	153	32	209	1,0	6,5	7,1	32	1,0
<i>T-63M</i>	«О»	150	97	11,6	120	0,8	8,3	3,4	23	0,6
<i>908, Речной-1</i>	«Р»	450	433	85	196	3,4	7,8	18	40	6,1
<i>P14</i>	«Р»	450	338	74	222	3,3	9,7	19	42	4,1
<i>911Б</i>	«Р»	300	302	67	222	3,3	10,9	14	47	2,5
<i>418А</i>	«Р»	225	154	31	202	1,6	10,4	6	27	1,1
<i>679</i>	«Р»	150	61	9,3	151	0,8	13,1	0,3	2	0,3
<i>861y</i>	«Р»	150	87	18	207	0,9	10,4	3,8	25	0,3
<i>P96</i>	«Р»	150	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>528к</i>	«Л»	300	115	30	261	1,3	11,3	13	43	2,1
<i>319</i>	«Л»	35	35	7	200	0,5	14,3	2,0	57	0,2

и буксиров внутреннего плавания

нагрузки					Водоизмещение						
Эл		Сп		Тп		порожнем			полное		
$\frac{Эл}{LBH}$, кг/м ³	масса, т	$\frac{Cп}{LBH}$, кг/м ³	масса, т	$\frac{Тп}{N}$, кг/л.с.	D_0 , т	$\frac{D_0}{N}$, кг/л.с.	$\frac{D_0}{LBH}$, т/м ³	D , т	$\frac{D}{N}$, кг/л.с.	$\frac{D}{LBH}$, кг/м ³	
8,0	11	6,8	63	52	447	372	276	541	450	335	
4,9	3,9	9,5	25	46	103	190	252	132	244	322	
7,2	11	3,8	242	53	852	186	293	1105	242	380	
11,3	6	3,6	122	61	536	268	318	664	332	393	
13,7	7	5,6	101	75	382	285	307	490	365	395	
9,6	4,2	6,7	26	43	160	267	255	190	317	303	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
33,8	4,6	9,2	18	36	159	265	316	182	303	361	
7,0	3	5,0	16	27	151	251	252	170	284	283	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6,7	1,3	8,7	7	23	34	114	218	42	140	282	
6,5	1,0	6,5	5	22	44	196	288	50	222	327	
6,4	0,7	7,2	1	7	17	113	176	19	127	196	
14,1	4	9,2	21	47	119	265	275	144	320	333	
12,0	—	—	16	36	107	238	317	123	273	364	
8,3	0,8	2,6	10	33	89	297	296	100	333	331	
7,2	2,3	14,9	6,4	27	42	186	273	51	226	331	
4,9	0,7	11,5	2,7	18	14	93	230	17,6	117	288	
3,4	1,5	17,2	3,5	23	24	160	276	29	193	333	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
18,2	2,0	17,4	9	30	50	166	434	61	204	530	
5,7	0,4	11,4	0,8	23	10	286	286	11,2	320	320	

водоизмещения порожнем и полного долю (в процентах), приведенную в табл. 22.

Масса литых и кованных изделий, входящих в состав корпуса, принимается равной от 3 до 7% веса металлического корпуса.

Ледовые подкрепления увеличивают массу металлического корпуса на 3—4% при проскировании корпуса на классы Л2 и Л3 и на 8—10% — на классы Л1 и УЛ Регистра СССР. Ледовые подкрепления, предусматриваемые Правилами Речного Регистра РСФСР, увеличивают массу металлического корпуса на 1,5—2%.

Масса судовых систем (Ст) и их измеритель St/LBH изменяются в значительных пределах, в зависимости от требований правил классификационных обществ и дополнительных эксплуатационных требований. Например, установка насосов для оказания помощи другим судам, противопожарных средств и т. п.

Масса машинной установки (Мш) и ее измеритель, отнесенный к мощности $Mш/N$, зависят от типа и мощности примененных двигателей. Для двигателей с частотой вращения вала 275—350 об/мин измеритель при близкой по величине мощности в 2—2,5 раза больше, чем у двигателей высокооборотных.

Масса раздела нагрузки «Электрооборудование, связь и управление» (Эл), включающего средства внешней связи, радиотехническое и навигационное оборудование, и его измеритель $Эл/LBH$ даже у судов одного типа имеют существенные отличия. Это зависит в основном от дополнительных эксплуатационных требований, уменьшающих или увеличивающих характеристики данного раздела.

Раздел «Снабжение, экипаж и провизия» (Сп) имеет относительно малый удельный вес в полном водоизмещении, составляю-

Процентное содержание подгрупп «Металлический корпус, подкрепления и фундаменты» в разделе «Корпус» или в водоизмещении порожнем и полным

Класс буксирного судна	Подгруппы «Металлический корпус, подкрепления и фундаменты»					
	% от раздела «Корпус»		% от водоизмещения порожнем		% от водоизмещения полного	
	предельные значения	наиболее повторяющиеся значения	предельные значения	наиболее повторяющиеся значения	предельные значения	наиболее повторяющиеся значения
Океанские и морские линейные	62—68	65	40—48	46	31—35	33
Морские портовые	66—71	69	42—48	47	35—41	39
«М»	65	65	47—49	48	36—40	38
«О»	55—71	63—66	40—50	45—47	32—43	37—40
«Р»	58—67	63—64	41—49	44—46	36—40	37—38
«Л»	61—63	62	38—42	40	31—37	32

щий 3—4% у морских линейных и многоцелевых буксиров, около 2% у портовых буксиров и 2—3% у буксирных судов внутреннего плавания.

В расчете нагрузки раздела Сп масса члена экипажа с багажом принимается равной 110 кг, провизии — 2,5—3 кг (с тарой), пресной воды на одного человека в сутки — в соответствии с санитарными правилами. Снабжение и имущество шкиперское, аварийно-спасательное, а также снабжение машинной установки, электрооборудования, связи и управления составляет в разделе Сп от 32 до 59%, в зависимости от эксплуатационного назначения судна и его автономности.

Запас водоизмещения (Зв) принимается в процентах от водоизмещения порожнем в зависимости от стадии проектирования, наличия прототипа и в соответствии с действующими нормативами.

Для судов водоизмещением от 100 до 1000 т, в число которых входят почти все типы буксирных судов, действующими нормативами установлено принимать запас водоизмещения при наличии близкого прототипа равным: в эскизных проектах ~2%, в технических ~1,5%, а на стадии предэскизных проработок ~2,5%. Если прототипа не имеется, то эти цифры составляют соответственно 3; 2,5 и 4%. Для судов водоизмещением меньше 100 т запас водоизмещения принимается несколько большим.

Раздел нагрузки «Запасы топлива, воды и масла» (Тп) рассчитывается в зависимости от мощности и автономности или дальности плавания.

Для морских линейных и многоцелевых буксиров запас топлива (P_T) определяется в зависимости от заданных дальности плавания r и скорости v :

$$P_T = kp_T \frac{r}{v} N, \quad (38)$$

где k — коэффициент, учитывающий необходимый запас на непредвиденные задержки в пути вследствие штормовой погоды (морской запас), если соответствующая надбавка не введена непосредственно в заданную дальность плавания; $k=1,10$;

p_T — удельный расход топлива на 1 л. с. в час при полной мощности механизмов.

Для линейных толкачей и буксиров внутреннего плавания, а также портовых буксиров вместо дальности плавания и скорости задается продолжительность непрерывного хода (в сутках).

Количество запаса питательной воды на дизельных судах определяется с учетом расхода пара или горячей воды на все нужды судна и предполагаемой утечки через неплотности трубопроводов, потерь, связанных с продувкой котла, кингстонов, травлением пара и пр. Запас питательной воды составляет 5—15% от запасов топлива у морских буксиров, 5—12% — у портовых буксиров и 3—5% — у буксирных судов внутреннего плавания.

Расход смазочных масел пропорционален расходу топлива с учетом нормальных потерь на сгорание в цилиндрах и утечки через неплотности в трубопроводах и механизмах. Масса смазочных масел составляет от массы запасов топлива 3—5%.

Процентное соотношение водоизмещения порожнем и полного у морских буксиров равно 70—78%, у рейдовых и портовых — 77—88%, у речных класса «О» — 78—91% и у речных класса «Р» — 81—89%, т. е. имеет тенденцию к возрастанию по мере снижения класса судна.

Отстояние ЦТ судна от основной линии у морских и речных буксиров при водоизмещении порожнем составляет 0,70—0,90 высоты борта, а при полном водоизмещении — 0,60—0,80. Для буксиров с удлиненным баком эти цифры равны соответственно 0,65—0,69 и 0,56—0,64 приведенной высоты борта.

У толкачей и толкачей-буксиров, имеющих более развитые надстройки и размещенные над палубой сценные устройства, отстояние ЦТ от основной линии больше на 10—15%, чем у буксиров.

При компоновке общего расположения судна полезно знать положение ЦТ по длине судов-прототипов и основные разделы нагрузки их масс. В результате пересчета данных прототипов можно получить положение ЦТ проектируемого судна по длине и оценить приемлемость принимаемого общего расположения с точки зрения необходимой удифферентовки буксира или толкача при различных запасах.

Пользуясь приведенными здесь данными и измерителями, проектирант должен относиться к ним в известной мере критически,

так как постоянное внедрение в судостроение нового оборудования и материалов, совершенствование архитектурных форм и конструктивных решений, а также систематическое улучшение условий обитаемости неизбежно влекут за собой изменение тех или иных показателей.

§ 10. Определение главных размерений и водоизмещения

Выбор главных размерений буксиров и толкачей, как и других судов, является одним из самых важных вопросов проектирования. От того, насколько правильно выбраны главные размерения, зависят компоновка помещений, тяговис, маневренные и мореходные качества, стоимость постройки и эксплуатационно-экономические показатели буксиров.

Приведенные ниже рекомендации выработаны на базе опыта проектирования дизельных буксирных судов и обработки статистических данных по новейшим отечественным и иностранным судам рассматриваемых типов.

Каждому типу буксирных судов соответствуют свои характерные значения соотношений главных размерений и осадки. Характер изменения L/B , L/H , B/T и H/T морских буксирных судов можно видеть из табл. 1—7. Зависимость этих отношений от длины судов показана на рис. 33—36. Для судов внутреннего плавания значения данных соотношений приведены в § 3. Заметим, что значения указанных соотношений у буксирных судов внутреннего плавания имеют очень большой разброс точек ввиду значительного влияния габаритов водных путей на размеры судов и осадку. В зависимости от этих особенностей соотношения L/B , B/T и даже L/H колеблются в широких пределах.

Величина отношения длины корпуса к ширине, от которого зависят ходовые качества и особенно удобство размещения машинного отделения, жилых и прочих помещений, для морских буксирных судов составляет 2,5—5,5, а для судов внутреннего плавания — от 1,6 до 7,0.

Небольшие значения отношения L/B портовых буксиров и буксиров-кантовщиков морских портов объясняются стремлением обеспечить им высокие маневренные качества, сократить габариты судна. При этом учитывается, что данные суда в основном работают на малых скоростях, ограниченных условиями работы в портах.

Как показывают кривые на рис. 35 и 36, относящиеся к рейдовым и морским линейным буксирам, морским многоцелевым и океанским буксирным судам, с ростом длины и расширением района плавания величина отношения L/B несколько возрастает. Более высокие значения соотношений соответствуют современным буксировкам (6—8 уз) и повышенной скорости свободного хода, способствуют увеличению периода качки, делают суда более мореходными.

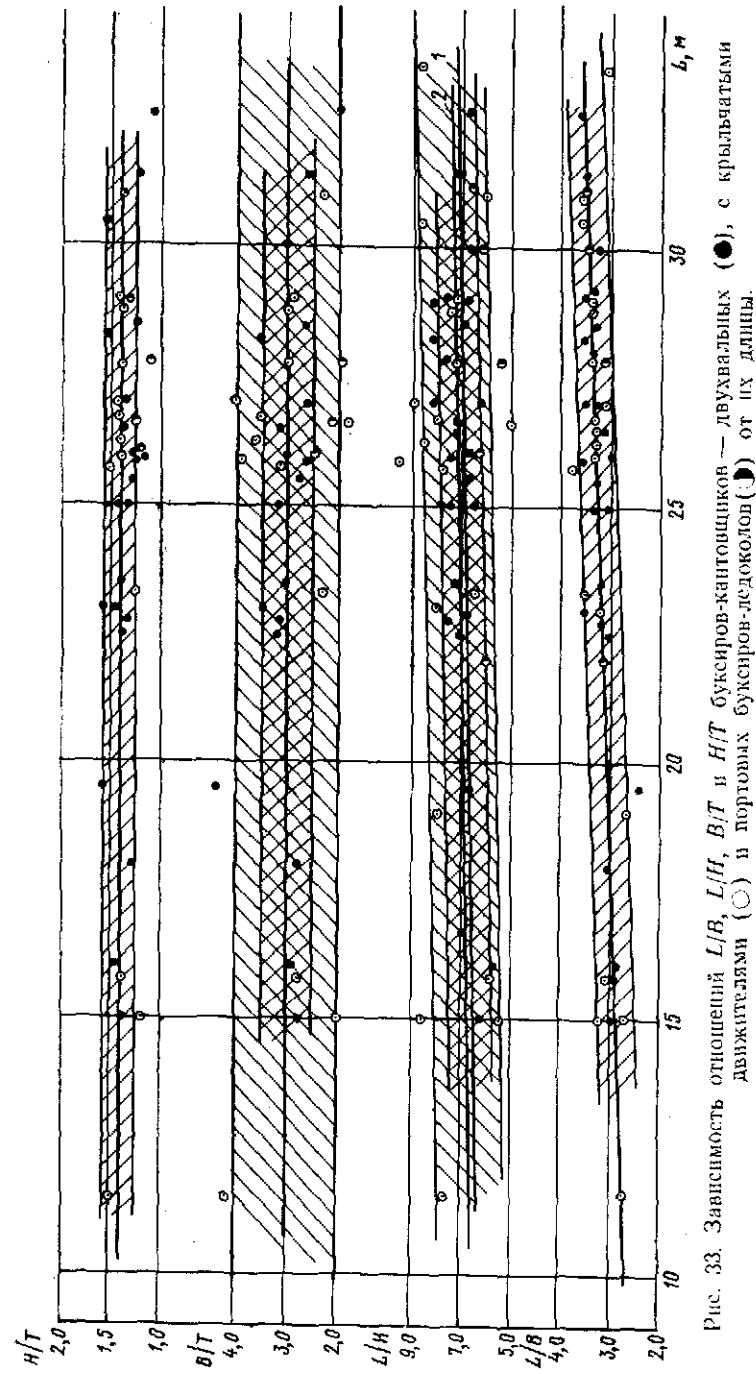


Рис. 33. Зависимость отношений L/B , L/H , B/T и H/T буксиров-кантовщиков (●) и портовых буксиров-ледоколов (○) от их длины.

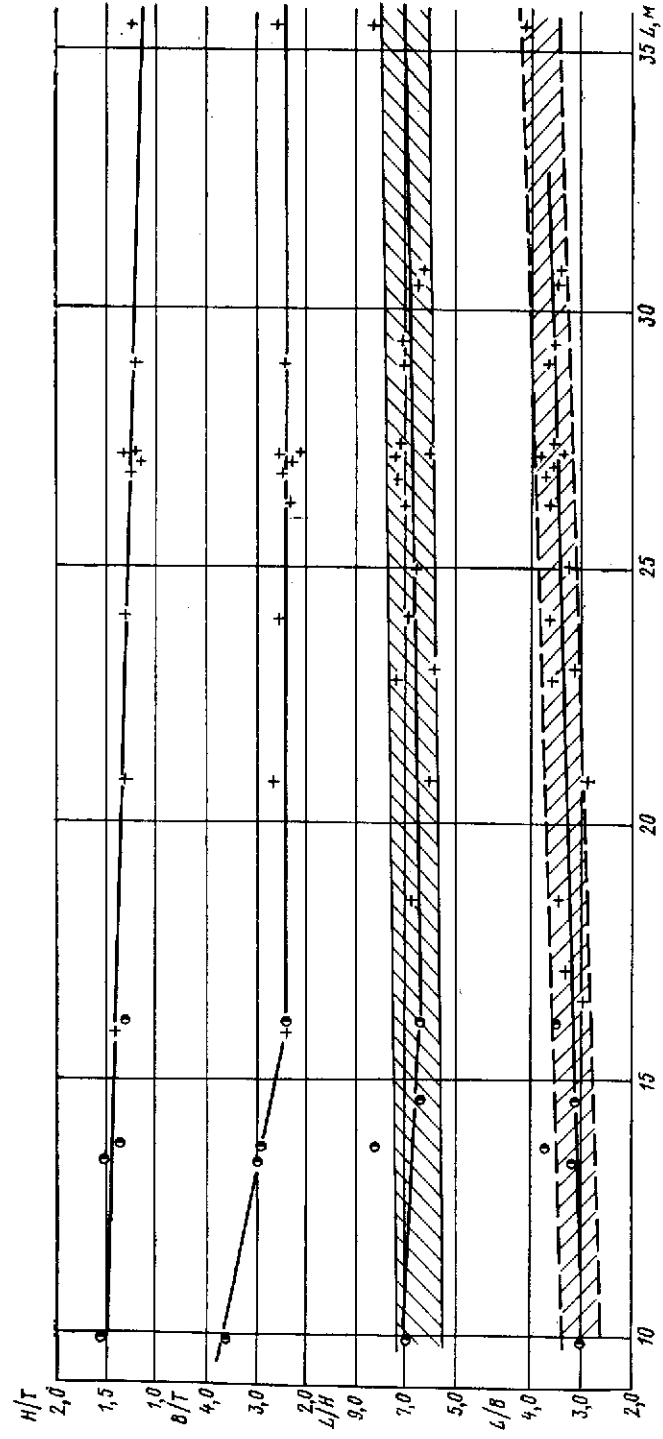


Рис. 34. Зависимость отношений L/B , L/H , B/T и H/T одновалных портовых буксиров (●) и буксиров-каптовиков (+) от их длины.

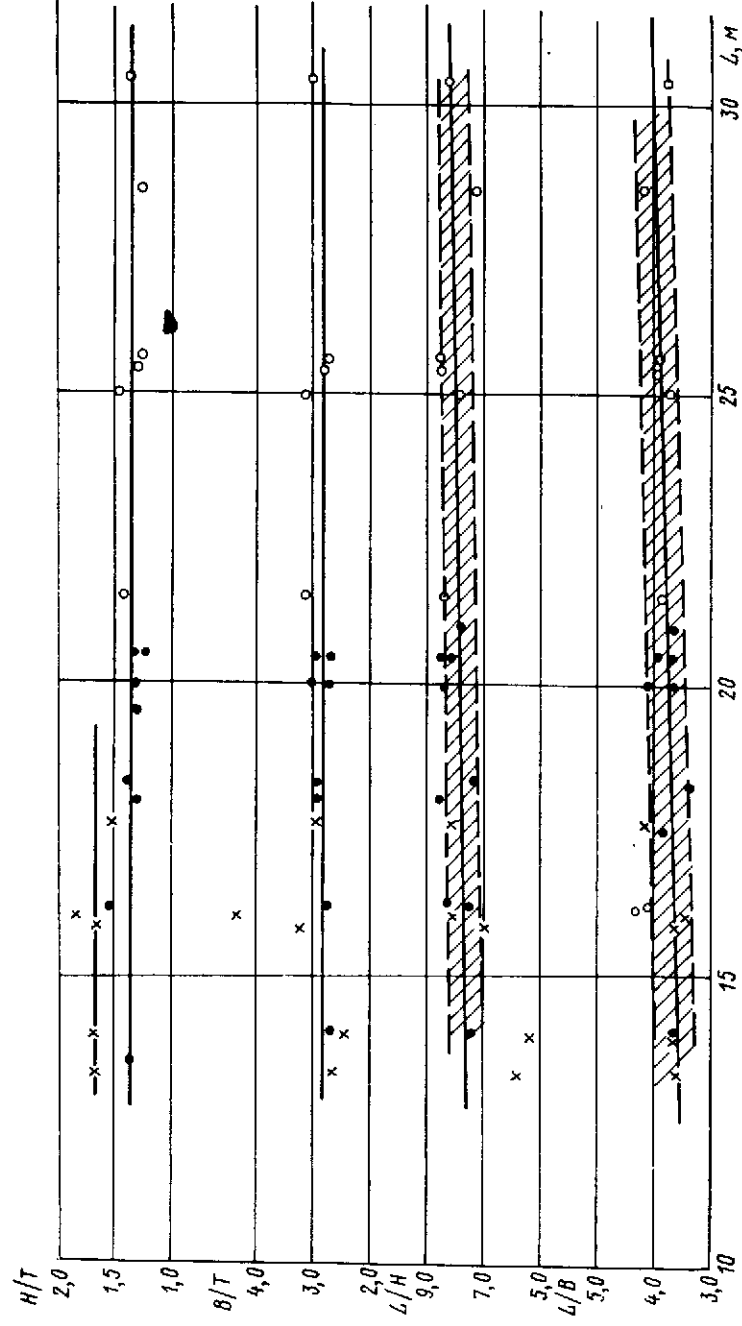


Рис. 35. Зависимость отношений L/B , L/H , B/T и H/T рейдовых одновалных (●) и двухвалных (×), а также морских линейных (○) буксиров от их длины.

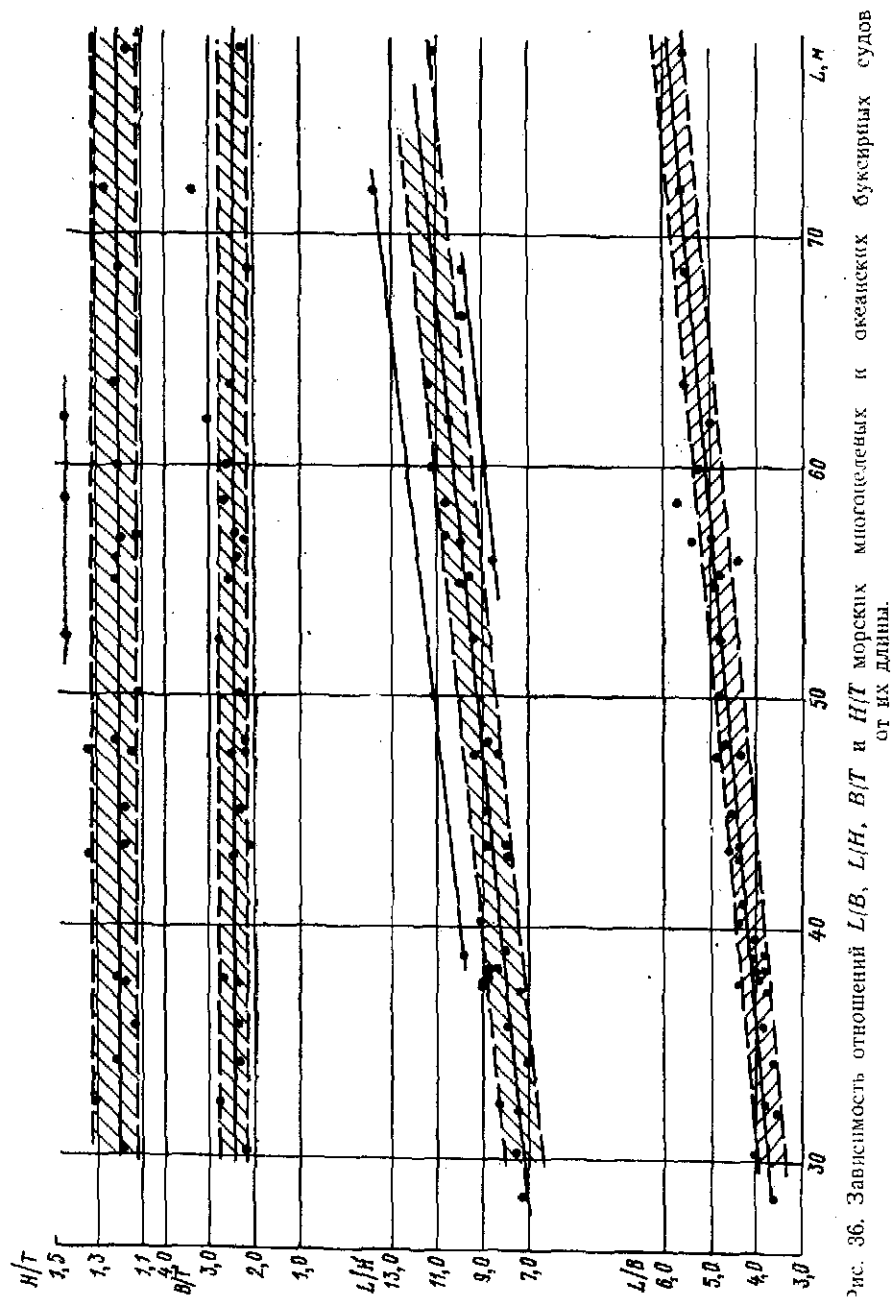


Рис. 36. Зависимость соотношений L/B , L/H , V/T и H/T морских многоцелевых и океанских буксирных судов от их длины.

Широкий диапазон значений L/B (см. табл. 8—12) у буксирных судов внутреннего плавания объясняется не только различными условиями плавания, но и способами вождения судов — буксировкой или толканием. Обычно несколько большие значения L/B характерны для буксиров, особенно для дунайских, у которых L/B нередко достигает 6,5—7,0.

Отношение длины к высоте борта L/H характеризует продольную прочность. Правила Регистра СССР предусматривают для морских судов наибольшее значение L/H , равное 14. У морских буксирных судов это отношение находится обычно в пределах, указанных Регистром, более того, для большинства из них характерны относительно меньшие значения L/H , чем у судов других классов. Например, у двухвальных винтовых буксиров-кантовщиков граничными величинами, характеризующими диапазон изменений соотношений L/H , могут считаться значения: 5,7—7,4 ($L=15$ м) и 6,4—7,9 ($L=30$ м).

У портовых буксирных судов с крыльчатыми движителями наблюдается более широкий диапазон колебаний значений L/H ; границами его можно принять следующие величины отношений: 5,4—8,5 ($L=15$ м) и 6,0—8,8 ($L=30$ м). Однако среднестатистическая величина L/H у этих буксиров близка к аналогичной величине двухвальных винтовых буксиров-кантовщиков.

Величина отношения L/H портовых буксиров-ледоколов составляет 5,4—7,1 (см. кривую 1 на рис. 33), а у одновальных буксиров и буксиров-кантовщиков колеблется от 5,8 до 8,3 (см. кривую 2 на рис. 33).

У рейдовых и морских линейных буксиров (см. рис. 35) величина отношения L/H равномерно возрастает с увеличением длины и колеблется в пределах: 7,0—8,2 ($L=15$ м) и 7,5—8,6 ($L=30$ м).

Отношения L/H морских многоцелевых и океанских буксирных судов в большинстве случаев (см. рис. 36) возрастают в диапазоне от 6,4—8,0 ($L=30$ м) до 10,6—12,2 ($L=70$ м).

У буксирных судов внутреннего плавания (см. табл. 8—12) отношение L/H составляет от 4,7 до 19,6. Большой диапазон значений L/H объясняется тем, что независимо от длины судна высота борта устанавливается из условий обеспечения необходимой высоты жилых помещений и машинного отделения, а длина в значительной мере зависит от ограничений по осадке.

Поскольку у буксирных судов внутреннего плавания надводный борт, как правило избыточен, для толкачей и буксиров равной мощности существенной разницы в величине L/H не наблюдается, хотя необходимость в запасе надводного борта для обеспечения устойчивости на больших углах крена у буксиров несравненно выше.

Отношение V/T , от которого зависит устойчивость, качка, ходовые и тяговые показатели, у морских буксирных судов имеет следующие значения:

у буксиров-кантовщиков с двухвальной гребной установкой: винтовых — от 2,5 до 3,5; с крыльчатыми движителями — от 2,0

до 4,0. Средняя кривая для тех и других одна и та же (см. рис. 33) и остается параллельной оси абсцисс, т. е. величина отношения V/T — достаточно установившаяся и с увеличением длины судна почти не изменяется. В среднем она равна 3,0;

средние значения V/T одновальных буксиров-каптовщиков составляют 2,4. У портовых буксиров отношение V/T уменьшается (см. рис. 34) с увеличением длины в среднем от 3,6 ($L=10$ м) до 2,4 ($L=16$ м);

отношение V/T портовых буксиров-ледоколов колеблется в пределах 2,0—2,5;

у рейдовых и морских линейных буксиров (см. рис. 35) величина отношения V/T , как и у многих буксиров, не зависит от длины судна и в среднем равна 2,75;

отношение V/T морских многоцелевых и океанских буксирных судов (см. рис. 36) в среднем составляет 2,5.

Буксирные суда внутреннего плавания в зависимости от класса Речного Регистра имеют следующие величины V/T : класса «Р» от 2,4 до 8,5 и класса «О» — от 2,3 до 4,5. Такой широкий диапазон соотношения V/T для судов внутреннего плавания объясняется, как правило, ограниченной осадкой, что особенно характерно для буксирных судов класса «Р», так как они в основном мелкосидящие.

Отношения H/T имеют следующие значения: у двухвальных буксиров-каптовщиков (см. рис. 33) и портовых буксиров-ледоколов — от 1,25 до 1,55 при среднем 1,4; у одновальных портовых буксиров и буксиров-каптовщиков (см. рис. 34) — 1,2 до 1,48; у рейдовых и морских линейных буксиров (одновальных) — в среднем 1,35; у двухвальных рейдовых буксиров — 1,65 (см. рис. 35). У морских многоцелевых и океанских буксиров значения H/T составляют от 1,12 до 1,32, достигая у некоторых 1,44 (см. рис. 36).

Величина отношения H/T буксирных судов внутреннего плавания изменяется от 1,4 до 1,8 у мощных толкачей и в пределах 1,6—3,4 — у судов мощностью 300 л. с. и менее.

Кривые зависимости длины и ширины буксирных судов от мощности приведены на рис. 37—42. Как следует из рис. 40, построенного на основе табл. 8—12, ширина зон L и B достаточно велика. Это говорит о большом разбросе значений длины и ширины в зависимости от мощности у построенных буксирных судов внутреннего плавания. Приведенные на графике зоны L и B соответствуют наибольшей насыщенности поля графика соответствующими точками. Точки некоторых построенных судов лежат за пределами зон.

В табл. 1—12 и на рис. 43 и 44 показана зависимость величины кубического модуля от мощности буксирных судов морских и внутреннего плавания. Наблюдается большой разброс точек, однако для ориентировочной оценки соответствия выбранных главных размерений заданной мощности графики могут быть использованы. Не менее важным показателем, характеризующим качество

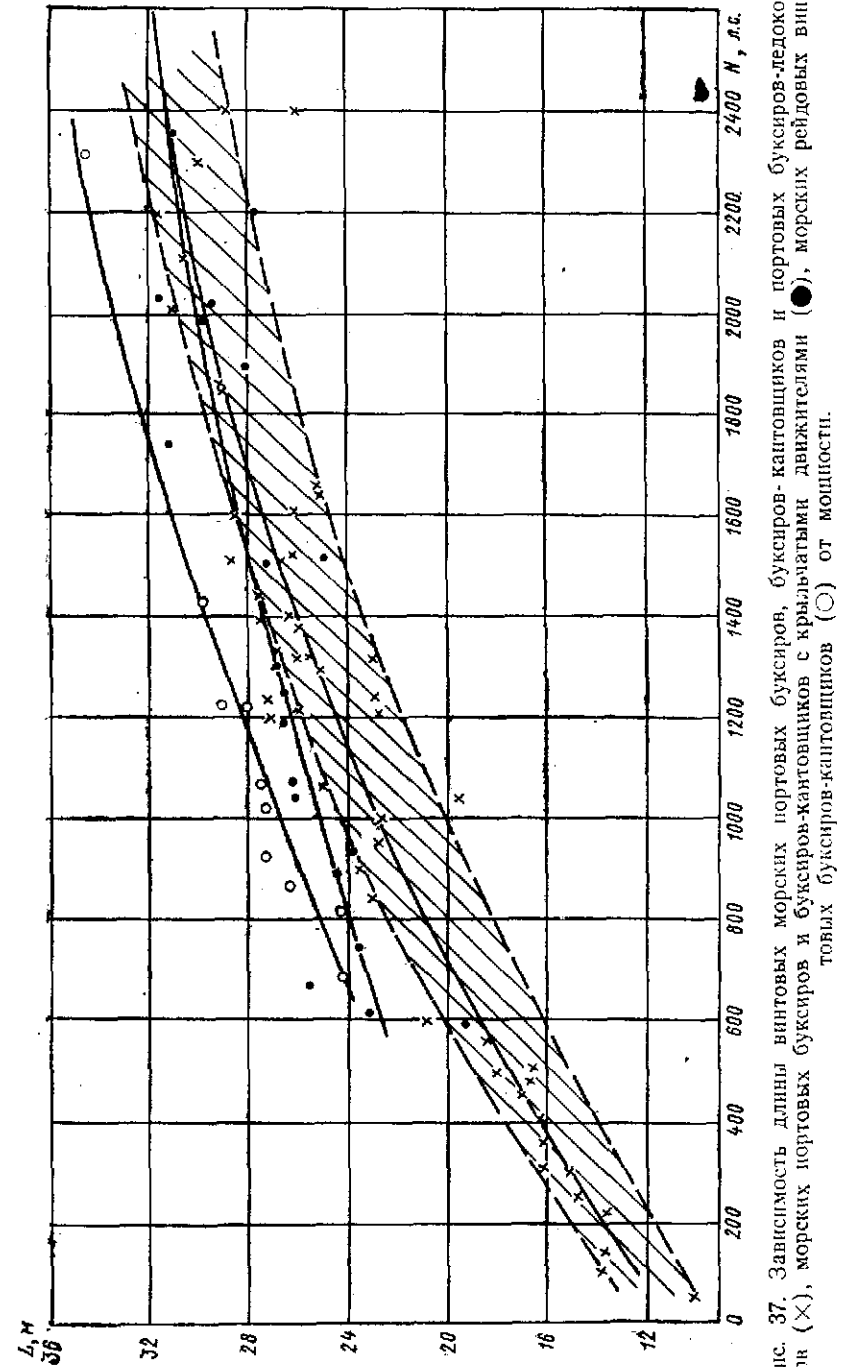


Рис. 37. Зависимость длины винтовых морских портовых буксиров, буксиров-каптовщиков и портовых буксиров-ледоколов (X), морских портовых буксиров и буксиров-каптовщиков с крылатыми двигателями (O), морских рейдовых винтовых буксиров-каптовщиков (O) от мощности.

выбранных элементов судна, его оборудования, материалов, служит также водоизмещение, отнесенное к мощности. Графики зависимости водоизмещения построенных буксирных судов от мощности также приведены на рис. 43 и 44.

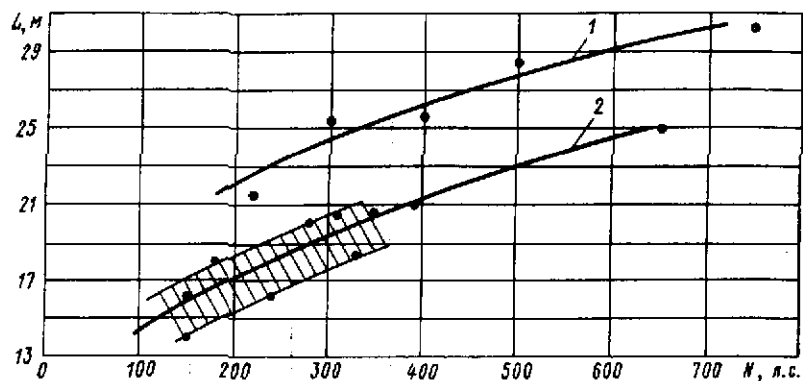


Рис. 38. Зависимость длины морских линейных (1) и рейдовых (2) буксиров от мощности.

Один из распространенных методов выбора главных размерений при проектировании буксирных судов — метод последовательных приближений. В первом приближении длина и ширина судна определяются в зависимости от выбранной (или заданной) мощ-

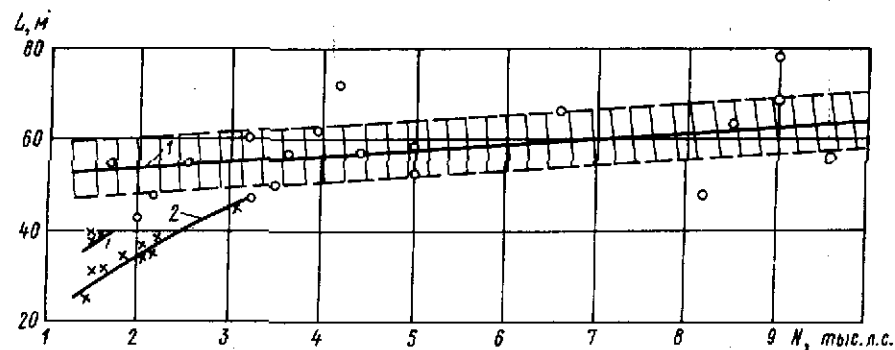


Рис. 39. Зависимость длины океанских (1) и морских многоцелевых (2) буксиров от мощности.

ности энергетической установки с учетом типа и основных особенностей проектируемого судна.

В связи с повышением требований к маневренным и другим качествам буксиров по сравнению с другими судами требуется выбор минимально возможной длины, поэтому в заданиях на проектирование длина часто ограничивается.

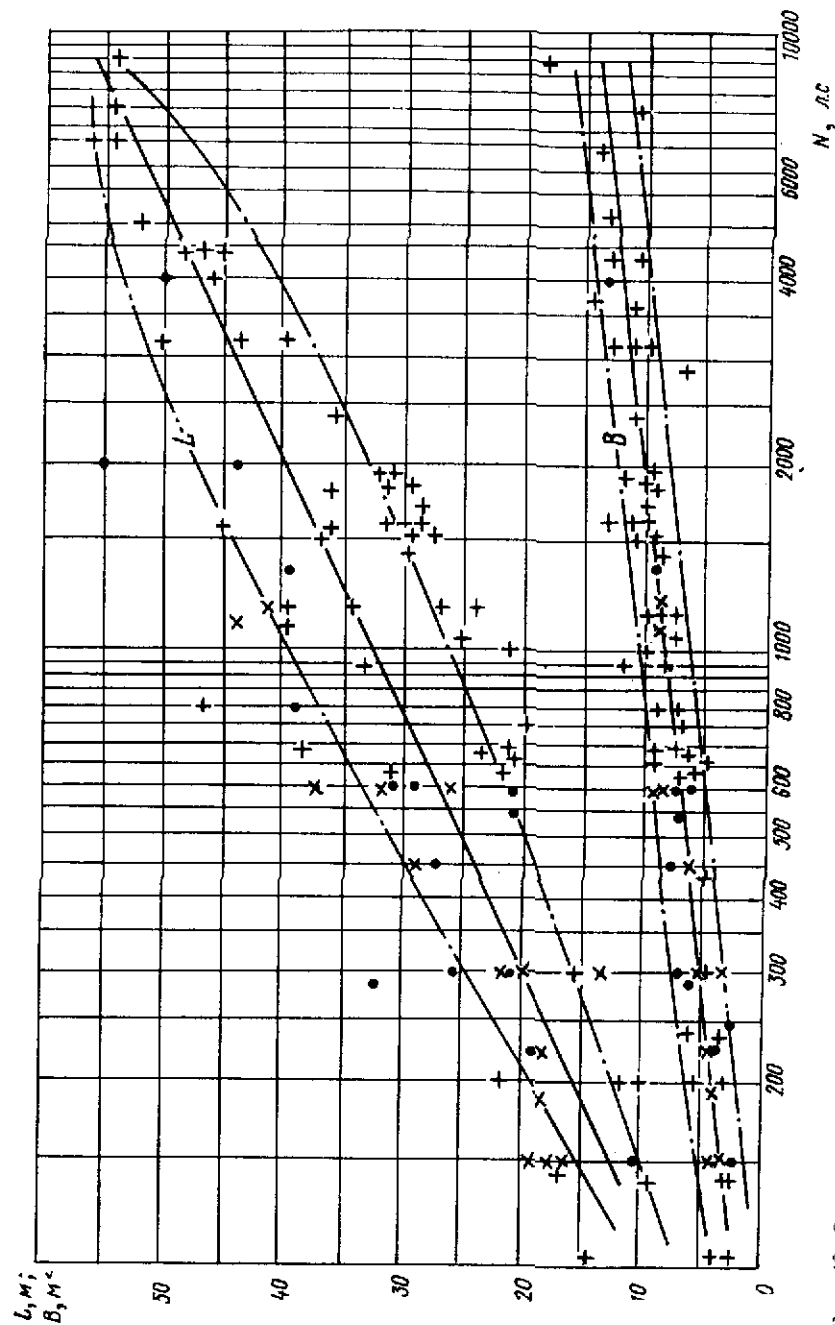


Рис. 40. Зависимость расчетной длины L и ширины B буксирных судов внутреннего плавания от мощности: ● — отечественные толкачи; × — зарубежные буксиры; + — зарубежные суда.

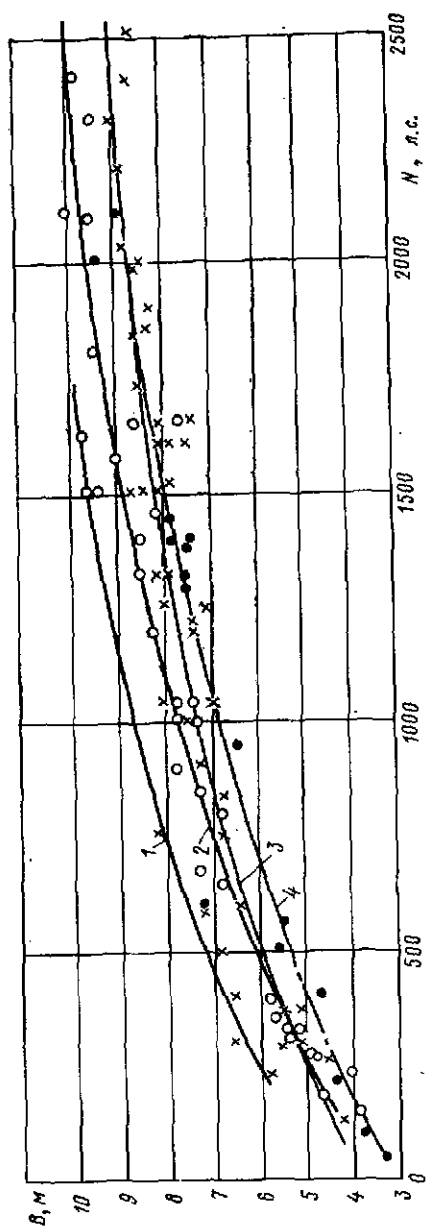


Рис. 41. Зависимость ширины портовых, рейдовых и морских буксирных судов от мощности. 1 — морские линейные буксиры; 2 — рейдовые буксиры и буксир-кантовщики, морские многоцелевые буксиры; 3 — портовые двухвальные буксиры и буксир-кантовщики (винтовые и с крыльчатыми движителями), а также портовые буксир-ледоколы; 4 — портовые одновальные буксиры и буксир-кантовщики.

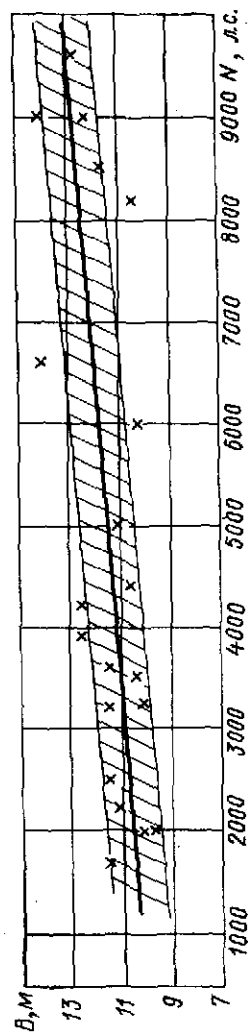


Рис. 42. Зависимость ширины океанских буксирных судов от мощности.

Для определения наибольшей допустимой длины буксирного судна в зависимости от мощности энергетической установки известны формулы:

Муиро-Смита

$$L = \sqrt{0,233N - 28} + 13,7 \text{ м}, \quad (39)$$

Пер Грига

$$L = 40 \text{ фт} + \sqrt{2,5N - 300} \text{ фт}. \quad (40)$$

Однако эти формулы не вполне учитывают архитектурно-конструктивные и иные особенности буксиров различных классов. Например, формула Муиро-Смита справедлива лишь для рейдовых буксиров-кантовщиков.

В начальной стадии проектирования при определении длины между перпендикулярами можно воспользоваться кривыми графиков на рис. 37—40 или приведенными ниже формулами, которые достаточно точно отражают зависимость длины буксирного судна от его мощности.

Для морских портовых буксиров и буксиров-кантовщиков с винтами в качестве движителей справедлива формула

$$L = 11,50 + 1,36 \left(\frac{N}{100}\right) - 0,022 \left(\frac{N}{100}\right)^2 \text{ м}. \quad (41)$$

Длину морских портовых буксиров-кантовщиков с крыльчатыми движителями можно определять по формуле

$$L = 16,5 + 0,8 \frac{N}{100} - 0,003 \left(\frac{N}{100}\right)^2 \text{ м}. \quad (42)$$

Длина портовых буксиров ($N \leq 400$ л. с.) с крыльчатыми движителями аналогична длине винтовых портовых буксиров.

Для рейдовых одновинтовых буксиров при $N \leq 750$ л. с.

$$L = 11,0 + 3,45 \left(\frac{N}{100}\right) - 0,20 \left(\frac{N}{100}\right)^2 \text{ м}. \quad (43)$$

Длина морских линейных и многоцелевых буксиров при $N \geq 750$ л. с. определяется соответственно по формулам:

$$L = 15,7 + 3,45 \left(\frac{N}{100}\right) - 0,20 \left(\frac{N}{100}\right)^2 \text{ м};$$

$$L = 12,75 + 1,29 \left(\frac{N}{100}\right) - 0,007 \left(\frac{N}{100}\right)^2 \text{ м}. \quad (44)$$

Ориентировочная оценка длины толкачей-буксиров и толкачей в зависимости от их мощности может быть произведена по формуле

$$L = A + \frac{N}{16000} \left(200 - \frac{N}{50}\right) \text{ м}, \quad (45)$$

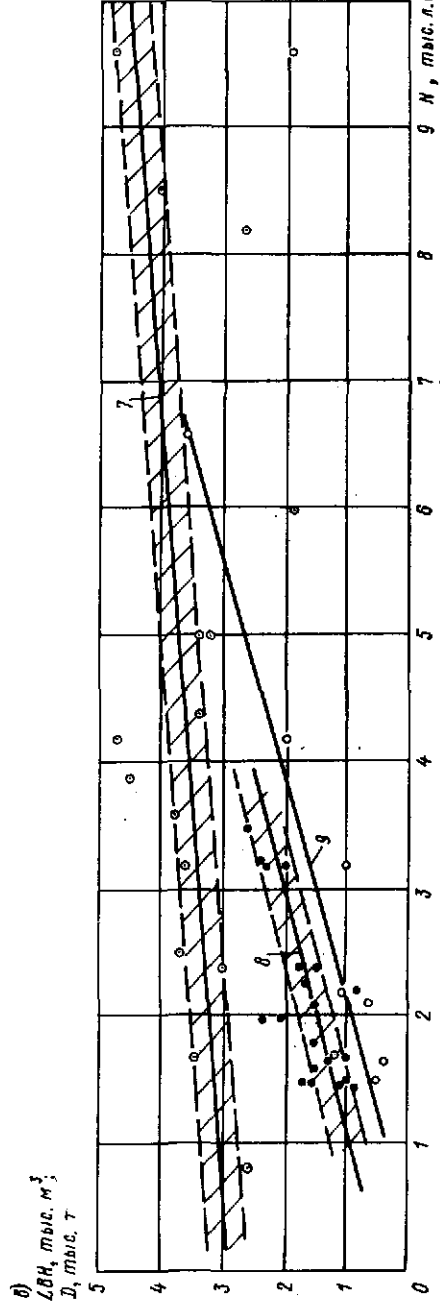
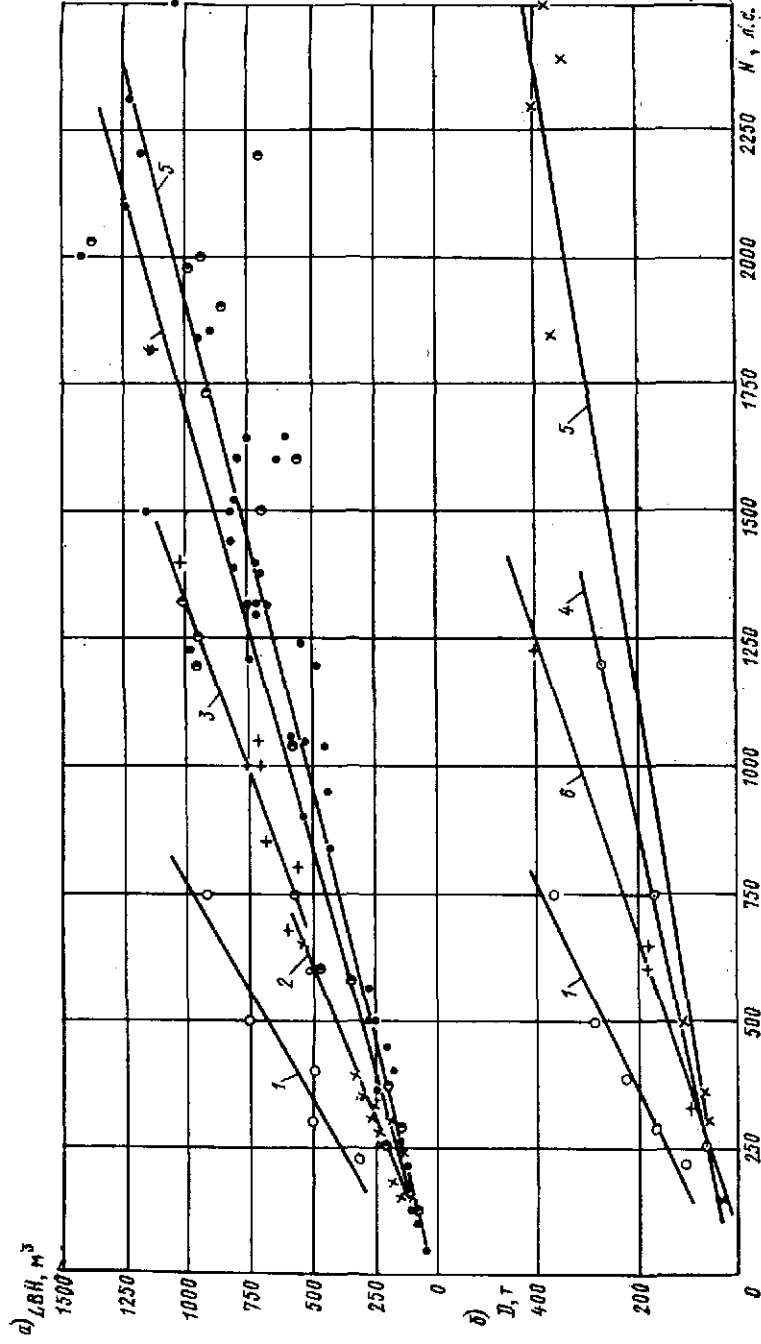


Рис. 43. Зависимость кубического модуля и водоизмещения буксиров от мощности: а — $LBN = f(N)$; б — $D = f(N)$;
 в — $LBN = f(N)$; $D = f(N)$.
 1 — морские линейные буксиры; 2 — рейдовые одновалыные буксиры-кантовщики; 3 — рейдовые буксиры-кантовщики; 4 — портовые бук-
 сирь с крыльчатymi двигателями; 5 — портовые двухвалыные буксиры-кантовщики; 6 — портовые одновалыные буксиры-кантовщики; 7
 и 8 — соответственно океанские и морские многоцелевые буксиры — $LBN = f(N)$; 9 — океанские и морские многоцелевые буксиры —
 $D = f(N)$.

где A — коэффициент, зависящий от выбранного типа главных двигателей; для легких двигателей он равен 9—15; для средних двигателей (275—350 об/мин) с наддувом — 18—24 и без наддува — 25—28. Судовые запасы — до 20 суток.

В первом приближении расчетная ширина определяется в зависимости от заданной мощности энергетической установки или выбранной длины судна. В первом случае можно воспользоваться кривыми на рис. 41 и 42.

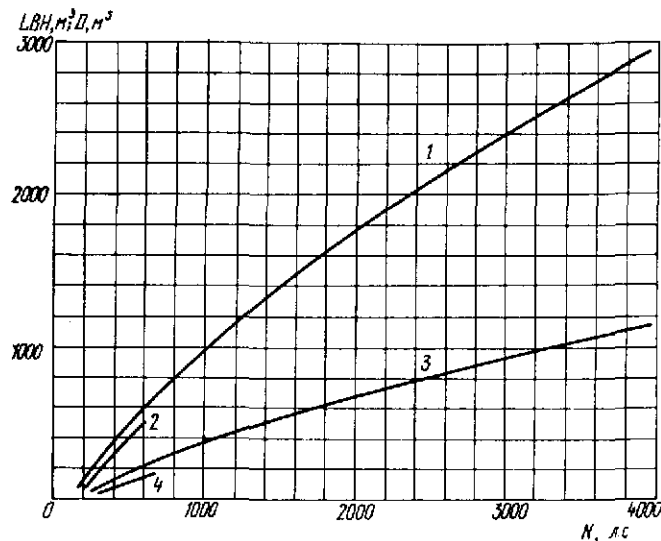


Рис. 44. Зависимость кубического модуля и водоизмещения толкачей и буксиров внутреннего плавания от мощности. 1 — суда класса «О» — $LBH=j(N)$; 2 — суда класса «Р» — $LBH=j(N)$; 3 — суда класса «О» — $D=j(N)$; 4 — суда класса «Р» — $D=j(N)$.

Ориентировочно ширина толкачей и толкачей-буксиров вычисляется по формуле

$$B = C + \frac{N}{17\,000} \left(50 - \frac{N}{200} \right) \text{ м}, \quad (46)$$

где C — коэффициент, зависящий от выбранного типа главных двигателей; для легких двигателей равен 4—5,7; для средних двигателей (275—350 об/мин) с наддувом — 5—6 и без наддува, а также дизель-электрических установок — 6—7. Большие значения C относятся к толкачам-буксирам. Судовые запасы — до 20 суток.

Распространен также способ приближенного определения расчетной ширины из оптимального соотношения L/B .

Ширина морских портовых буксиров, буксиров-кантовщиков и морских портовых буксиров-ледоколов может быть подсчитана по формулам:

двухвальные (винтовые)

$$B = 0,235L + 1,67 \text{ м},$$

одновальные (винтовые)

$$B = 0,268L + 0,66 \text{ м},$$

с крыльчатыми движителями

$$B = 0,285L + 0,60 \text{ м}.$$

Для одновальных рейдовых и морских линейных буксиров в достаточной мере справедлива формула

$$B = 0,270L. \quad (47)$$

При определении ширины рейдовых буксиров-кантовщиков с одновальной гребной установкой и $L \leq 30$ м можно воспользоваться формулой

$$B = 0,270L + 0,3 \text{ м}.$$

Ширина морских многоцелевых буксирных судов определяется по формуле

$$B = 0,1L + 5,7 \text{ м}. \quad (48)$$

Осадка морских портовых и рейдовых буксиров-кантовщиков в большинстве случаев не ограничивается заданием на проектирование, поскольку глубина в морских портах относительно большая. Для морских буксиров осадка, за редким исключением, также не оговаривается. В практике проектирования осадка морских буксиров обычно определяется из оптимальных соотношений главных размерений, оправданных опытом эксплуатации, или из условий обеспечения нормального погружения гребного винта оптимального диаметра.

Для первого приближения средняя осадка может быть вычислена по следующим формулам:

для двухвальных буксиров-кантовщиков.

$$T = 0,454B - 0,86 \text{ м}; \quad (49)$$

для одновальных портовых буксиров, а также портовых и рейдовых буксиров-кантовщиков

$$T = 0,530B - 0,8 \text{ м}; \quad (50)$$

для портовых буксиров и буксиров-кантовщиков с крыльчатыми движителями

$$T = 0,326B + 0,13 \text{ м}; \quad (51)$$

для рейдовых и морских линейных (одновальных) буксиров

$$T = 0,304B + 0,33 \text{ м};$$

для морских многоцелевых и океанских буксирных судов

$$T = 0,477B - 0,67 \text{ м}.$$

Для толкачей и буксиров внутреннего плавания, у которых диапазон изменения B/T весьма значителен, возможную величину осадки следует оценивать в первую очередь по мощности на валу, с учетом установки гребных винтов оптимального диаметра. Затем полученную осадку нужно сопоставить с гарантированными глубинами реки, для которой проектируется буксирное судно и требованиями «Правил плавания по внутренним водным путям». Следовательно, осадка зависит от мощности двигателя только до предела, допускаемого глубиной реки. На графике рис. 45 четко

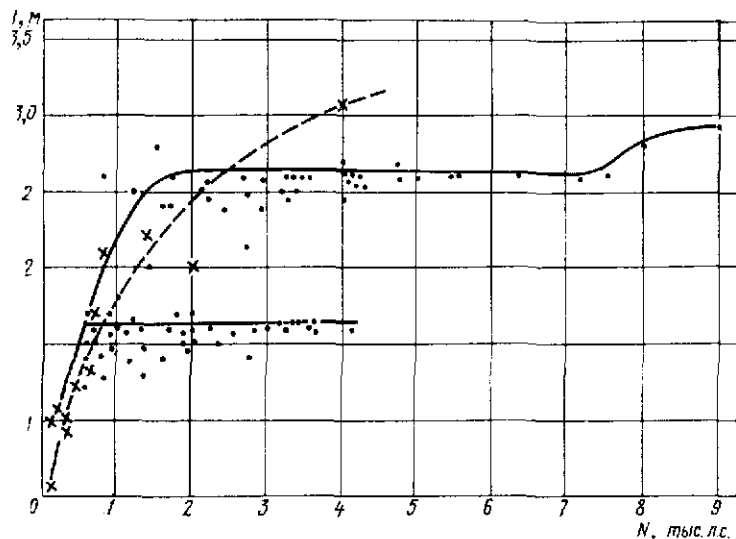


Рис. 45. Зависимость осадки толкачей и толкачей-буксиров от их мощности и глубины рек Волги (X) и Миссисипи (●).

видны «площадки» из точек, соответствующих осадкам судов разной мощности. Осадку следует принимать наибольшей из допускаемых условиями плавания, так как от нее зависят тяговые показатели и общие размеры судна.

Если по заданной мощности сначала определено водоизмещение буксирного судна, то его главные размерения можно оценить, в первом приближении, руководствуясь статистическими данными по относительным величинам l , b и t , имеющим большую стабильность:

$$L = l \sqrt[3]{D}; \quad B = b \sqrt[3]{D}; \quad T = t \sqrt[3]{D}.$$

Величины относительных значений l , b и t могут быть получены по близким прототипам из табл. 1—12.

Для предварительного определения главных размерений буксирных судов внутреннего плавания в зависимости от осадки, ширины типовых составов и характеристик проектируемого судна С. П. Арсеньевым [6] предложены следующие формулы.

Осадка с экипажем и полными запасами в зависимости от осадки толкаемых или буксируемых судов

$$T \leq (h_{\min_0} - \Delta h_{\min_0}) k_T, \quad (52)$$

где Δh_{\min_0} — величина запаса глубины под днищем состава, обуславливаемая «Правилами плавания по внутренним водным путям»; k_T — коэффициент, учитывающий соотношение осадки толкача или буксира и несамостоятельных судов при нормируемых глубинах h_{\min_0} . Коэффициент k_T рекомендуется принимать для толкачей 0,85—0,90, а для буксиров — 0,90—0,95.

Осадка судна с экипажем и минимальными запасами топлива (осадка кормой T_k при этом равна около 0,9 T) должна обеспечивать нормальные условия работы гребных винтов, диаметр которых зависит от величины T_k , мощности на валу движителя N_B и частоты вращения вала. Необходимая величина осадки для удовлетворения этому условию

$$T \geq \frac{1,9 \left(\frac{N}{V X_D} \right)^{1/4}}{n_B^{3/4}}, \quad (53)$$

где N — мощность главных двигателей кВт; X_D — количество гребных винтов; n_B — частота вращения гребного вала, об/с.

Длина толкача или буксира определяется исходя из следующих условий:

а) обеспечения хорошего подтока воды к винтам

$$L_{\min} \approx 8 \sqrt{BT}, \quad (54)$$

при этом

$$h_k \geq 4,1 \sqrt{\beta BT};$$

б) получения высоких тяговых показателей и необходимой устойчивости — через отношение $L/B = (1,4—1,55) \sqrt[3]{L}$ на основании анализа лучших судов. Отсюда

$$L \approx 1,8B^{3/2}; \quad (55)$$

в) размещения машинного отделения при минимальной длине

$$L \approx \frac{a_m N^{4/3}}{B^{2/3}}, \quad (56)$$

где a_m — коэффициент, зависящий от выбранного типа главных двигателей; a_m равен 7,0 при установке дизелей без наддува и 6,1 — с наддувом. Для малых судов с быстроходными двигателями $a_m = 3,6$.

На основании приведенных значений С. П. Арсеньев рекомендует для определения длины и ширины основных типов толкачей-буксиров и буксиров следующие эмпирические формулы.

В случае линейных толкачей-буксиров, исходя из совместного решения уравнений (51) и (52):

$$L = a_{LT} N^{0,19} T^{0,29}, \quad (57)$$

$$B = a_{BT} N^{0,308} T^{-0,43}, \quad (58)$$

где a_{LT} — численный коэффициент, равный для среднеоборотных ДВС без наддува 7,5, с наддувом — 7,1; у быстроходных ДВС — 5,7; a_{BT} — численный коэффициент, соответственно равный 0,89; 0,79 и 0,51.

Применительно к линейным буксирам и толкачам-буксирам глубоководных путей, а также к толкачам-буксирам, обслуживаемым бригадным методом (экипаж живет на берегу), исходя из совместного решения уравнений (52) и (52'):

$$L = a_{L\delta T} N^{0,308}, \quad (59)$$

$$B = a_{B\delta T} N^{0,205}, \quad (60)$$

где $a_{L\delta T}$ — численный коэффициент, равный для среднеоборотных ДВС без наддува 4,58, с наддувом — 4,18; у быстроходных ДВС — 3,00; $a_{B\delta T}$ — численный коэффициент, соответственно равный 1,85; 1,75 и 1,4.

Для линейных буксиров и толкачей-буксиров мелководных рек с экипажем, проживающим на судне (в корпусе и надстройке):

$$L = 3,2 (S_{\text{ЭК}} n_{\text{ЭК}} + a_M N^{2,1})^{0,46}, \quad (61)$$

$$B = 1,5 (S_{\text{ЭК}} n_{\text{ЭК}} + a_M N^{2,1})^{0,308}, \quad (62)$$

где $S_{\text{ЭК}}$ — минимально необходимая площадь помещений экипажа, подобранная по близкому прототипу с учетом санитарных требований; a_M — численный коэффициент, равный для среднеоборотных ДВС без наддува 1,3; с наддувом — 1,05; у быстроходных ДВС — 0,48.

В случае малогабаритных толкачей-буксиров (шлюзовых), исходя из размещения энергетической установки общей мощностью N :

$$L = 2,9 \sqrt[3]{\frac{N}{X_d}}, \quad (63)$$

$$B = 1,38 N^{1,1} X_d^{1,2}, \quad (64)$$

где X_d — число двигателей.

Высоту борта H для морских судов устанавливают, как сумму осадки и высоты надводного борта, принимаемого по Правилам Регистра СССР.

Высота борта для портовых и рейдовых буксирных судов очень часто зависит от расположения служебных помещений или от вертикального габарита главных двигателей и принимается минимально возможной с учетом сохранения необходимой высоты надводного борта, устанавливаемой Регистром СССР.

Кроме этого для первого приближения высоту борта часто определяют из оптимального соотношения L/H (см. табл. 1—12).

В начальной стадии проектирования, исходя из заданной мощности или выбранных главных размерений, оценивается величина водоизмещения судна.

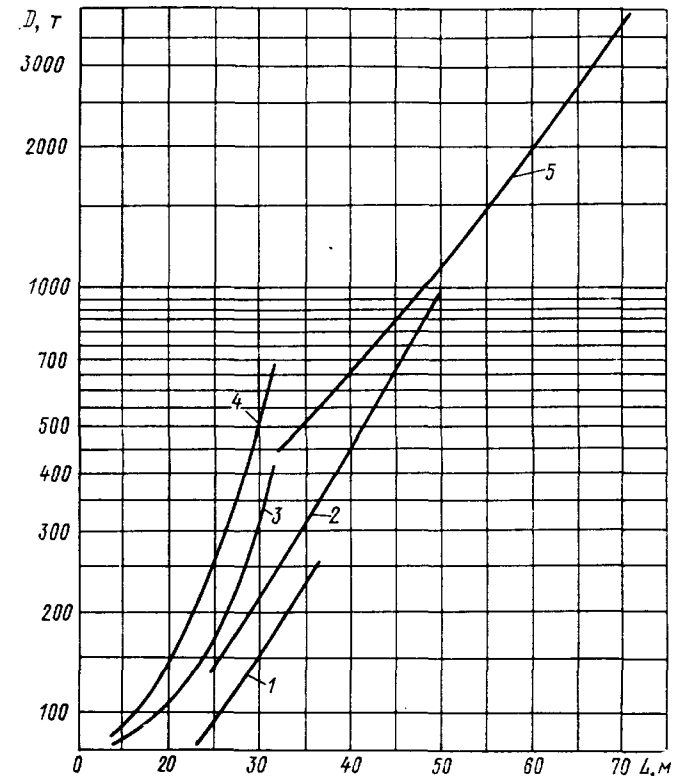


Рис. 46. Зависимость водоизмещения от длины буксирного судна.

1 — толкачи-буксиры и буксиры внутреннего плавания класса «Р», 2 — то же класса «О»; 3 — рейдовые и морские линейные буксиры; 4 — портовые двухвальные буксиры-кантовщики; 5 — морские многоцелевые и океанские буксиры.

На рис. 46 представлены статистические данные о величине водоизмещения в зависимости от длины для основных классов современных буксирных судов и на основании их построены средне-статистические кривые. Аналитически указанные зависимости могут быть выражены формулой

$$\frac{D}{(L/100)^3} = a, \quad (65)$$

где D — водоизмещение судна, т; L — длина между перпендикулярами, м; a — численный коэффициент.

Значения коэффициента α , выведенные на основании статистических данных и в зависимости от класса и типа судна, приведены ниже:

Портовые буксиры-кантовщики:	
двухвальные винтовые	$1,70 \cdot 10^4$
с крыльчатыми движителями	$1,39 \cdot 10^4$
Рейдовые и морские буксиры	$1,20 \cdot 10^4$
Современные океанские буксирные суда	$1,06 \cdot 10^4$
Толкачи-буксиры и буксиры внутреннего плавания:	
класса «М»	$0,90 \cdot 10^4$
» «О»	$0,75 \cdot 10^4$
» «Р»	$0,64 \cdot 10^4$

В последующих приближениях одновременно с выбором коэффициентов полноты и формы корпуса, укрупненной оценкой нагрузки масс, полученные размерения уточняются с проработкой общего расположения машинного отделения, жилых, служебных и специальных помещений, судовых устройств и палубного оборудования. Окончательно размерения принимают после выполнения уточненных расчетов нагрузки масс, элементов теоретического чертежа и определения водоизмещения для основных эксплуатационных случаев работы судна.

ГЛАВА III

ФОРМА КОРПУСА И МОРЕХОДНЫЕ КАЧЕСТВА

§ 11. Коэффициенты полноты и форма корпуса

Баланс ходового времени буксирных судов складывается из свободного хода без состава, движения с порожними и с груженными составами.

Каждому режиму движения соответствуют достаточно определенные относительные скорости: 0,29—0,36 для свободного хода; 0,22—0,26 — при движении с порожними составами и 0,14—0,19 — с груженными. При столь широком диапазоне значений относительных скоростей, а также движении на различных глубинах, включая мелководье для речных судов и волнение — для морских, корпуса буксирных судов должны иметь достаточно низкие значения коэффициентов полноты и соответствующую форму.

Выбирая коэффициенты полноты и форму корпуса, необходимо обеспечить соответствие их району плавания и назначению буксирного судна, а также учесть специфические особенности его работы.

От правильного выбора формы контура главной палубы зависит удобство и безопасность работы буксиров и обслуживаемых ими судов. Учитывается удобство размещения якорного, отбойного, швартовного, буксирного и сцепного устройств, крепления упоров для толкания, а также необходимость снижения строительной стоимости, зависящей от технологичности обводов.

Значения коэффициентов полноты корпуса у буксирных судов изменяются в значительном диапазоне. Так, коэффициент общей полноты, как это следует из табл. 23, равен 0,46—0,60 у морских буксиров и 0,45—0,69 у толкачей и буксиров внутреннего плавания.

Таблица 23

Основные характеристики формы корпуса буксиров и толкачей

Тип судна	Предельные значения коэффициентов			
	δ	α	β	Φ
Морские многоцелевые буксиры неограниченного плавания	0,46—0,58	0,70—0,78	0,80—0,88	0,52—0,66
Морские буксиры прибрежного плавания	0,50—0,60	0,70—0,80	0,84—0,90	0,55—0,70
Портовые буксиры	0,52—0,60	0,75—0,85	0,84—0,94	0,55—0,72
» буксиры-кантовщики	0,50—0,60	0,76—0,90	0,85—0,94	0,53—0,70
Толкачи линейные класса «О»	0,55—0,65	0,78—0,88	0,99—0,995	0,55—0,66
Толкачи-буксиры линейные классов «О» и «Р»	0,51—0,65	0,77—0,95	0,89—0,995	0,56—0,72
Толкачи-буксиры рейдовые	0,54—0,60	0,86—0,90	0,85—0,99	0,95—0,70
Буксиры класса «М»	0,56—0,65	0,73—0,82	0,70—0,90	0,59—0,68
» » «О»	0,45—0,65	0,78—0,84	0,84—0,99	0,55—0,66
Буксиры классов «Р» и «Л»	0,58—0,69	0,79—0,83	0,93—1,0	0,61—0,69

Для выбора коэффициента общей полноты имеется ряд формул. Формула Александра

$$\delta = 1,08 - 1,68 F_r \quad (66)$$

применима к океанским и морским буксирам неограниченного и прибрежного плавания, а также портовым буксирам, имеющим относительные скорости $F_r = 0,36 - 0,30$. Для речных линейных толкачей и буксиров класса «О» первый член в формуле рекомендуется принимать равным 1,13, а для классов «Р» и «Л» — 1,15—1,17.

Формула Колдвелла [72]

$$\delta = 0,20 + 0,1066 - \frac{1}{F_r} \quad (67)$$

дает при $F_r = 0,36 - 0,30$ более низкие значения δ , чем получаемые по формуле Александра; применима для океанских и морских линейных буксиров. Получаемые значения δ хорошо согласуются

с рекомендациями работ [73] — $\delta=0,47 \div 0,54$ и [81] $\delta=0,45 \div 0,55$. Для речных линейных толкачей и буксиров класса «О» первый член в формуле рекомендуется принимать равным 0,3, а для классов «Р» и «Л» — 0,33—0,35.

В некоторых случаях удобно пользоваться формулой Александра, представленной в виде

$$\delta = 1 - k \frac{v}{\sqrt{L}}, \quad (68)$$

где k — численный коэффициент. Для океанских и морских буксиров $k=0,24$, для буксиров класса «М» $k=0,20 \div 0,24$; для буксиров морских и речных рейдовых и шлюзовых $k=0,17 \div 0,23$; для толкачей и буксиров класса «О» $k=0,17 \div 0,20$ и для толкачей и буксиров классов «Р» и «Л» $k=0,15 \div 0,20$; v — скорость свободного хода, уз.

Коэффициент полноты площади мидель-шпангоута β (см. табл. 23) составляет 0,80—0,88 у морских; 0,84—0,94 у линейных толкачей и буксиров и 0,93—1,00 у речных рейдовых и малых линейных буксиров и толкачей классов «Р» и «Л».

Зарубежные авторы [73 и 81] рекомендуют для морских буксиров $\beta=0,75 \div 0,85$.

Коэффициент полноты площади ватерлинии буксирных судов α имеет достаточно высокие значения за счет ее полноты в кормовой части и, как видно из табл. 23, изменяется в пределах 0,70—0,80 для морских и 0,77—0,95 для речных толкачей и буксиров.

Призматический коэффициент $\varphi = \delta/\beta$, характеризующий продольную полноту, для морских линейных и многоцелевых буксиров (особенно имеющих аварийно-спасательное оборудование) целесообразно для уменьшения сопротивления принимать по возможности малым. В работах [73 и 81] рекомендуется значение $\varphi = 0,58—0,60$. Уменьшение φ приводит к увеличению площади мидель-шпангоута, но дает возможность заострить оконечности. Зависимость φ от числа Фруда показана на рис. 47.

В соответствии с назначением и районом плавания буксирных судов применяются обводы различных типов.

На рис. 48—57 представлен ряд теоретических чертежей наиболее типичных буксирных судов морского и внутреннего плавания.

Кроме обводов лекального типа, когда форма шпангоутов оконечностей образуется плавными кривыми или сочетанием линий различной кривизны с прямыми, применяются и упрощенные

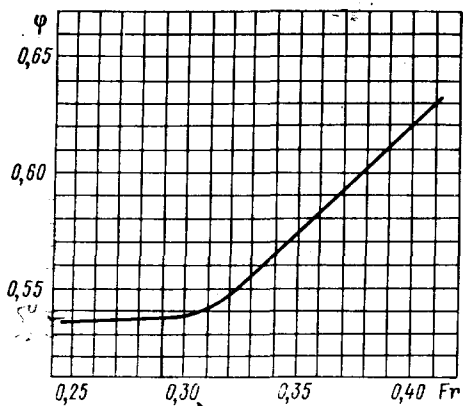


Рис. 47. Зависимость призматического коэффициента φ от числа Фруда.

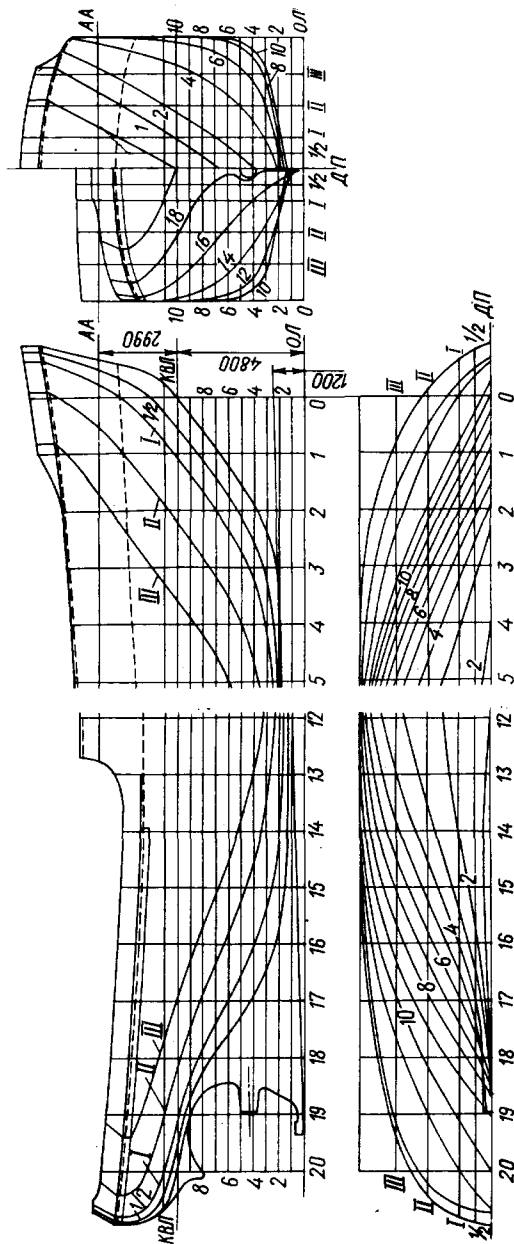


Рис. 48. Теоретический чертеж морского буксира неограниченного района плавания мощностью 2000 л. с.

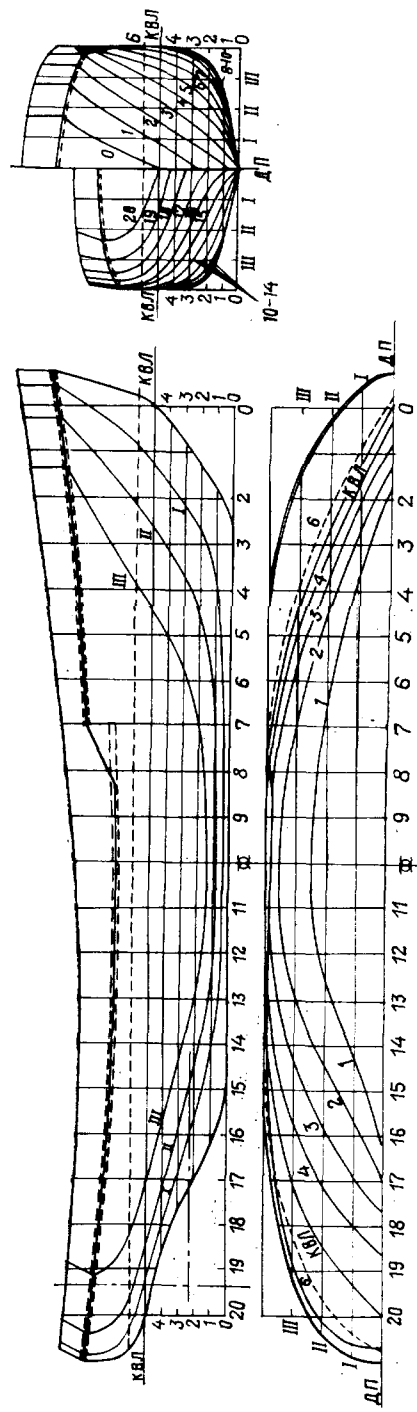


Рис. 49. Теоретический чертеж морского буксира прибрежного плавания мощностью 225 л. с.

формы корпуса, выполняемые обычно двух- и реже одно-скульными (см. рис. 54). Последние используются только для малых речных судов. Применение упрощенных обводов обусловлено желанием снизить строительную стоимость корпуса за счет исключения криволинейного набора и листов обшивки с двойной погибью. Корпуса с упрощенными двух-скульными обводами могут обладать высокими гидромеханическими качествами. Основным условием для этого при проектировании должен быть выбор положения скул по линии тока воды, обтекающей корпус. Наиболее выгодное положение скул определяется на моделях в опытовом бассейне. Из опыта проектирования судов известно, что сопротивление корпусов с упрощенными обводами получается меньшим, чем корпусов с лекальными образованиями при одинаковых коэффициентах общей полноты.

К разновидности упрощенных обводов относятся гидроконические обводы, нашедшие применение в зарубежном буксиростроении. Гидроконическая форма обводов дает возможность составить криволинейные поверхности корпуса из листов конической или цилиндрической формы, не имеющих двойной погиби. Это, как свидетельствуют зарубежные источники, позволяет, не повышая сопротивления корпуса, изготавливать листы обшивки на гибочных вальцах.

В отечественной практике для образования формы корпуса разработаны и находят

применение разверты- вающиеся поверхности, дающие возможность математически представить поверхность наружной обшивки корпуса. Значительная теоретическая работа проделана в этой области в Новосибирском институте инженеров водного транспорта.

Форма мидель-шпангоута характеризуется наличием килеватости днища, типичной для морских и озерных буксиров, или плоским днищем, характерным для речных буксиров и толкачей, а также величиной радиуса закругления скулы.

Величина килеватости $k = \Delta H / 0,5$, начиная с небольшой, достигает 0,25 и более. Радиус скулы у морских буксиров составляет 0,8—1,5 м, а у речных — до 0,8 м.

Для морских линейных и многоцелевых буксиров рекомендуется предусматривать небольшой развал шпангоутов в средней части с целью увеличения плеча статической остойчивости на больших углах крена. Дело в том, что при движении судна на попутном волнении возможны опасное уменьшение и даже потеря остойчивости, когда судно попадает своей средней частью на вершину волны. В. В. Семенов-Тянь-Шанский установил, что такое положение судна наблюдается при числах Фруда 0,28 и

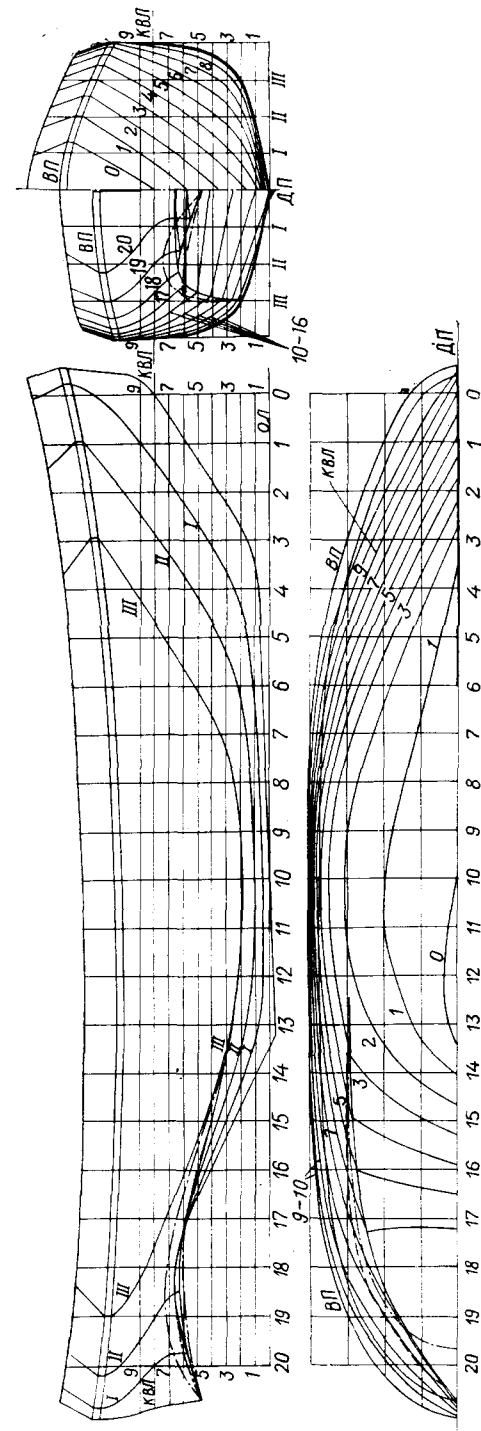


Рис. 50. Теоретический чертеж морского портового буксира-кантовщика мощностью 1200 л. с.

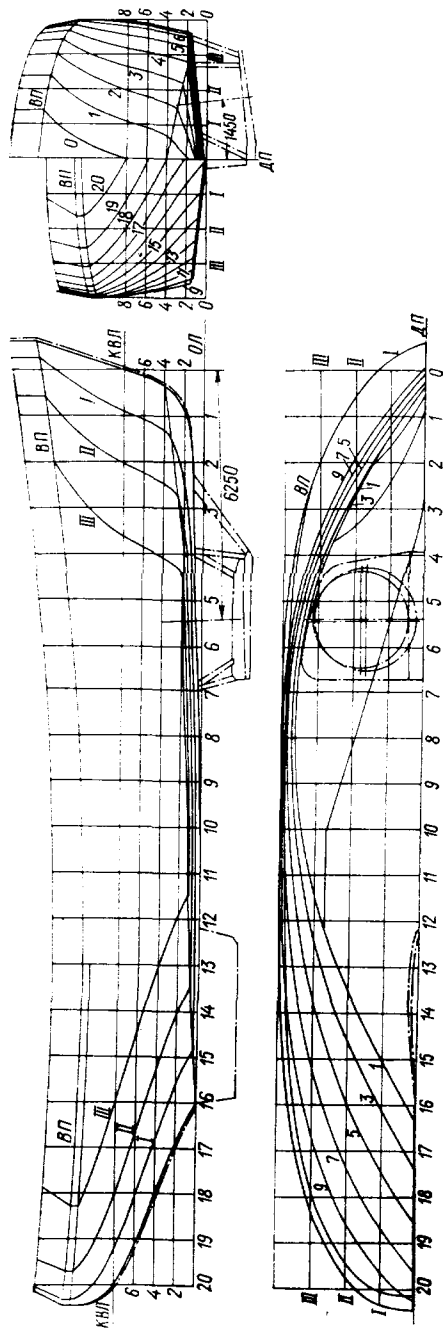


Рис. 51. Теоретический чертеж морского портового буксира-каптонщика мощностью 600 л. с. с крыльчатыми движителями.

выше, т. е. в диапазоне, специфичном для свободного хода морских буксиров.

Носовая оконечность характеризуется типом и углами наклона шпангоутов, форштевня и углом входа конструктивной ватерлинии.

Для носовых оконечностей буксирных судов применяются шпангоуты чаще V- и реже U-образного типов. Применение V-образных шпангоутов способствует уменьшению или исключению слеминга, лучшей всхожести на волну и меньшей заливаемости палубы. С той же целью на океанских и современных морских буксирах часто предусматривается удлиненный бак.

Угол наклона теоретического шпангоута № 2 (дающего достаточно полное представление о типе носовых шпангоутов) и величина его развала при палубе выбирается с учетом всхожести на волну и уменьшения заливаемости палубы для морских и озерных буксиров и конструктивной необходимости в широкой палубе для толкачей-буксиров, имеющих носовые упоры.

Носовая оконечность буксиров, выполняющих функции ледоколов, — ледокольного типа с углом наклона форштевня в подводной части, равным $27-35^\circ$. От величины подреза носового дейдвуда зависит устойчивость

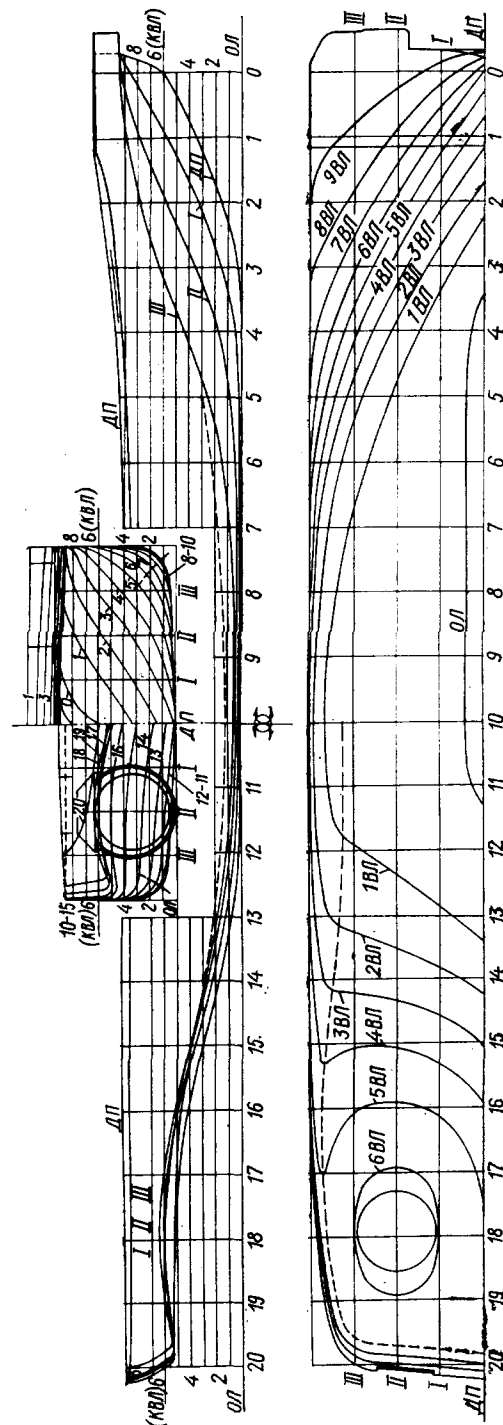


Рис. 52. Теоретический чертеж линейного толкача мощностью 4000 л. с.

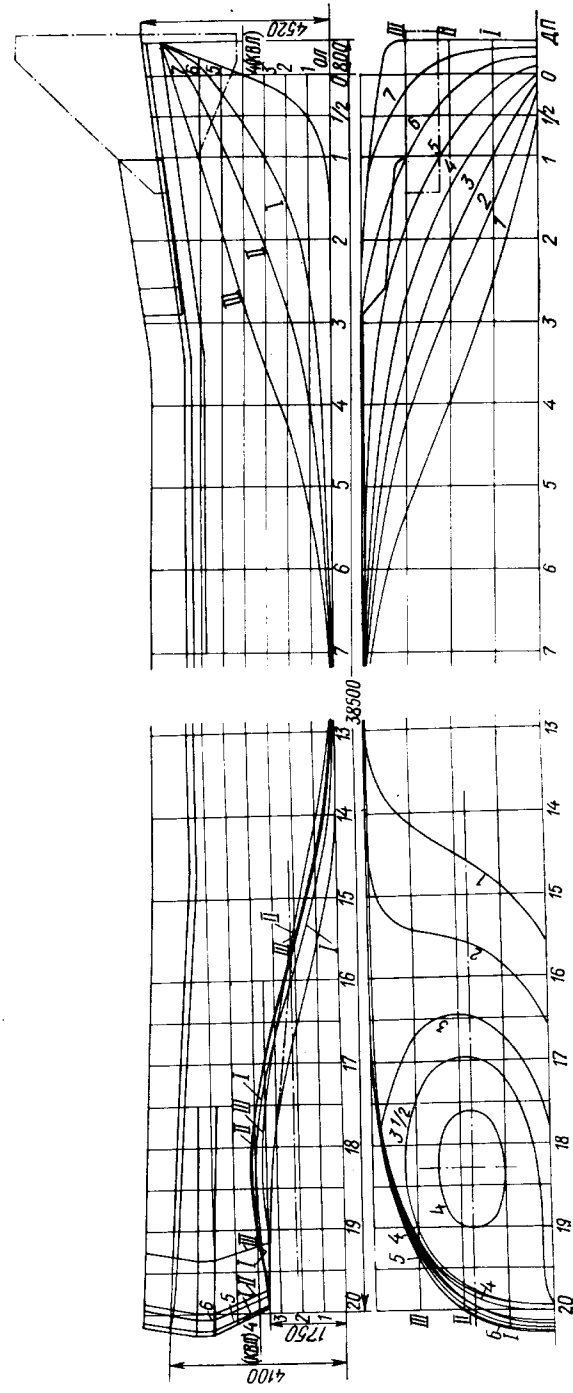
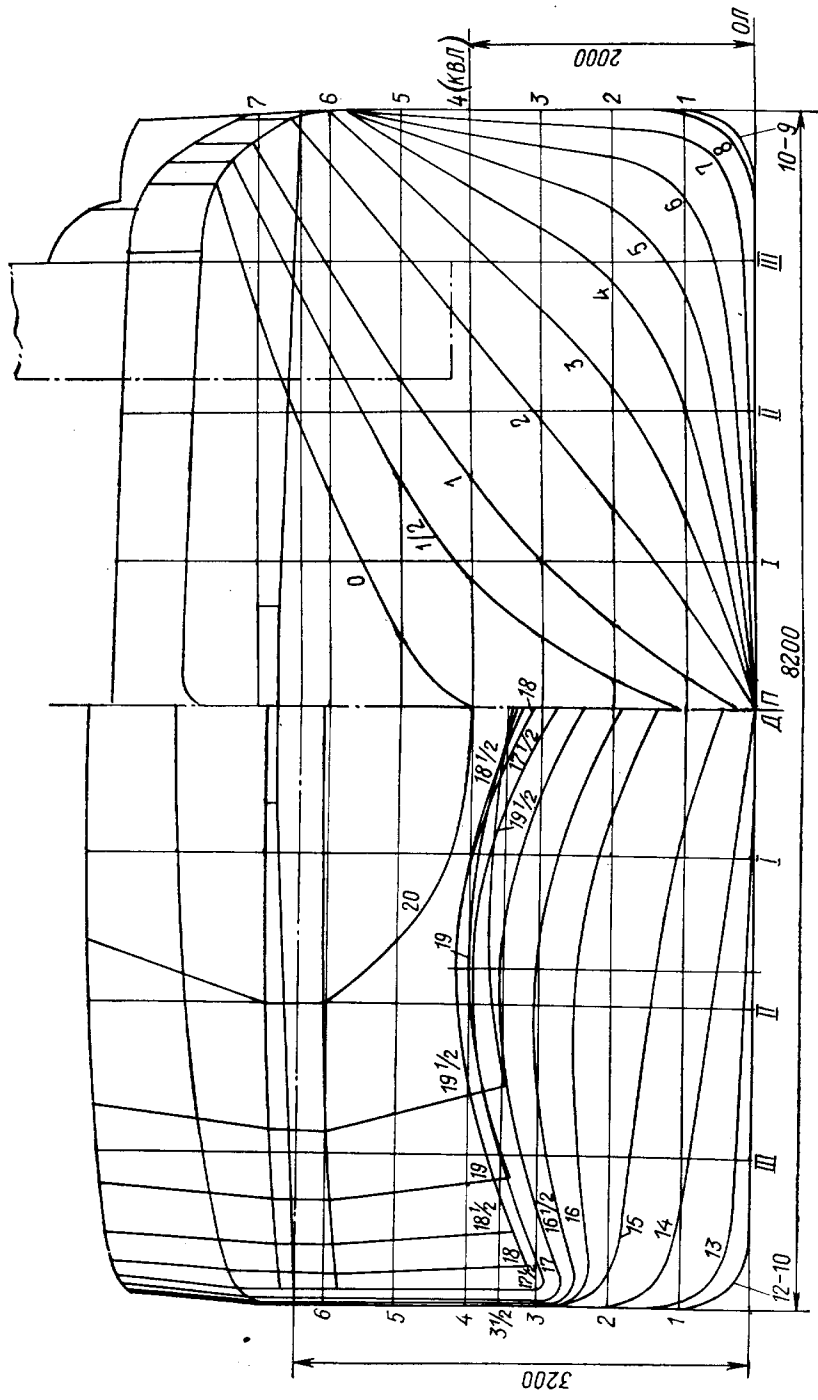


Рис. 53. Теоретический чертеж линейного толкача-буксира мощностью 800 л. с.

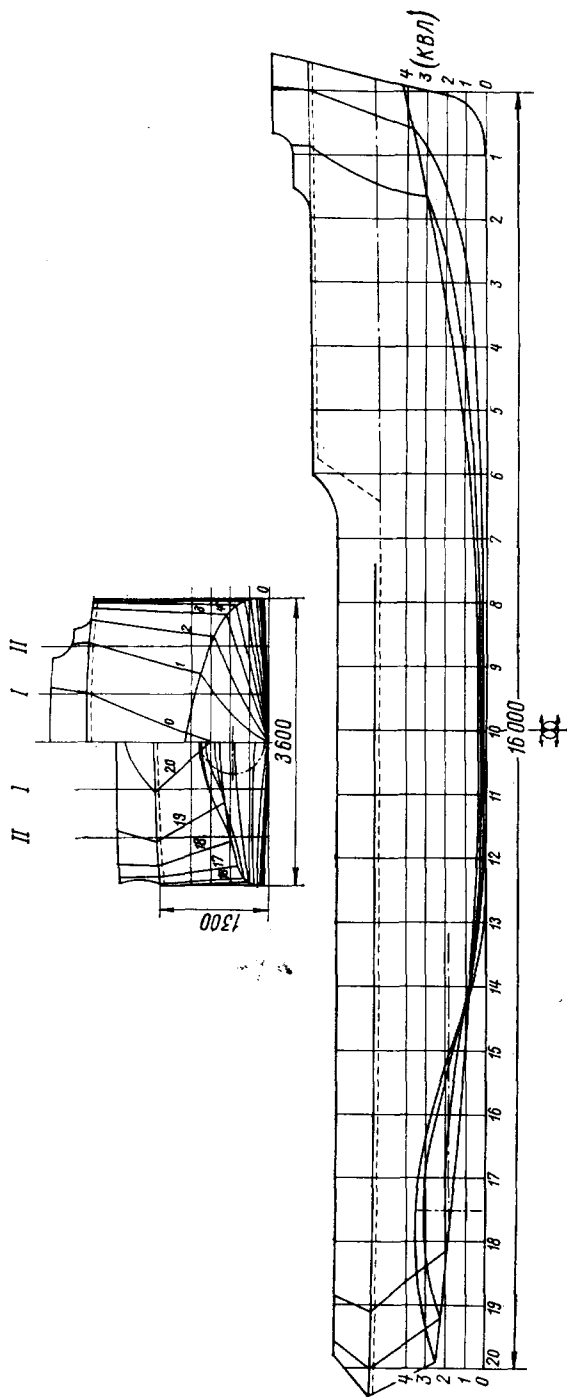


Рис. 54. Теоретический чертеж винтового линейного толкача-буксира мощностью 150 л. с.

буксира на курсе: чем меньше подрез, тем выше устойчивость, но ниже поворотливость. Поэтому у морских буксиров, для которых устойчивость на курсе — весьма важное качество, подрез носового дейдвуда делается минимальным.

У морских портовых буксиров иногда предусматривается строительный дифферент на корму — это улучшает поворотливость и обеспечивает более глубокое погружение движителей, дает возможность выбрать оптимальный диаметр винта.

Подрез носового дейдвуда у толкачей-буксиров может быть несколько большим, а для толкачей, всегда следующих за составом, рекомендуется большой подрез, способствующий улучшению поворотливости толкача с составом. Это естественно получается при обводах ложкообразного и санного типа.

Угол входа конструктивной ватерлинии зависит от выбранного типа обводов и коэффициента полноты водоизмещения.

Форма кормовой оконечности в первую очередь зависит от числа гребных валов буксира или толкача и типа движителя.

У одновалных винтовых судов кормовая оконечность может иметь шпангоуты V- и U-образной формы. При U-образных шпангоутах достигается лучшее взаимодействие корпуса и движителя за счет значительно меньшей неравномерности поля скоростей у диска винта. Однако при V-образных шпангоутах возможно меньшее сопротивление корпуса. Если же учесть, что при частоте вращения гребных винтов, характерной для современных дизельных буксиров (275—375 об/мин), выигрыш в пропульсивных качествах от применения U-образных шпангоутов уменьшается, то более целесообразно применять для кормы одновинтовых и тем более двухвинтовых судов V-образные шпангоуты.

Форма кормы морских буксиров часто принимается крейсерского типа; это способствует снижению сопротивления на 5—10%, но увеличение длины конструктивной ватерлинии иногда обуславливает уменьшение диаметра винта ниже оптимального. Кормовой подрез, защищая винт и руль, дает возможность получить необходимую площадь палубы для размещения судовых устройств и их обслуживания.

Кормовые оконечности двухвальных речных судов обычно выполняются полутуннельного типа. Эта форма прошла длительный путь развития, начиная от глубоких туннелей (считалось, что один винт должен быть отделен от другого для исключения возможного взаимного отрицательного влияния) и кончая обводами простейшего санного типа.

В случае применения поворотных направляющих насадок гребных винтов значительная килеватость снижает их эффективность, как рулевого органа, при перекладке насадок к бортам. Одна из насадок, находясь «в тени» килля, подсасывает из-под него возмущенный со срывами поток, снижающий тягу насадки.

На самоходной модели толкача с обводами кормы, близкими к приведенным на рис. 53, были замерены рулевые силы каждой из насадок.

Установлено, что тяга насадки, получающей воду со стороны борта, больше, чем насадки, засасывающей воду из-под киля, на швартовах в среднем на 46% и на ходу на 50—60%. Аналогичная картина наблюдалась и во время работы на задний ход.

При проектировании у толкачей формы кормовой оконечности полутуннельного типа, наряду с выбором гребных винтов, имеющих оптимальный для заданной мощности диаметр, необходимо:

а) обеспечить достаточно свободное подтекание воды к винтам из-под днища и с бортов (на судах, предназначенных для работы на мелководье,— в основном с бортов);

б) предусмотреть плавный сбег потока воды с кормовой части свода полутуннеля;

в) исключить подсос воздуха на переднем и заднем ходу при всех рабочих осадках судна и на волнении, для чего бортовые свесы полутуннелей у толкачей и буксиров класса «О» должны быть ниже, чем у судов класса «Р»;

г) при установке в качестве рулевого органа рулей переднего и заднего хода или поворотных направляющих насадок обеспечить подток воды к ним и с противоположного борта; для этого килеватость корпуса не должна быть явно выраженной, а у трех- и четырехвинтовых судов в ней вообще нет необходимости;

д) учесть, что кормовая оконечность двухвинтовых теплоходов в плане не должна иметь плоского транца, сопрягаемого с бортами под прямым углом, а должна быть образована по параболе или из частей окружности. Это требование объясняется необходимостью предотвратить повреждения собственного корпуса и других судов, когда буксирным судам приходится работать в стесненных условиях портов, выполняя маневры между стоящими судами. При работе буксирных судов в битом льду плоский транец оказывается препятствием для движения задним ходом. У трех- и четырехвинтовых толкачей вследствие их большой ширины транцевой кормы не избежать. В этом случае сопряжение борта с транцем (в плане) необходимо выполнить по кривой с максимально возможным радиусом.

Примером удачного решения кормовой оконечности для работы в битом льду является корма двухвальных буксиров типа *БОР-450*, у которых борта сходятся при ДП под углом около 90°. Однако при таком решении несколько увеличивается линия судна.

В связи с необходимостью удовлетворения приведенным требованиям и выбора гребных винтов максимально возможного диаметра кормовые оконечности толкачей нередко обладают малой плавучестью.

Поэтому, проектируя кормовую оконечность, следует придавать корпусу необходимую прочность. С этой целью делается килеватость или повышается борт в районе кормового подзора, что предпочтительнее.

Достаточно высокие пропульсивные качества судна могут быть

получены при следующих значениях элементов кормовой оконечности, показанной на рис. 58:

$$\frac{l_1}{L} = 0,33 \div 0,45; \quad \frac{l_2}{L} = 0,10 \div 0,12;$$

$$\frac{l_1}{h_T} = 6 \div 7; \quad \frac{\Delta_1}{T} = 0,1 \div 0,2;$$

$$\frac{\Delta_2}{T} = 0,05 \div 0,07; \quad \varepsilon = 12 \div 15^\circ.$$

Величины Δ_1 и Δ_2 зависят от мощности судна; чем выше мощность, тем они больше. Однако величина Δ_2/T не должна превы-

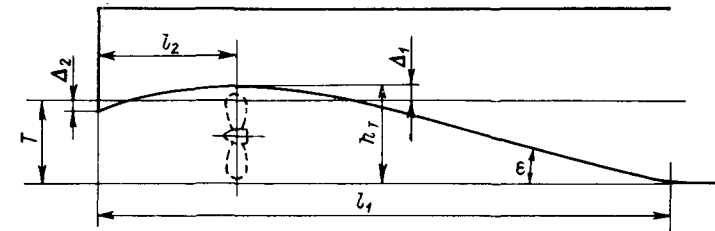


Рис. 58. Полутуннельная форма кормы. Элементы батокса по оси гребного вала.

шать 0,1 при осадке, наименьшей из рабочих. В табл. 24 приведены значения указанных характеристик у ряда зарубежных толкачей и буксиров. Там же приведены относительные значения расстояния между гребными валами b_v/B для двухвинтовых толкачей.

Форма корпуса буксирных судов с крыльчатыми движителями проще, чем винтовых (см. рис. 53). Основная ее особенность — выделяемая для установки движителей плоская часть днища.

Цилиндрическая часть корпуса у морских буксиров обычно отсутствует. У речных она составляет от 5 до 35% расчетной длины корпуса.

Положение центра величины по длине обычно имеет небольшое смещение от миделя к носовой оконечности, а по высоте оно ниже у речных и выше у морских буксиров, имеющих килеватость (0,59—0,62 осадки).

При разработке теоретического чертежа следует особое внимание обращать на правильное расположение гребного винта относительно корпуса, так как от этого зависят величина пропульсивного коэффициента и появление вибрации корпуса от работы винта. В случае, когда выбран оптимальный диаметр винта и оставлены лишь необходимые зазоры между корпусом и винтом, должно быть исключено влияние свободной поверхности воды и обеспечена защита винта от повреждений при работе буксирных судов

Таблица 24

Величины элементов кормовой оконечности полутуннельного типа
зарубежных толкачей и буксиров

Наименование судна	Мощность N , л. с.	Длина L , м	Осадка T , м	Диаметр гребного винта D_B , м	Относительная длина кормового подзора		Относительная длина передней части подзора $\frac{l_1 - l_2}{h_T}$	Относительное расстояние между валами θ_B/B
					l_1/L	l_2/h_T		
<i>Супериор</i>	3200	39,6	2,44	2,29	0,42	6,2	4,9	0,47
<i>Маннесман II</i>	1800	36,1	1,70	1,90	0,35	6,1	4,2	0,48
<i>Ф. Х. II</i>	1800	30,6	1,45	1,80	0,39	6,2	4,4	0,51
<i>Браунколь</i>	1700	27,0	1,40	1,60	0,34	6,8	4,6	0,61
<i>Б. П. Пари</i>	1700	21,5	2,50	1,90	0,48	4,8	3,7	—
<i>Вулкан</i>	1500	38,1	1,80	1,95	0,36	6,2	4,5	0,50
<i>Вассербуффель</i>	1260	36,0	1,85	1,80	0,45	6,3	4,6	0,50
<i>Нашорн</i>	1260	36,0	1,65	1,75	0,45	7,8	5,5	0,50
<i>Делиград</i>	1240	34,2	1,60	1,53	0,34	7,2	4,5	0,45
<i>Цитерна 84</i>	1200	22,6	1,95	1,88	0,45	4,9	3,7	0,51
<i>Конейбург</i>	1050	43,5	1,25	1,35	0,40	12,0	10,0	0,40
<i>Франкфурт</i>	930	18,3	1,40	1,50	0,51	5,1	4,5	0,50
<i>Мец</i>	940	18,0	1,65	1,55	0,47	5,0	3,9	0,50
<i>Оттер</i>	920	25,6	1,60	1,50	0,48	7,1	5,1	0,50
<i>Бибер</i>	750	22,0	1,60	1,50	0,49	6,6	4,8	0,52
—	600	20,0	1,10	1,20	0,34	5,1	3,3	0,55
<i>Голимарт</i>	340	10,0	1,35	0,90	0,50	4,7	4,0	0,53

в ледовых условиях. Разработанные для транспортных судов рекомендации о том, как предотвратить вибрацию корпуса мощных морских буксиров и получить наивыгоднейший пропульсивный коэффициент, приведены в работе [39].

§ 12. Остойчивость

Помимо общих для всех судов причин, приводящих в ряде случаев к потере поперечной остойчивости (т. е. действия ветра, волнения, обледенения, движения на циркуляции и т. д.), буксирные суда могут быть опрокинуты в результате специфического кренящего воздействия — статически или динамически приложенного усилия со стороны буксирного троса, направленного под некоторым углом к ДП. Это может быть вызвано зарыскиванием по той или иной причине буксируемого объекта, неудачным маневрированием, несогласованностью действий судов-участников буксировочной операции и другими обстоятельствами, известными из практики эксплуатации и анализа характерных аварий буксирных судов [3, 4, 44 и др.].

Регистр СССР [51], Речной Регистр РСФСР [52] и ряд иностранных классификационных органов (в частности, в странах-участницах СЭВ) требуют не только обеспечения остойчивости буксир-

ных судов по «критерию погоды» (т. е. по ветро-волновому воздействию) и надлежащим характеристикам диаграммы статической остойчивости, но и выполнения дополнительного, свойственного только буксирным судам, условия сохранения достаточной остойчивости при рывке буксирного троса. Однако подход к обеспечению последнего требования совершенно различен для морских линейных и многоцелевых буксиров и океанских буксиров-спасателей, с одной стороны, и для портовых буксиров-кантовщиков, а также речных буксиров — с другой.

Действительно, в настоящее время, как указывалось выше, в мировом буксирном флоте наблюдается довольно четкая специализация судов, которая соответствует общей тенденции к специализации флота. Современные буксирные суда проектируются и строятся либо для работы преимущественно в море (главным образом океанские буксиры-спасатели и другие морские буксиры), либо для эксплуатации в ограниченных, защищенных акваториях. Эти две категории буксиров существенно различаются по условиям эксплуатации, а следовательно, и по мореходным качествам. Большое значение имеет бортовая качка, тесно связанная с остойчивостью судна.

Практика расследования случаев опрокидывания буксиров при рывке троса показывает, что, как правило, происходило заливание внутренних помещений судна через одно из отверстий в бортах или на палубе (двери горловины, люки и т. п.), которые при буксировке на тихой воде по разным причинам оказывались открытыми. В результате буксир либо полностью терял плавучесть и шел ко дну, либо из-за кренящего действия влившейся воды крен его значительно возрастал и наступало опрокидывание.

Для удовлетворения требований Правил [51, 52] к остойчивости портовых буксиров-кантовщиков, а также относительно небольших буксиров общего назначения и внутреннего плавания, т. е. всех буксиров, эксплуатирующихся в основном на тихой воде, необходимо стремиться к обеспечению возможно больших значений поперечной метацентрической высоты и угла заливания, определенного в предположении, что все перечисленные выше отверстия открыты. В результате угол крена буксира при рывке уменьшится, а его заливание — отдалится.

В то же время требование об увеличении начальной остойчивости в ряде случаев оказывается совершенно неприемлемым для мореходных буксиров. Высокая начальная остойчивость приводит к снижению периода и коэффициента гашения бортовой качки с одновременным сдвигом зоны ее резонанса (т. е. значительного возрастания амплитуд) в область относительно коротких, наиболее часто встречаемых судном волн. Эти обстоятельства, усугубляемые к тому же относительно слабым ходовым демпфированием бортовой качки из-за низких скоростей буксировки, самым отрицательным образом сказываются на эксплуатации мореходных буксиров. Так, шведские буксиры-спасатели *Памир*, мощностью 4200 л. с., имея начальную метацентрическую высоту до 1,9 м,

уже на 3—4-балльном волнении испытывают интенсивную, резкую бортовую качку, существенно затрудняющую их работу, в особенности при отсутствии хода, т. е. в наиболее ответственный момент оказания помощи аварийным судам [2].

В штормовых условиях все отверстия, через которые может происходить заливание судна, будут задраены, поэтому для мореходных буксиров опасным режимом является не заливание, а опрокидывание. Сущность требований Регистра СССР [51] (согласованных с требованиями стран-участниц СЭВ) к остойчивости таких судов состоит в обеспечении умеренной начальной остойчивости и в компенсации соответствующей потери площади диаграммы статической остойчивости на начальном участке дополнительной площадью за счет возрастания допускаемого угла наклона (угол опрокидывания, как правило, значительно выше угла заливания; рис. 59).

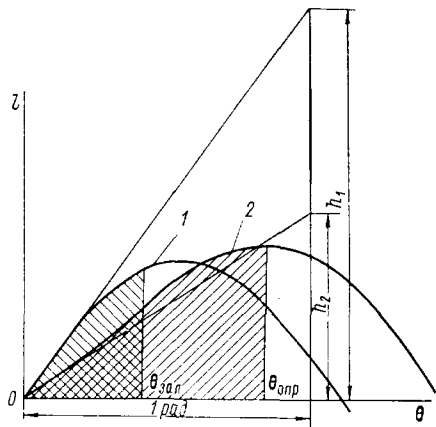


Рис. 59. Диаграммы статической остойчивости.

1 — шхортный буксир; 2 — мореходный буксир. Заштрихованы площади диаграмм, соответствующие наклону на предельно допустимый угол.

начальной метацентрической высотой и большей протяженностью «рабочего участка», ограничиваемого углом опрокидывания, за который в нормах остойчивости [51] принят угол максимума диаграммы.

Протяженность же диаграммы, как положение и величина ее максимума, в любом случае должна удовлетворять общим требованиям Правил [51].

Кроме снижения начальной метацентрической высоты уменьшению качки (и тем самым лучшему удовлетворению как критерию рывка буксирного троса, так и общему «критерию погоды») способствует установка на буксире скуловых килей [51]. Удачно спроектированные кили практически не снижают ходкости буксира и могут в некоторых случаях уменьшить амплитуду бортовой

качки на 25—40%. Площадь скуловых килей обычно составляет 1—3% от произведения LT .

Критерий остойчивости по рывку буксирного троса зависит не только от характеристик диаграммы статической остойчивости буксира, но и в значительной мере — от размещения на судне точки приложения усилия со стороны буксирного троса (буксирного гака, канифас-блока, буксирной лебедки, ограничителей положения каната и т. п.) по длине и высоте. Понижение этой точки и смещение ее в корму оказывают положительное влияние на остойчивость буксира при рывке, однако сдвиг в корму ухудшает управляемость при буксировке. Изменение высоты гака существенно влияет на критерий остойчивости лишь тогда, когда гак расположен достаточно близко к центру тяжести судна; если же он расположен на значительной высоте, то его сравнительно небольшие перемещения мало влияют на угол крена буксира, а следовательно, и на критерий остойчивости. Положение гака по длине буксира значительно влияет на угол крена, лишь если гак расположен достаточно далеко в корму от центра тяжести буксира (относительная абсцисса X_T/L составляет 0,25—0,5). Эти положения подтверждаются модельным и натурным экспериментом [24, 15].

Удовлетворение тем или иным нормативам остойчивости не предотвращает опрокидывания, а создает лишь определенную вероятность безопасной эксплуатации при нормальных условиях плавания, позволяя сопоставить между собою различные суда. Так, существующие нормативы [51], основанные на работах В. М. Быкова [16] и В. М. Лаврентьева [43] учитывают схему поперечного рывка буксирного троса. Однако значительно опаснее, как показано теми же авторами, «косой» рывок, уравнения которого из-за своей сложности до сих пор не получили разрешения, вследствие чего отсутствует и соответствующее нормирование остойчивости. Этот режим должен быть полностью исключен из практики эксплуатации буксирных судов. Важную роль должна сыграть «Информация об остойчивости буксирного судна для капитана». В ней должны быть указаны меры предосторожности, а также роль приводящих факторов (заливание палубы, влияние просадки судна, характеристик буксирного каната, фальшборта [10], положения рулей или поворотных насадок и т. д.).

§ 13. Управляемость

Управляемость буксирных судов, как и иных, объединяет два противоположных по своей природе качества судна — устойчивость на курсе и поворотливость. Для разных типов буксирных судов значение этих качеств различно. Так, для линейных буксиров важнее устойчивость на курсе, а для толкачей, следующих за составом, — высокая поворотливость вместе с составом. Объясняется это тем, что толкаемые составы, имея очень высокие значения L/B ,

¹ Под «немореходными» буксирами здесь и далее, в соответствии со сказанным выше, понимаются буксиры, не предназначенные для преимущественной работы в море со значительным удалением от порта-убежища. Большинство буксиров относится именно к «немореходным».

обладают и высокой устойчивостью на курсе. Высокая поворотливость необходима и для портовых буксиров.

Рассмотрению сил и моментов, действующих на рулевой орган и судно при его движении, а также активных параметров криволинейного движения и элементов циркуляции судна посвящен ряд трудов [1, 8, 18, 23, 53], которыми рекомендуется пользоваться при расчете управляемости буксиров и толкачей с составами.

Устойчивость судна на курсе обычно оценивается средним числом переключений рулевого органа (направо—налево) в минуту. Опыт приемо-сдаточных испытаний ряда буксиров и толкачей показал, что при тихой погоде эти значения у них следующие:

	Рули	Поворотные насадки
Свободный ход	3—4	5—7
Ход с составом судов на буксире	2—4	3—5
» с толкаемым составом	0—2	0—2

Величина переключки рулевого органа, как правило, не превышает $\pm 1—3^\circ$. На взволнованной поверхности частота и величина переключки возрастают.

Поворотливость буксиров и толкачей с составами судов и по-рожном характеризуется угловой скоростью поворота (ω , град/мин) и относительным диаметром циркуляции ($D_{ц}/L$).

У морских буксиров диаметр установившейся циркуляции на полном ходу равен увеличенной в 3—4 раза длине корпуса; на малом ходу он несколько меньше. Угловая скорость поворота на полном ходу составляет от 140 до 200° в минуту.

К портовым буксирам и особенно к кантовщикам предъявляются более высокие требования. Диаметр циркуляции этих судов должен быть не более чем 1,5—2,0 длины судна на скорости буксировки. На полном переднем ходу он может быть больше. Угловая скорость поворота — $200—300^\circ$ в минуту.

Поворотливость буксира с составом в значительной степени зависит от величины натяжения буксирного каната и точки приложения его относительно миделя. Размещение точки приложения буксирного каната вблизи миделя улучшает поворотливость, однако в этом случае снижается устойчивость на курсе, а при боковом рывке каната возникает опасность опрокидывания буксира. Необходимость к тому же обеспечения свободной рабочей палубы от места закрепления каната до кормовой оконечности заставляет при проектировании искать такое положение указанной точки, которое в соответствии с назначением буксира, типом примененного движителя и рулевого органа дает наилучшее компромиссное решение.

Для буксиров большое значение имеет управляемость на заднем ходу. Одновинтовые буксиры с рулем и особенно те, у которых винт работает в неподвижной насадке, на заднем ходу практически не управляемы, так как влияние руля на отклонение кормовой части весьма слабое.

Двухвинтовые буксиры на заднем ходу могут управляться и выводиться из циркуляции реверсом одного из двигателей.

У буксиров, оборудованных поворотными насадками, управляемость на заднем ходу — в пределах отклонения от курса (до $\pm 10—12^\circ$). При больших углах отклонения входят в циркуляцию, вывести из которой их можно только с помощью реверса одного из двигателей. Улучшению управляемости при движении задним ходом способствует дифферент буксирного судна на нос. Портовые буксиры и тем более кантовщики целесообразно проектировать двухвинтовыми.

С целью обеспечения минимальных значений диаметра циркуляции применяются крыльчатые движители и движительно-рулевые колонки.

Буксиры, оборудованные крыльчатыми движителями (КД), имеют возможность двигаться в любом направлении. В 1930 г. на буксире Уху был впервые применен КД. Его установили, как обычно, в кормовой части. Затем с таким расположением КД было построено еще около 60 портовых буксиров. Все они обладали отличной маневренностью, но в то же время корпус в носовой части часто повреждался. Исследование в 1950 г. причин появления повреждений показало, что установку КД следует производить в носовой части под днищем. В 1952 г. был построен первый «водный трактор» мощностью 120 л. с. с носовым расположением КД. Успешная работа этого судна сделала его прототипом для проектирования и строительства высокоманевренных портовых буксиров. Все основные морские порты мира имеют буксиры с КД. Ввиду особенности расположения и действия КД требуются особые навыки управления буксиром. Соответствующие рекомендации должны даваться в инструкции, разрабатываемой для судоводителей.

Движительно-рулевые колонки, мощность двигателей которых достигает 1000 л. с., могут служить как самостоятельным движителем, так и средством активного управления, например на одновинтовых буксирных судах. Хорошие показатели обеспечивают поворотные насадки; диаметр циркуляции двухвинтовых буксиров, оборудованных отдельно управляемыми поворотными насадками, практически равен длине судна. Поворотная насадка эффективна, и на одновинтовых судах, имеющих достаточно пологие кормовые батоксы, появляется возможность управления судном на заднем ходу и снижения диаметра циркуляции на переднем.

Высокие параметры поворотливости (табл. 25) обеспечивают водометные движители, широко применяемые на малых толкачах и буксирах.

Поворотливость толкаемых составов зависит не только от мощности и типа рулевого органа толкача, но и от характеристик (длины, ширины, типа и осадки) составов, которые должны водить толкачи. Эти характеристики выражаются через относительные величины: нагрузки на единицу мощности толкача (т/л. с.), длину состава на единицу мощности толкача (м/л. с.) и нагрузки на

Значение относительного диаметра циркуляции буксирных судов с различными движительно-рулевыми комплексами

Тип движительно-рулевого комплекса	$D_{ц}/L_c$	
	без состава	с расчетным составом
Неподвижные насадки с рулями	3,0—2,5	3,5—3,0
Поворотные, синхронно управляемые насадки:		
толкачи мощностью 800—2000 л. с.	2,5—2,0	3,0—2,5
» » 150—300 л. с.	2,5—1,5	2,5—2,0
Поворотные раздельно управляемые насадки (и работа винтами враздрай)	1,2—1,1	1,2—1,1
Водометный движитель	1,1—1,0	1,1—1,0

единицу длины состава (т/м), характеризующей ширину и осадку состава, и, наконец, энерговооруженность (л. с./т).

Зарубежные толкачи оборудуются, как правило, рулями переднего и заднего хода, отечественные — поворотными насадками.

Значения основных параметров поворотливости буксиров и толкачей порожнем и с расчетными для них составами приведены в табл. 25. Под расчетным составом понимается толкаемый кильватерный состав, нагрузка которого по грузоподъемности составляет 5—7 т на 1 л. с. толкача.

На рис. 60 приведен график, наглядно показывающий зависимость угловой скорости поворота ω от водоизмещения D и длины составов L_c для толкачей различной мощности. Нижние кривые (3, 4, 5) относятся к толкачам, имеющим рули, верхние (1 и 2) — поворотные насадки.

Зависимость относительного диаметра циркуляции от длины состава для различных типов движительно-рулевого комплекса видна из графика на рис. 61, составленного по данным испытаний в открытом водоеме большой самоходной модели толкача мощностью 1200 л. с. с различными составами. Модели составов с толкачом, оборудованным поворотными насадками, на переднем ходу совершают циркуляцию на меньшей акватории, чем с рулями. На заднем ходу существенной разницы нет.

Синхронно и раздельно управляемые насадки гребных винтов являются наиболее перспективным рулевым комплексом для буксиров и толкачей. Рассмотрим возможные варианты их действия. В табл. 26 приведены схемы положения насадок и основные характеристики поворотливости толкача *Братислава* (типа *Зеленодольск*) мощностью 1200 л. с., на котором были впервые испытаны раздельно управляемые насадки. Толкач испытывался порожнем и с нефтеналивной баржей *Чулым* грузоподъемностью 11700 т. Из таблицы следует, что при разном положении насадок и направлении потока от винтов получаются различные параметры поворотли-

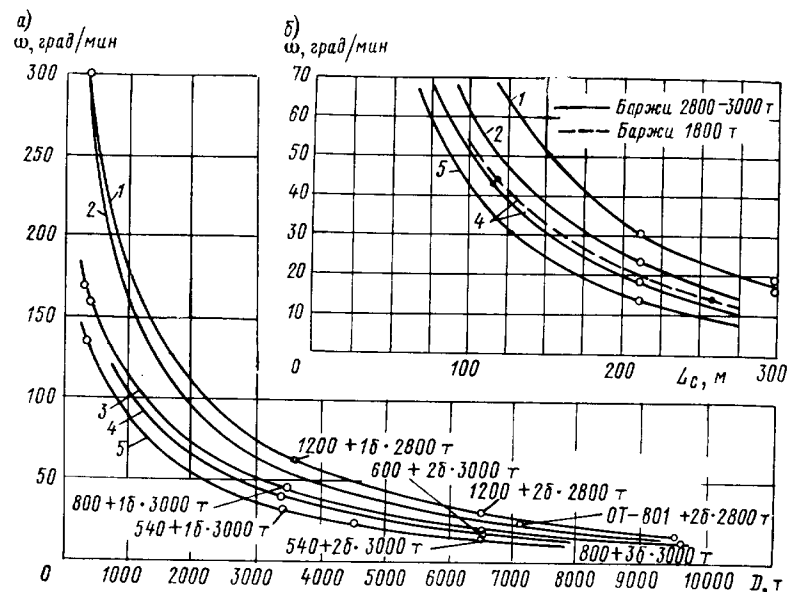


Рис. 60. Зависимость поворотливости толкачей-буксиров с различными составами от водоизмещения (а) и длины составов (б).

Кривые приведены для толкачей-буксиров типа: 1 — Зеленодольск; 2 — 0Т-800; 3 — Георгий Седов; 4 — Красное Сорморо; 5 — БОР-540 с кильватерными составами из барж грузоподъемностью 1800 т (проект № 567), 2800 т (проект № 461Б) и 3000 т (проект № 425).

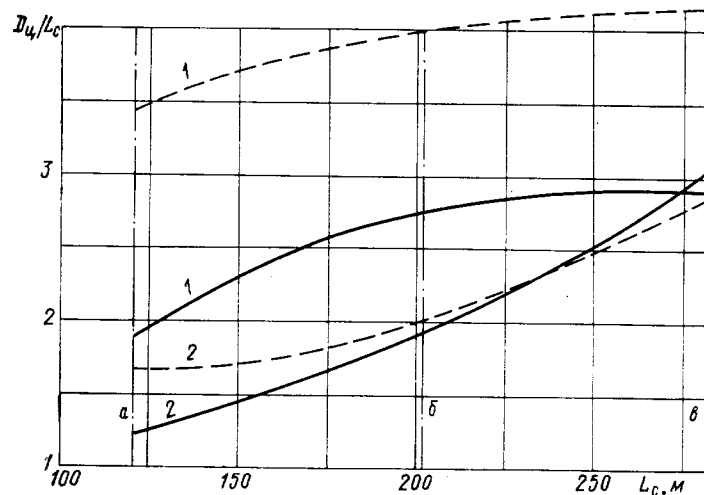
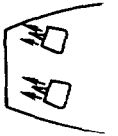
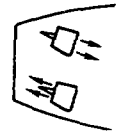
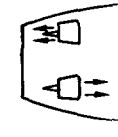
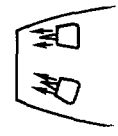
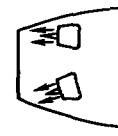
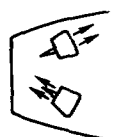


Рис. 61. Зависимость относительного диаметра циркуляции от длины состава судов для различных типов движительно-рулевого комплекса: винтов в поворотных насадках (—), винтов и шести рулей, два из которых переднего и четыре — заднего хода (---). Модель испытана с одной (а), двумя (б) и тремя (в) баржами на переднем (1) и заднем (2) ходу.

Таблица 26

Характеристики поворотливости толкача-буксира *Братислава*
при работе машин полным ходом

№ п.п	Рабочая схема	Угловая скорость поворота, град/мин		Относительный диаметр циркуляции с баржей
		порожнем	с баржей грузоподъемностью 11 700 т	
Совместное управление насадками				
1		280	22,0	3,0—3,5
2		257	12,9	—
3		76	2,1	—
Раздельное управление насадками				
4		206	15,5	—
5		176	12,3	—
6		280	18,0	1,1—1,2

востии. Наиболее высокая угловая скорость (схема 1) достигается в случае синхронного поворота насадок на полном переднем ходу. Однако относительный диаметр циркуляции находится в пределах значений, характерных для судов, оборудованных рулями.

При работе винтами враздрай и в насадках, переложенных на один борт (схема 2) или установленных параллельно ДП (схема 3), поворотливость толкача с составом значительно ниже.

Применение указанных маневров не имеет смысла, хотя для поворота одиночных судов ими пользуются часто.

При раздельном управлении насадками, кроме получения минимального диаметра циркуляции, можно:

управлять составом с помощью одной насадки (схемы 4 и 5); осуществлять циркуляцию состава с минимальным относительным диаметром циркуляции (схема 6);

быстро выводить состав из циркуляции как на переднем, так и заднем ходу (схема 6);

совершая циркуляцию отходить с составом в ту или иную сторону (схема 6).

Испытания толкача *Братислава* (типа *Зеленодольск*) и опыт работы многочисленных толкачей, оборудованных раздельно управляемыми насадками, показал, что управление одной насадкой (схемы 4 и 5) возможно и целесообразно на участках пути с небольшой кривизной, однако углы перекаладки этой насадкой должны быть примерно в два раза больше, чем при управлении двумя насадками. Угловые скорости поворота состава при перекаладке насадки на разные борты не одинаковы. Если состав следует прямым курсом и его нужно повернуть влево, целесообразнее пользоваться правой насадкой, а если вправо — то левой. Объясняется это тем, что насадка создает большую боковую силу при подтекании воды со стороны борта (схема 4), а не из-под корпуса толкача (схема 5).

Лучшие характеристики поворотливости толкача-буксира порожнем и с составом достигаются тогда, когда насадки переложены кормовыми отверстиями к ДП, а винты работают враздрай (схема 6). При данном маневре угловая скорость поворота меньше, чем в схеме 1 только на 18%, но относительный диаметр циркуляции снижается в три раза и становится почти равным длине состава. Объясняется это тем, что суммарная боковая составляющая сил, приложенных к насадкам, ниже, чем в схеме 1 табл. 26, а работа одной машиной назад уменьшает или исключает движение состава вперед. Манипулируя машинами, судоводитель имеет возможность разворачивать состав с одновременным продвижением вперед или назад в зависимости от навигационной обстановки. Маневр удобен и при подходе толкача или толкача с баржей для сцепки с другой баржей, а также при швартовках и отходах от других судов, в шлюзах и т. д.

Испытания показали также, что рулевая сила во время работы на задний ход возрастает только при перекаладке насадок на угол до 20°. Дальнейшая перекаладка существенного эффекта

не дает. Поэтому и управляемость на заднем ходу от внедрения раздельного управления насадками не изменилась. Если же состав вошел в циркуляцию, то для вывода его из циркуляции применяют маневр по схеме 6 табл. 26. Циркуляция даже тяжелого состава в этом случае прекращается за несколько секунд. Если возникает необходимость, то состав может быть быстро введен в обратную циркуляцию.

Серьезной технической задачей при проектировании толкачей является обеспечение управляемости толкаемых порожних составов, которые в отличие от морских и речных самоходных судов не балластируются и во время движения в ветреную погоду имеют большой дрейф. Поскольку речные фарватеры ограничены по ширине, требуется, чтобы состав шел с дрейфом, не превышающим 0,6—0,7 ширины судового хода и управлялся на поворотах. Это требование толкачи выполняют на полном ходу с порожними кильватерными расчетными для них составами, только если сила ветра не превышает 5—6 баллов. При ветрах большей силы состав приобретает недопустимый дрейф. Поэтому опыт вождения порожних составов показал, что в ряде случаев необходимо перестраивать кильватерные составы в двухпыхжевые. Однако уже появились двухпыхжевые составы с мощными толкачами, полностью использующие акватории шлюзов. Эти составы в порожнем состоянии перестроить в четырехпыхжевой состав нельзя, так как он не будет проходить через шлюзы (там, где они есть) или не будет соответствовать габаритам пути. Следовательно, проблема создания движительно-рулевого комплекса, более эффективного, чем современные, не решена окончательно. За рубежом делаются попытки устанавливать впереди состава ведущие приставки с мощным подруливающим устройством. Однако в широкую практику работы толкаемых составов такие приставки не вошли, и не во всех случаях их можно использовать.

В отечественной практике успешно применяются составы с изгибающим устройством. Однако и это устройство обеспечивает изгиб только кильватерных составов. Изгибающее устройство не может решить проблемы управления двух-четырёхпыхжевыми порожними составами при ветрах значительной силы.

На толкачах США нашли широкое применение фланкирующие рули, которые в сочетании с рулями переднего хода позволяют удерживать составы на курсе с меньшим дрейфом. Применение многорулевых комплексов на отечественных судах, как показал опыт оборудования шестью рулями толкача-буксира *Люблин* мощностью 1200 л. с., не давая существенных преимуществ, увеличивает сопротивление движению, повышает возможность повреждения рулевого комплекса при касании грунта и значительно затрудняет работу в ледовых условиях. В то же время для буксиров и толкачей имеет большое значение поворотливость и проходимость при проводке судов в ледовых условиях. Практика работы толкачей мощностью 800—4000 л. с., оборудованных поворотными насадками, показала, что они могут работать и управляться во льду

толщиной до 25—40 см. В отличие от судов с неповоротными насадками и рулями они имеют более высокую проходимость, так как их насадки благодаря подвижности реже забиваются льдом и проще освобождаются от него.

ГЛАВА IV

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ КОРПУСА И РУБОК

§ 14. Конструкция корпуса и рубок морских буксиров

Система набора корпуса морских буксиров — поперечная. Величина шпации в зависимости от класса буксира обычно не превышает 600 мм.

Характеристики набора корпуса и толщина наружной обшивки определяются в соответствии с «Правилами классификации и постройки морских судов» Регистра СССР с учетом дополнительных требований, предъявляемых к буксирным судам.

Правилами постройки предусмотрены два метода нормирования прочности и регламентирования конструкции корпуса: *расчетный* на базе методов строительной механики корабля, использующий установленные в Правилах Регистра СССР нормы нагрузок и допускаемых напряжений, и *табличный*, когда элементы конструкции корпуса набираются по таблицам и формулам указанных Правил. Каждый метод применяется независимо от другого.

Дополнительные Правила Регистра СССР помимо конкретных указаний по выбору размеров и конструкции отдельных узлов и связей корпусных конструкций содержат и некоторые общие указания, определяющие конструктивные особенности этих судов. К ним относится, например, требование необходимого числа водонепроницаемых переборок на судне. Согласно этому требованию буксирное судно должно иметь, как минимум: таранную переборку, доведенную до палубы; переборку ахтерпика с уступом на уровне платформы; переборки, ограничивающие машинно-котельное отделение.

В Правилах Регистра СССР особо оговорены требования, касающиеся ледовых («Л») и усиленно ледовых («УЛ») подкрепленных буксиров, предназначенных для эксплуатации в ледовых условиях.

Учитывая тенденцию перехода на круглогодичную навигацию судов морского торгового флота и все возрастающую роль букси-

ров в связи с необходимостью обслуживания этих судов в течение всего года в замерзающих портах, особое внимание следует уделять вопросу проектирования буксирных судов, предназначенных для работы в ледовых условиях. Особенностью проектирования в этом случае является то, что прочные размеры бортового набора, палуб, платформ, поперечных переборок и ледового пояса наружной обшивки назначаются в зависимости от величины ледовой нагрузки на носовую оконечность, среднюю часть и кормовую оконечность судна.

Кроме обеспечения общей и местной прочности корпуса в соответствии с действующими нормами, иногда возникает необходимость повышения прочности отдельных конструкций: например, бортового набора, носовой и кормовой оконечностей не только для работы в ледовых условиях, но и для работы в порту по кантовке транспортных судов, упорных конструкций толкачей и т. п. Все особенности работы должны быть учтены, а зависящие от этого прочностные характеристики элементов корпуса проверены расчетом или назначены на основании опыта эксплуатации подобных судов.

Штевни для отечественных буксиров обычно принимаются прямоугольного сечения. Как показал опыт эксплуатации буксиров типа *Иван Плюнин*, *Сатурн* и других, это обеспечивает меньший угол закалывания льда и способствует лучшей ледопроницаемости буксира.

Опыт эксплуатации буксиров в ледовых условиях показывает также, что при конструировании форштевня не обязательно предусматривать шпунт для притыкания наружной обшивки к форштевню.

Кронштейны гребных валов на двухвальных буксирах усиленно ледового класса выполняются литосварной конструкции и соединяются с обшивкой и набором корпуса в районе гелм-порта. Они соединены между собой жесткой связью и образуют П-образную конструкцию, вполне заменяющую требуемые Правилами Регистра СССР две лапы у каждого кронштейна, кроме того, каждый кронштейн приваривается к дейдвудной трубе.

Второе дно делается почти на всех морских и океанских линейных буксирах и буксирах-спасателях; на портовых и рейдовых буксирах-кантовщиках — чаще всего лишь на протяжении машинного отделения. Оно используется в основном для размещения запасов топлива. Создание второго дна на портовых буксирах, имеющих небольшие размеры, часто оказывается нецелесообразным. В случае необходимости устройства второго дна иногда вместо вертикального киля предусматривается установка двух днишевых стрингеров, служащих одновременно фундаментными балками под главный двигатель.

Бортовой набор состоит из рамных, основных и промежуточных шпангоутов и бортовых стрингеров. Профиль промежуточных шпангоутов предусматривается равным профилю основных шпангоутов. Концы промежуточных шпангоутов крепятся в средней

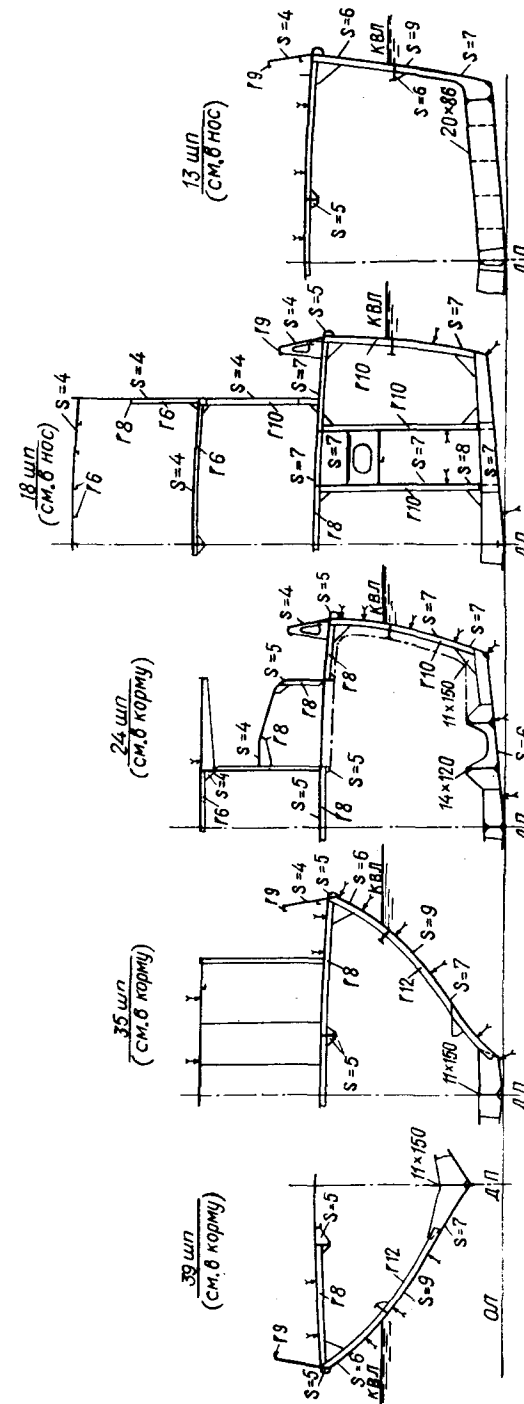


Рис. 62. Конструктивные сечения корпуса буксира *Марс*.

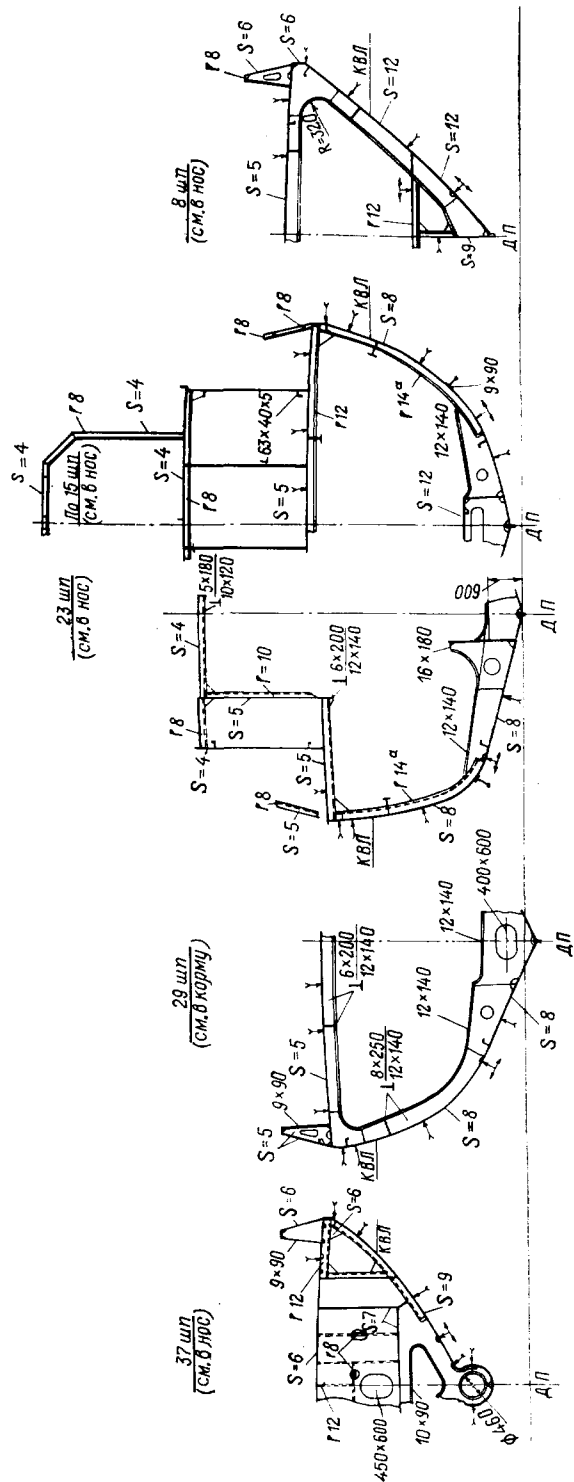


Рис. 63. Конструктивные сечения корпуса буксира Рейд.

части судна на разном стрингерах и протягиваются до вертикального киля и верхней палубы в оконечностях.

Соединение палубы с бортом выполняется с перепуском палубы на 10—15 мм в целях улучшения стока воды, упрощения технологии постройки и удобства крепления привального бруса. Подобная конструкция, выполненная на буксирах типа *Сатурн* и других, хорошо себя зарекомендовала в постройке и эксплуатации.

Учитывая возможность навала бортом буксира на буксируемое судно, толщина и набор фальшборта обычно усилены против требований Регистра СССР. Кроме того, фальшборт всегда выполняется с завалом к ДП судна.

На буксирных судах ледового плавания большое внимание уделяется ледовой защите движительно-рулевого комплекса. На ахтерштевне предусматривается противоледовая наделка в районе КВЛ, что повышает надежность винто-рулевого комплекса на заднем ходу. На морских портовых буксирах типа *Сатурн* для защиты винто-рулевого комплекса ото льда на переднем ходу установлены побортно три плавника, жестко связанные по концам неподвижными полукольцами. Для защиты носовых кромок насадок от ударов льдин со стороны ДП на днище между выкружками гребных валов предусмотрены два вертикальных клыка.

На портовых буксирах типа *Марс* под днищем в районе крыльчатых движителей установлено ограждение из сварного крыла, соединенного с днищем сварными стойками, одновременно выполняющее функции насадок.

Конструктивные чертежи корпуса некоторых типов буксиров приведены на рис. 62 и 63.

Наружные и внутренние стенки рубок первого яруса выполняют достаточно прочными из стали толщиной 3—4 мм. Применяют наборные и гофрированные конструкции.

§ 15. Конструкция корпуса и рубок буксирных судов внутреннего плавания

Система набора корпуса толкачей и буксиров внутреннего плавания — поперечная. Величина шпации не превышает 600 мм.

Конструктивная схема набора корпуса буксиров внутреннего плавания принципиально не отличается от схемы набора морских буксиров, но на конструкцию корпуса толкачей и толкачей-буксиров в целом и их отдельных узлов основное влияние оказывает назначение и мощность судна. Дело в том, что кроме нагрузок, обычно действующих на корпуса буксиров, корпуса толкачей и толкачей-буксиров должны воспринимать и выдерживать усилия, возникающие:

в процессе передачи упора движителей толкаемому составу, особенно в результате перекладки рулей или насадок;

при ударах упорами в баржи на волнении или при формировании состава;

от натяжения вожжевых канатов, особенно при расположении их под значительными углами к палубе толкачей во время килевой качки;

вследствие недостаточного водоизмещения кормовой оконечности, имеющей большой подрез, простирающийся почти до половины длины корпуса, что вызывает неравномерное распределение сил поддержания и вибрацию.

Эти дополнительные усилия, действующие на корпуса судов, работающих способом толкания, и определяют специфические особенности их конструктивной схемы в части увеличения общей продольной прочности и местных подкреплений.

На американских толкачах в зависимости от их мощности и размеров ставится от двух до четырех продольных переборок по всей длине корпуса, причем переборки выполняются как сплошными по всей длине с облегчающими вырезами, так и ограниченной длины — например в пределах машинного отделения, а в оконечностях продольно укрепляются усиленные днищевые и подпалубные связи, раскрепленные фермами. На отечественных толкачах продольные переборки в районе машинных отделений, как правило, не ставятся, но предусматривается усиление продольного набора. На толкачах мощностью 800, 1200 и 2000 л. с. две продольные переборки установлены только в нос и корму от машинных отделений.

Толкачи мощностью 4000 л. с. уже имеют две сплошные продольные переборки.

В носовой части переборки устанавливаются на одной линии с наружными или внутренними плоскостями упоров для толкания. Под другую плоскость упоров на протяжении форпика, а иногда и далее в корму, устанавливаются местные продольные переборки. С наружной стороны корпуса в этих же плоскостях ставятся мощные кницы, передающие на корпус усилия, возникающие при толкании составов или отдельных барж.

При проектировании отечественных толкачей и толкачей-буксиров набор корпуса осуществляется в соответствии с Правилами Речного Регистра РСФСР. Учитывая условия работы таких судов и их назначение, набор корпуса и толщина наружной обшивки часто увеличиваются по сравнению с требованиями Правил.

Конструктивные схемы характерных мидель-шпангоутов толкачей и толкачей-буксиров приведены на рис. 64—67.

Принятия для корпусов отечественных толкачей-буксиров значения толщины наружной обшивки меньше применяющихся на американских толкачах. У последних широко унифицируется одна толщина листов для всей наружной обшивки с утолщениями лишь в отдельных случаях в носовой и кормовой оконечностях. Настилы палуб также нередко имеют одинаковую толщину по всей площади палубы. Средние значения толщины наружной обшивки и настила палуб американских толкачей превышают принятые для озерных толкачей-буксиров отечественной постройки на 35—60%.

Для подбора значений толщины наружной обшивки, палубы и продольных связей, суммарная площадь сечения которых обеспечила бы общую продольную прочность буксиров и толкачей, приводится табл. 27, заимствованная из «Правил постройки стальных судов внутреннего плавания» (часть II). Надстройки и рубки в этом случае в состав эквивалентного бруса не включаются.

Размеры штевей, толщин непроницаемых переборок также могут быть набраны по таблицам Правил, а других элементов корпуса — по имеющимся в Правилах формулам минимальных моментов сопротивления в зависимости от их взаиморасположения и действующих нагрузок, регламентированных классом судна.

Величины расчетных нагрузок в носовой оконечности от ударов волн, расчетных нагрузок на наружную обшивку, днище, борта, непроницаемые переборки задаются Правилами в виде условных гидравлических нагрузок в зависимости от осадки судна.

От некоторых типов буксирных судов внутреннего плавания требуется выполнение функции ледоколов, обеспечивающих поддержание свободного ото льда русла на участках рек, в затолах, бьефах, при слипах и т. п. Методы оценки ледопроеходимости судов и действующих на корпус

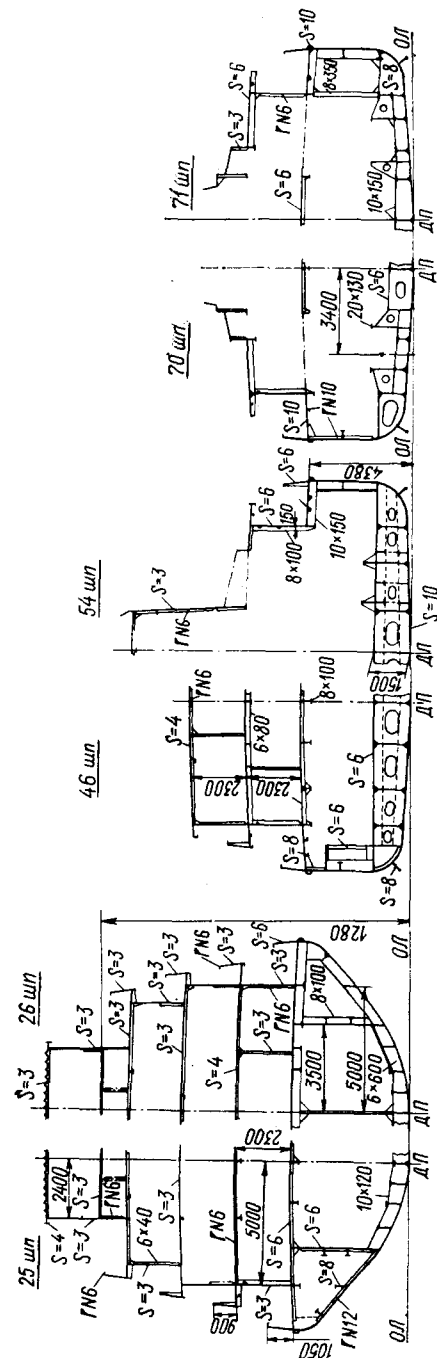


Рис. 64. Конструктивные сечения корпуса толкача Маришал Блюхер.

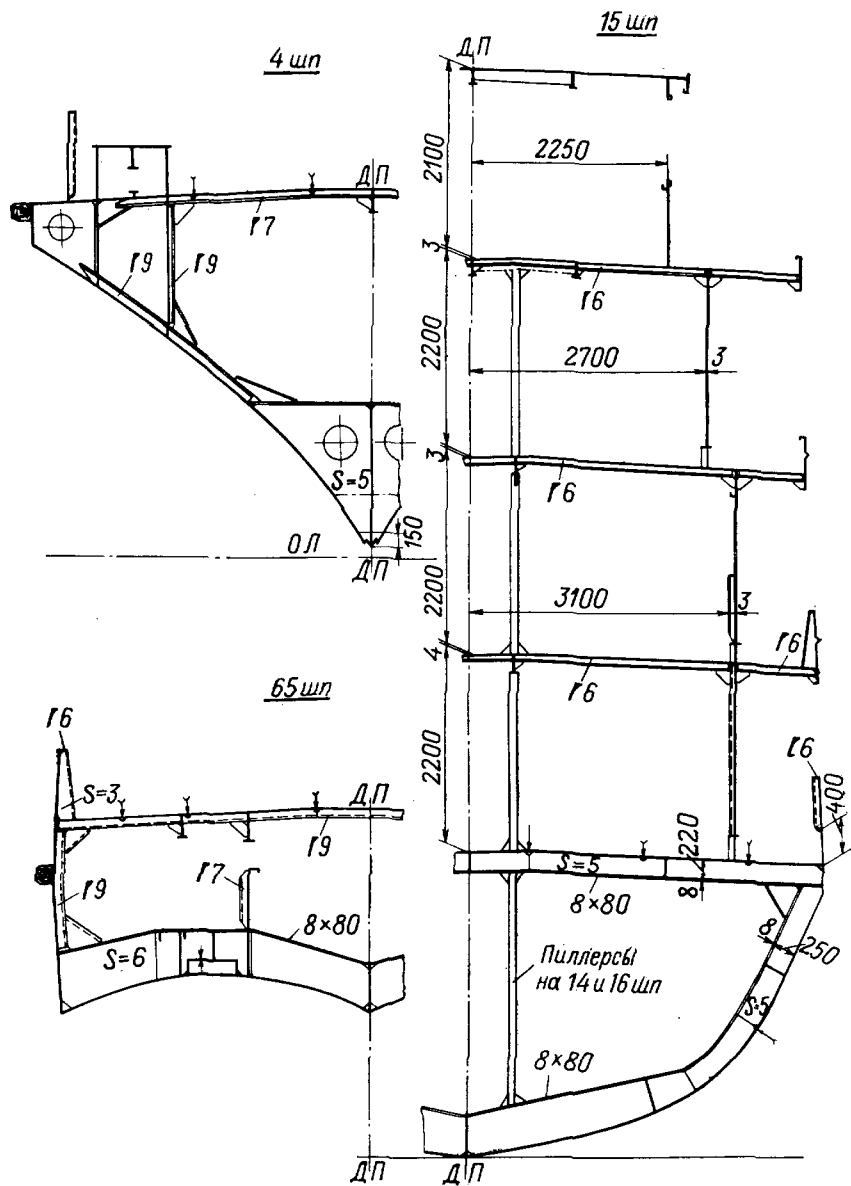


Рис. 65. Конструктивные сечения корпуса толкача-буксира ОТА-852.

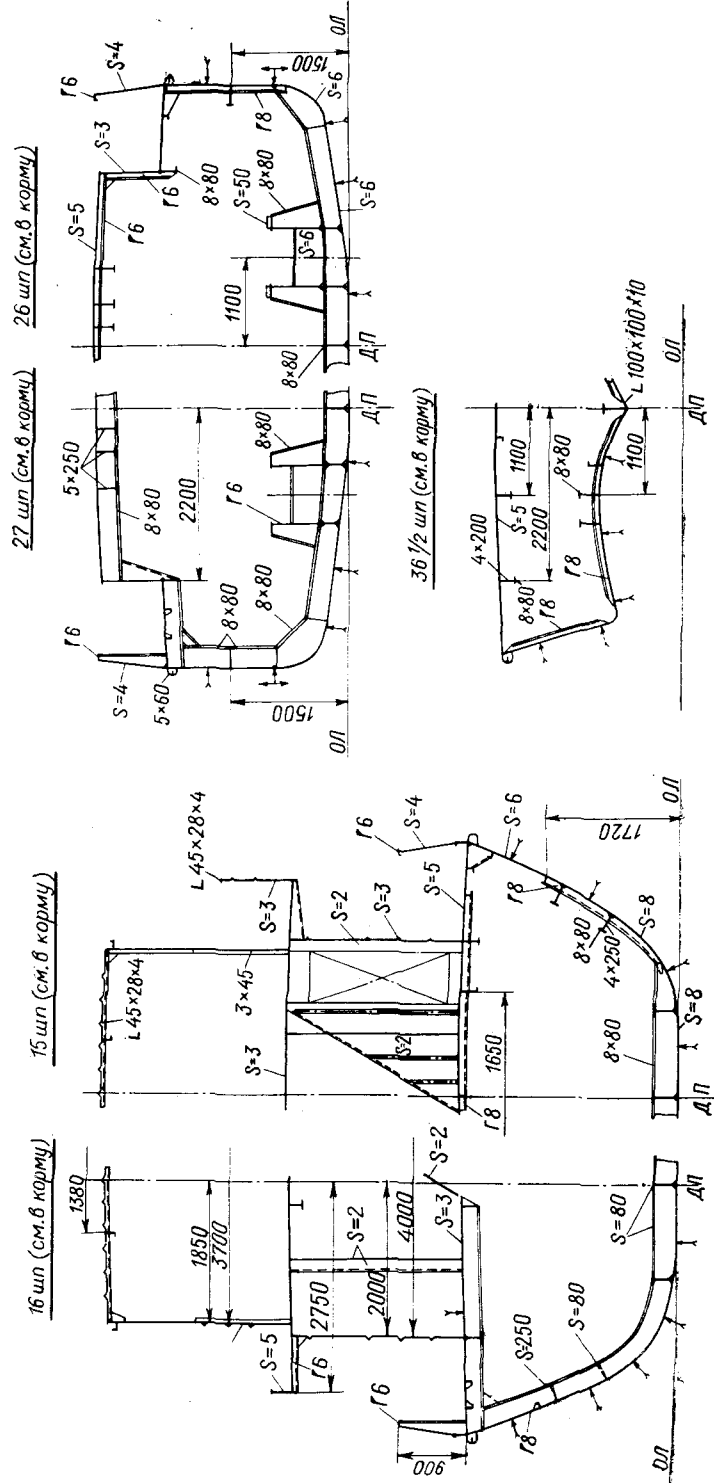


Рис. 66. Конструктивный мидель-шпангоут реисового буксира ледокольного типа мощностью 300 л. с.

Размеры элементов эквивалентного бруса толкачей и буксиров с поперечной системой набора в зависимости от класса, длины и высоты борта судна

Длина судна L , м	Высота борта H , м	Днищевой пояс			Палубный пояс	
		толщина обшивки днища, мм	число кильсонов	суммарная площадь сечения кильсонов — стенки и пояски, см ²	толщина настила палубы, мм	суммарная площадь сечения всех продольных связей настила, см ²
Суда класса «М»						
20	2,0	5	1	20	5	160
30	2,5	5,5	3	80	5	220
40	3,1	6	3	100	6	310
50	3,8	7	3	115	6	390
Суда класса «О»						
20	1,7	4	1	15	4	120
30	2,2	4,5	3	65	4,5	190
40	2,8	5	3	80	5	260
50	3,4	6	3	100	5	320
Суда класса «Р»						
20	1,6	3,5	1	15	4	110
30	2,0	4	3	60	4	170
40	2,5	4,5	3	75	4	230
50	3,1	5	3	90	4,5	280
Суда класса «Л»						
20	1,4	3	1	10	3,5	100
30	1,8	3	3	40	3,5	140
40	2,2	3,5	3	60	4	190

Примечания: 1. Если действительная высота борта судна равна 80% табличной высоты или менее, то общая табличная площадь сечения днищевой и палубного поясов эквивалентного бруса должна быть увеличена пропорционально отношению табличной к действительной высоте борта.
2. Площадь сечения брускового кия может быть засчитана в площадь сечения кильсонов.

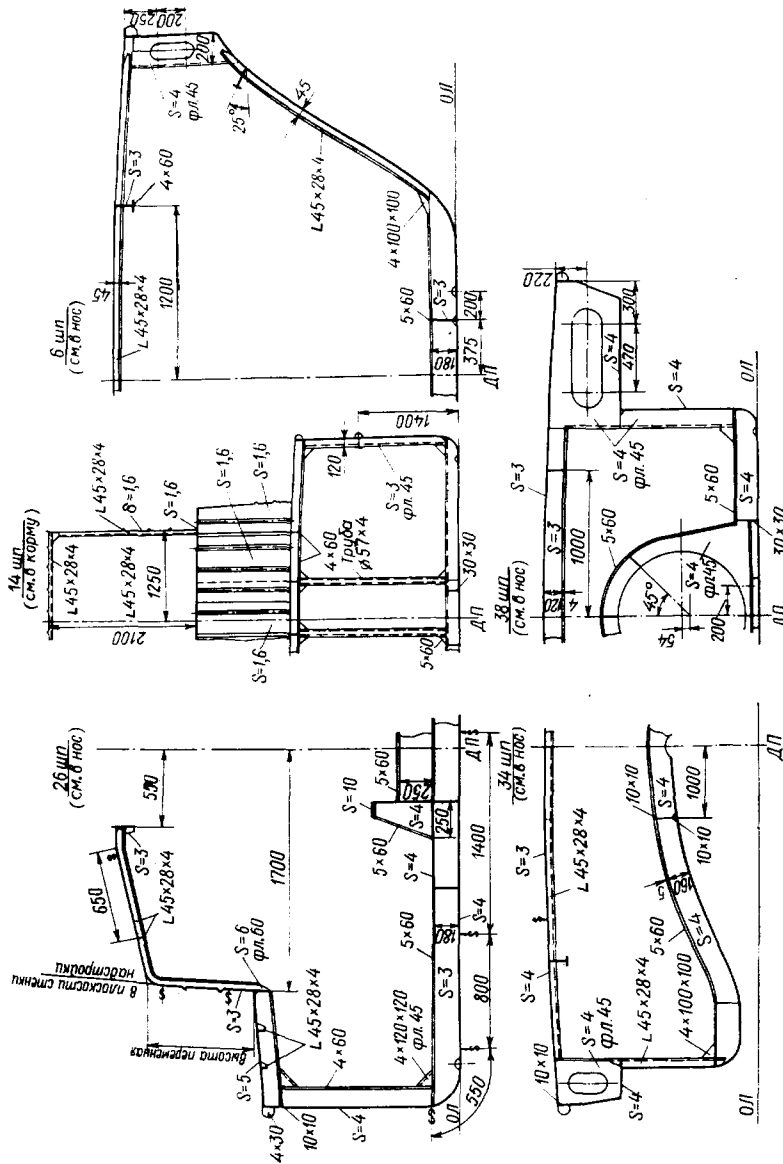


Рис. 67. Конструктивные сечения корпуса толкача-буксира мощностью 150 л. с.

ледовых нагрузок в зависимости от формы корпуса и мощности даются в работах [27, 61, 69]. Иногда оценку выбираемых конструкций производят в результате сравнительных расчетов по прототипу, пользуясь методом предельных нагрузок. В случае необходимости работы в битом льду предусматриваются подкрепления в соответствии с Правилами.

Носовые упорные конструкции с целью некоторой амортизации ударов раньше выполнялись с деревянной или резиновой облицовкой. Однако опыт работы буксиров, которые оборудовались для толкания, показал, что работоспособными являются только стальные конструкции (рис. 68). Поэтому как в нашей стране, так и за рубежом упоры для толкания выполняются из стальных листов, причем передняя — упорная поверхность из листов значительной

толщины. Последнее необходимо для толкачей и толкачей-буксиров всех классов, поскольку передние — контактные поверхности упоров и особенно их части, прилегающие к наружным (от ДП) кромкам упоров в процессе движения толкача с составом из-за наличия зазоров в сцепном устройстве воспринимают высокие динамические нагрузки. Методы определения усилий, действующих на упоры, приведены в работе [57].

Носовые упоры толкачей должны надежно соединяться с корпусом. Кроме упомянутых выше продольных переборок, нижние и верхние части упоров (см. рис. 68) должны иметь соответствующие опоры в виде коробчатых призматических конструкций.

Носовая оконечность толкачей и толкачей-буксиров предусматривается с мощными подкреплениями и увеличенными значениями толщины палубы для восприятия усилий от автосцепов, тросоукорачивающих устройств и т. п.

Как уже упоминалось, кормовая оконечность корпусов всех толкачей и особенно толкачей, имеющих относительно малую осадку при значительной мощности, обладает весьма ограниченной плавучестью. Поэтому, проектируя корпус, следует учитывать необходимость создания прочных конструкций в продольном направлении. Это необходимо и для уменьшения вибрации кормовой оконечности.

С целью увеличения прочности кормовой оконечности предусматривают седловатость, которая по соображениям технологичности может быть образована по прямой линии, или чаще полуют. Сопряжение палуб в этом случае осуществляется либо посредством наклонного пандуса или перекрытия палуб с перепуском главной палубы в корму на 2—3 шпации и установкой между ними прочных продольных связей. На отечественных толкачах мощностью 4000 л. с. с той же целью доведен до габорта первый ярус надстройки.

Ниши для размещения носовых и кормовых якорей должны иметь усиленные подкрепления, увеличенную толщину в местах трения цепи и касания штока, а также лап якоря при входе его в клюз и размещении в нише. Форма ниш и наклон клюзовых труб должны обеспечивать удобный вход якоря в клюз и укладку

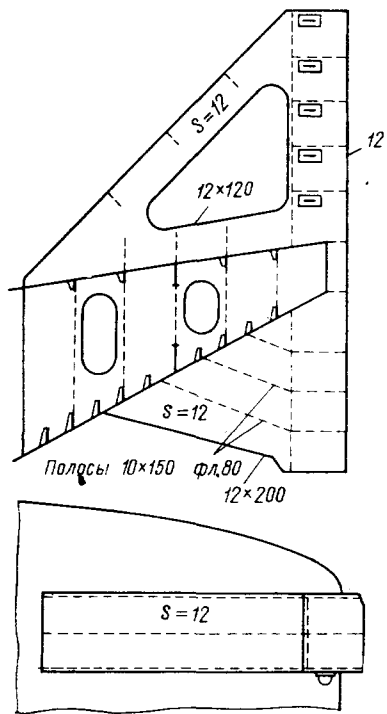


Рис. 68. Конструкция упоров для толкания толкача мощностью 800 л. с.

в нише из любого положения, какое может принять якорь при подъеме.

Для предотвращения вибрации в районе машинного отделения и движителей днище часто имеет специальные подкрепления.

Основным материалом корпуса и надстроек служит листовая и профильная углеродистая сталь.

Стенки надстроек и выгородки делают из листов толщиной: I ярус — 4 и 3 мм, II и III ярус — 3 и 2 мм.

Конструкции надстроек, а также внутренних переборок и выгородок корпуса часто выполняют безнаборными — из листов с вертикальными гофрами. Последние по сравнению с конструкциями, имеющими горизонтальные гофры, дают возможность: получить равнопрочную (в отношении местной прочности), но примерно на 10% более легкую конструкцию; не ставить приварных стоек жесткости, которые необходимы при горизонтальном расположении гофров.

Горизонтальное расположение гофров для наружных стенок надстройки I яруса целесообразно только в случае, когда прочность корпуса не обеспечена и требуется включить в общий изгиб надстройку, или по архитектурным соображениям.

На отечественных толкачах-буксирах стенки надстроек ходовых рубок выполняют иногда из легкого сплава.

Носовые и кормовые окна ходовых рубок делают с наклоном наружу. Наклон передней стенки ходовой рубки в районе расположения окон или всей стенки следует предусматривать от 19 до 27° (табл. 28), в зависимости от того, как далеко от нее стоит судоводитель. Возможное положение судоводителя и наклон окон показаны на рис. 69, где дан продольный разрез типовой ходовой рубки минимальных размеров. Принято, что средняя высота положения глаз человека — 1650 мм от палубы, высота рубки не более 2200 мм, а длина — около 3300 мм.

Таблица 28

Значения углов наклона передних и задних окон рубки в зависимости от местоположения рулевого

Отстояние глаз рулевого (см. рис. 69) от вертикальной стенки рубки, мм		Наибольший возможный угол падения луча со стороны носа с горизонтом (град) для		Углы наклона окон рубки, град	
передней b_n	задней b_k	b_n	b_k	передних α	задних β
550	2500	10	12	29	14
650	1900	10	13	24	19
800	—	10	—	22	—

Примечания: 1. Отстояние глаз рулевого от палубы равно 1650 мм.
2. Углы α и β зависят от высоты нижней кромки носовых и кормовых окон от палубы и длины рубки. Значения α даны с запасом в 4—5°, а значения β — с запасом 2—3° для наихудшего случая.

Величина наклона окон задних стенок рубки должна быть меньше чем передних, так как судоводитель находится от них значительно дальше, чем от передних (см. табл. 28). Величины углов наклона передних и задних окон при других размерах рубок могут

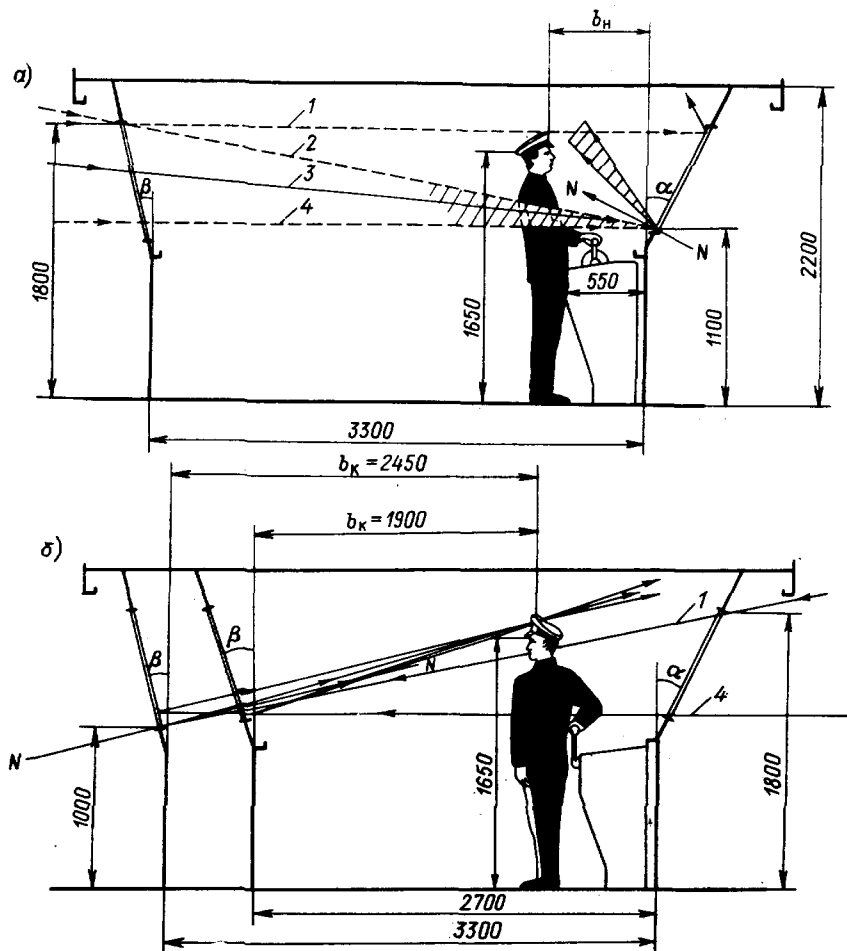


Рис. 69. Схема взаимного расположения судоводителя, передней (а) и задней (б) стенки и углов наклона окон рулевой рубки.

1 — верхний луч; 2 — луч, падающий с высоты 80 м на расстояние 400 м; 3 — луч, падающий с высоты 100 м на расстояние 1 км; 4 — нижний луч.

быть легко получены в результате геометрического построения по типу рис. 69. Осевым смещением лучей при проходе стекол ввиду их малой толщины (3—4 мм) можно пренебречь.

Для уменьшения вибрации рубки подкрепляют переборками или пиллерсами, располагаемыми по одной вертикали от днищевого набора до верхней подкрепляемой палубы рубки (см. рис. 65), и вертикальными кницами, которые устанавливают у задней

стенки рубок в виде продолжения боковых стенок. Иногда требуются дополнительные кницы, привариваемые в плоскостях продольного набора крыши рубок. Высота таких книц равна межпалубному пространству. Длина у основания — 2—3 шпации.

С целью снижения вибрации и исключения передачи структурного шума в жилые помещения и ходовую рубку на толкаче-буксире *Франц Ханиель 12* рубка первого яруса была установлена на амортизаторы (рис. 70).

Длина буксира 32 м, ширина 11,4 м, водоизмещение 375 т. Буксир имеет два двигателя мощностью по 1250 л. с. при 1500 об/мин, работающих на гребные винты через редукторы. Частота вращения винтов 275 об/мин. Главные и вспомогательные двигатели,

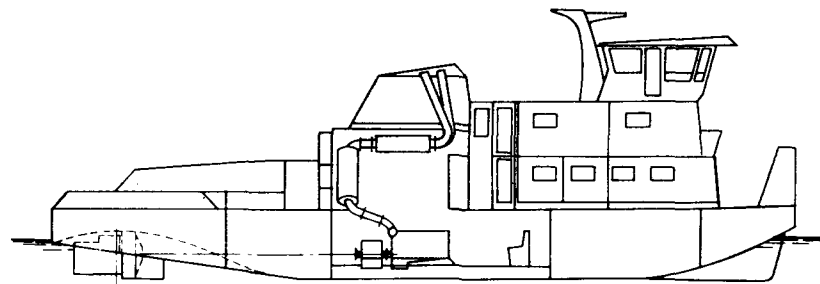


Рис. 70. Конструктивная схема толкача мощностью 2500 л. с. с надстройкой, установленной на амортизаторах.

вентиляторы машинного отделения размещены на амортизированных фундаментах.

Рубка весом 82 т установлена на 20 стальных пружинах, расположенных под ее боковыми стенками. Конструкция крепления пружин допускает их замену без смещения рубки. Регулируемые и взаимозаменяемые резиновые амортизаторы фиксируют положение рубки при воздействии на нее внешних сил (см. рис. 70). Теплозвукоизоляция жилых помещений крепится на резиновых и металлических элементах. Окна из толстого стекла также закреплены резиновой окантовкой. Все трубопроводы и каналы, подходящие к рубке, выполнены из гибкого, эластичного материала. Предусмотрены глушители шума и звукоизоляция выхлопных и вентиляционных трубопроводов.

Благодаря указанным мерам, по данным фирмы [78], уровень шума в помещениях рубки над машинным отделением на полном ходу судна с вентиляционной системой, работающей на полную мощность, составил 50—52 дБ, а во втором ярусе — 46 дБ. Разница в уровне шума под рубкой, покоящейся на стальных пружинах, и в машинном отделении составила 26—29 дБ. Частотные измерения показали, что с применением резиновых амортизирующих опор, повышающих частоту, снижается степень изоляции в результате увеличения динамической жесткости. Это не наблюдается в случае применения стальных амортизирующих конструкций.

Каждое буксирное судно имеет присущие ему судовые устройства, которые подразделяют на основные и вспомогательные.

Основные судовые устройства буксирных судов обеспечивают безопасность их плавания, спасение людей на воде и включают рулевое, якорное, швартовное, буксирное, сцепное, мачтовое и спасательное устройства. Вспомогательные устройства, предназначенные для обеспечения безопасной работы и удобств отдыха на палубе, приема (выдачи) на борт судна вспомогательных материалов, запасных частей, имеют в своем составе леерное, тентовое, грузовое и другие устройства. Выход из строя любого из этих устройств приводит к нарушению нормальной работы судна. Во всех случаях комплектация судовых устройств и их размещение на судне должны удовлетворять требованиям Регистра и техники безопасности.

§ 16. Якорные устройства

Якорное устройство (рис. 71 и 72) характеризуется количеством и весом якорей, а также количеством и типом якорных механизмов. Количество и вес якорей, калибр и длина якорных канатов определяются Правилами Регистра СССР для морских буксирных судов и Правилами Речного Регистра РСФСР для буксиров и толкачей внутреннего плавания в зависимости от якорной характеристики. В качестве носовых и кормовых якорей используют нормальные якоря типа Холла. Иногда для низкобортных судов применяют якоря Холла с укороченным веретеном. Якоря других типов используют реже. Хранят якоря во втяжных якорных клюзах. На буксирных судах, часто швартующихся к другим судам, необходимо предусматривать ниши для якорей такой глубины, чтобы якоря не выступали за обводы корпуса.

В качестве якорных канатов, независимо от района плавания буксирных судов, используют, как правило, электросварные цепи с распорками и без распорок нормальной прочности (из стали с пределом прочности 37—45 кгс/мм²), калибром 15 мм и выше, выполненные согласно существующим стандартам.

На морских буксирах для якорного каната каждого станowego якоря в соответствии с требованиями Регистра СССР предусматривают стопор, обеспечивающий удержание якоря в клюзе по-походному и предназначенный, кроме того, для стоянки судна на якоре. С целью удержания якоря в клюзе по-походному широко применяли цепной стопор, который по традиции нередко сохраняют и на вновь строящихся судах. На современных судах для крепле-

ния якоря по-походному предусматривают вспомогательный фрикционный стопор. Он служит также для удержания цепи при ее очистке, окраске, замене соединительных звеньев и др. Стоянка судна на якоре обеспечивается якорным механизмом; тормоз его в системе якорного устройства является основным стопором цепного якорного каната.

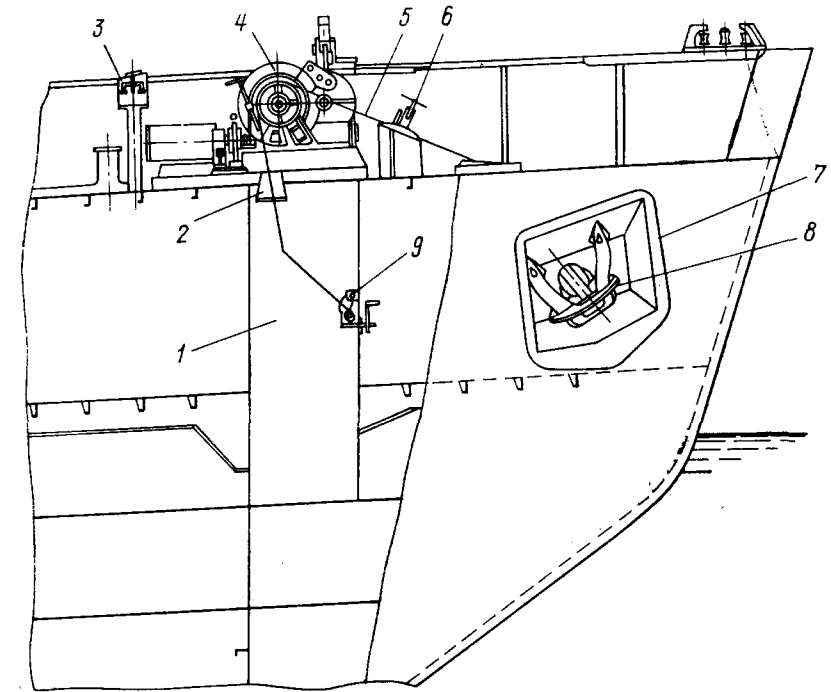


Рис. 71. Носовое якорное устройство буксирного судна.
1 — канатный (цепной) ящик; 2 — цепная труба; 3 — контроллер; 4 — брашпиль; 5 — якорный канат; 6 — винтовой стопор; 7 — ниша; 8 — якорь Холла; 9 — привод отдачи коренного конца цепи.

На буксирных судах и толкачах внутреннего плавания на якорном канате каждого станowego якоря, за исключением случаев дистанционной отдачи якорей, предусматривают не менее двух стопоров, предназначенных соответственно для стоянки на якоре и для временного закрепления цепи. В качестве первого используют тормоз якорного механизма, а для второго — вспомогательный винтовой фрикционный стопор. С целью крепления якорного каната при стоянке на якоре иногда используют специальный цепной стопор, равнопрочный цепи якорного каната. Недостатком таких стопоров является жесткое крепление якорного каната, не допускающее его проскальзывания. Тормоз якорного механизма этого недостатка не имеет — он допускает при приложении к канату динамических усилий проскальзывание диска тормоза, а следовательно, и некоторое травление якорного каната.

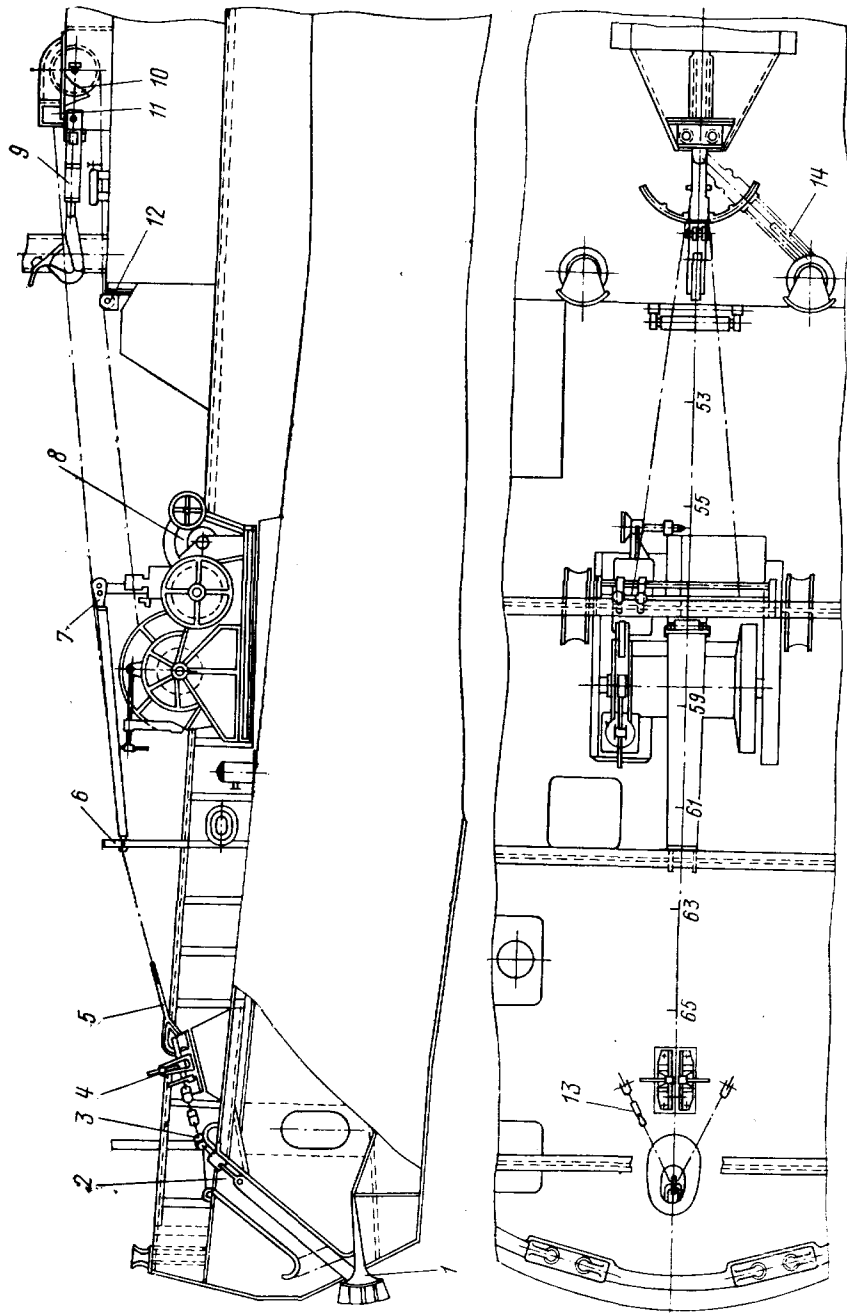


Рис. 72. Кормовое якорное и буксирное устройство толкача-буксира мощностью 800 л. с.
 1 — якорь с поворотными лапами и укороченным веретеном; 2 — якорный клюз; 3 — короткая смывка цепи якорного каната;
 4 — винтовой стопор; 5 — буксирный канат, используемый в качестве якорного; 6 и 7 — направляющие ролики; 8 — буксир-
 ная лебедка; 9 — буксирный гак; 10, 11, 12 — направляющие ролики буксирного гака; 13 — цепной стопор для крепления
 якоря по-походному; 14 — положение буксирного гака, закрытого по-походному.

На морских буксирах, если стопор предназначен исключительно для удержания якоря в клюзе по-походному, его детали рассчитывают на усилие, равное удвоенному весу якоря; цепь или трос, входящие в состав стопора, должны иметь пятикратный запас прочности. Если стопор предназначен для стоянки судна на якоре, то его детали рассчитывают на усилие, равное 0,77 разрывной нагрузки якорного каната. В этом случае цепь или трос, входящие в состав стопора, должны быть равнопрочны якорному канату.

На судах внутреннего плавания Речным Регистром РСФСР регламентировано усилие, на которое необходимо рассчитывать стопоры, предназначенные для удержания якорного каната при стоянке на якоре. Это усилие должно быть равно разрывному усилению якорного каната.

Втяжные якорные клюзы из труб или сварной конструкции имеют бортовую и палубную обделку литые, кованные или сварные. Палубная обделка предназначена для направления якорного каната при его перемещении. Рабочей частью палубной обделки служит только та, которая обращена к якорному механизму; противоположная ее часть в работе не участвует и является излишней. Вследствие этого палубную обделку якорного клюза стали делать только на половине периметра трубы клюза, обращенной к якорному механизму. При подъеме якоря якорный канат проходит по палубной обделке и, прижимаясь к ней, создает трение, которое по величине тем больше, чем круче положение трубы клюза. С целью снижения усилий, затрачиваемых на преодоление трения якорного каната по обделке и трубе клюза, часто устанавливают на палубе или в трубе клюза ролик, направляющий якорный канат при его движении.

Для хранения цепного якорного каната на современных судах предусматривают цилиндрические цепные ящики, внутренняя поверхность которых не отделана деревом. Такие ящики обеспечивают самоукладку цепи.

Внутренний диаметр ящика должен быть 30—35 d , а в отдельных случаях на низкорботных судах (толкачах) — 40 d , где d — калибр цепи якорного каната.

В соответствии с требованиями Речного Регистра РСФСР, толкачи и толкачи-буксиры класса «О» должны снабжаться усиленным кормовым якорным устройством (см. рис. 72), способным обеспечить якорную стоянку толкача с составом, соответствующим его мощности, что является особенностью якорного устройства толкачей.

В качестве якорного механизма буксирных судов принимают: для обслуживания носовых якорей — брашпили и шпилы, а кормовых — буксирные лебедки и шпилы. На судах длиной более 30 м должно предусматриваться в соответствии с требованиями Речного Регистра РСФСР дистанционное управление отдачей одного носового и кормового якорей из рулевой рубки. В этом случае якорные механизмы должны иметь указатели длины якорного каната, выведенного за борт.

Основные характеристики судовых

Основные характеристики		Ненец	Аполлон	Горец	Стремительный	БК-1200	
Главные размерения $L \times B \times H \times T_{ср}$, м		32,7×8,8×4,5×3,7	42,6×9,5×4,7×4,0	42,6×9,7×4,7×3,7	42×9,8×5×3,85	28,2×8,3×4,3×3,0	
Мощность главного двигателя, л. с.		1×1600	1×800	1×800	2×600	2×600	
Скорость, уз		10,4	11,4	11,0	12,0	12,4	
Экипаж, чел.		33	32	30	26	24	
Якорное устройство	Якорный механизм	Тип Мощность, кВт Скорость подъема якоря, м/мин	БПР 25 л. с. 2,0	БПР 39 л. с. 12,3	БПР 39 л. с. 12/8	БЭР 13 12	БЭР 5 13,8
	Якоря и якорные канаты	Тип Количество и масса якорей, кг Калибр цепи, мм Длина цепи, м	2×394 25 2×151	2×627 28,5 2×200	1×750 1×785 31 2×225	2×869 31 2×200	Хол 2×250 22 2×100
Швартовное устройство	Швартовый механизм	Тип Мощность, кВт	Нет Нет		ШЭР 13,0	Нет Нет	
	Количество швартовых канатов	швартовых канатов	4	4	4	4	4
Буксирное устройство	Буксирная лебедка	Тип Мощность, кВт Тяговое усилие, тс	БПЛ 50 л. с. 6,0	БПАЛ 83 л. с. 13,0	БПАЛ 133 л. с. 13,0	Нет Нет На гаке 7,5	Нет Нет На гаке 16,9
	Буксирный канат	Диаметр, мм Длина, м	31 500	43 500	43 300	39,0 300	47,5 500
	Количество канатов	буксирных канатов	2	4	1	2	2
Рулевое устройство	Рулевая машина	Тип Крутящий момент, тм	РП 16,0	РП 12,4	РП 14,0	РП 13,0	РЭРЗ-8 4,7
		Мощность привода, кВт рабочего резервного	20 л. с.	15,0 л. с.	14 л. с.	14 л. с.	8,0 Руч
Спасательное устройство	Рулевой орган	Количество Тип руля	1 Простой не балансирующий	1 Простой не балансирующий	1 Обтекаемый не балансирующий	1 Простой не балансирующий	2 Поворотные насадки
		Спасательные гребные шлюпки, количество и вместимость, чел. Спасательные плоты, количество и вместимость, чел. Нагрудники (жилеты), шт. Шлюпбалки	2×20 33 Кранбалки	2×30 32 Заваливающиеся	2×32 Нет 33	2×20 2×ПСН6 33 Кранбалки	Нет 2×ПСН6 26 Нет

Примечание: БПР — брашпиль паро-ручной; БЭР — брашпиль электроручной;

устройств морских буксирных судов

	Бога-тырь	Кутузов	Храбрый	Циклон	Бурун	Аян	Гвардеец	Каспиец	Бело-морец
	43,5×10,2×3,25×2,35×2,600	42×8×3,5×2,11×2,600	41×9,47×4,4×3,34×2,9×1×600	24,7×7×3,17×2,9×1×600	24,8×7,2×3,35×2,65×1×575	29,4×7,6×3,92×3,1×2,98×1×500	28,5×6,8×3,92×3,1×2×500	32×7,8×3,5×2,62×1×500	26,3×6,5×4,14×2,97×1×450
	БЭР 11,0 12	БЭР 9,3 12/8	БЭР 18 8/12	БЭР 3,6 12	БПР 17,2 15	БПР 12 л. с. 12/9	БЭР 4,3 8,5	БЭР 11 12	БПР 12 л. с. 12,9
ла	2×460 24 2×75	2×450 22 2×125	2×800 31 2×200	2×250 19 2×100	2×200 25 2×75	2×250 22 2×250	2×350 22 2×100	1×400 1×450 28 2×275	2×180 22 1-105 1-100
	8,5	9,3	ШЭР 12	6,6			Нет Нет		
	6	6	6	4	2	4	6	4	4
	БЭАЛ 28,5 5,5	БЭЛ 22,4 3,0	БЭАЛ 30 12,0	Нет Нет На гаке 6,0	Нет Нет На гаке 5,0	БПЛ 32 л. с. 5,0	Нет Нет На гаке 6-8,0	БЭЛ 29 4,5	Нет Нет На гаке 4,0
	39 500	39 250	39 350	43 300	28 50	30 250	39 350	43 300	28 100
	2	2	2	2	1	4	2	2	1
	РЭР 13,0	РЭР 14,0	РЭР 2,2	РЭР 15,0	РПР 13,0	РПР-1 10,2	РЭР 12,4	РЭР 9,0	РПР 8,0
	6,95 ной	12,0	1,35	22,0	16,0 л. с.	12 л. с.	2,66	3,76	14,0 л. с.
	1 Простой не балансирующий	1 Обтекаемый балансирующий	1 Полубалансирующий	1 Простой не балансирующий	1 Простой не балансирующий	1 Обтекаемый не балансирующий	1	1 Простой балансирующий	
	Нет	2×16	2×30	Нет	Нет	2×12	1×12	2×13	Нет
	Нет	2×6	Нет	1×ПСН10 19	Нет	1×12	Нет	2×ПСН6 12	Нет
	32 Нет	29 Заваливающиеся	30	Нет	26	30 Заваливающиеся	11 Поворотные	27	Нет

БР — брашпиль ручной; ШР — шпиль ручной; ШЭР — шпиль электроручной.

Основные характеристики судовых устройств

Основные характеристики		Пурга	БК-401	Волгарь-Доброволец	Профинтерн	Байкал	
Главные размеры $L \times B \times H \times T_{ср}$, м		30×6,92×4,1×3,68	25,6×6,77×3,0×2,55	54,1×8,58×3,05×1,70	40×6,7×3,1×1,6	18×3,88×2,1×1,45	
	Мощность главного двигателя, л. с.	1×450	1×400	2×400	2×380	1×300	
Скорость, уз		8,5	10,39	10,0	10,0	10,0	
Экипаж, чел.		25	12	28	29	9	
Якорное устройство	Якорный механизм	Тип Мощность, кВт	БПР 14 л. с.	БЭР 2,8	БЭР 25	БЭР 5	БЭР 1,2
	Якоря и якорные канаты	Тип Количество и вес якорей, кг Калибр цепи, мм Длина цепи, м	2×300 25 2×125	2×250 19 2×225	2×400 22 2×125	2×400 25 2×100	Хол 2×75 16 1×100 1×75
Швартовное устройство	Швартовый механизм	Тип Мощность, кВт	Нет Нет	ШЭР 9,3	ШЭР 5,1	Нет Нет	
	Количество швартовых канатов		4	4	4	2	
Буксирное устройство	Буксирная лебедка	Тип Мощность, кВт Тяговое усилие, тс	БПЛ 15 л. с. 3	БЭАЛ 16 5	БЭЛ 24,5 7,0	Нет Нет На гаке 6,3	БЭЛ 12 1,1
	Буксирный канат	Диаметр, мм Длина, м	34 300	24 300	39 300	32 300	22 250
	Количество кнехтов		1	1	1	2	1
Рулевое устройство	Рулевая машина	Тип	РПР	РР	РЭР	РЭР	РР
		Мощность привода, кВт рабочего резервного	13 л. с.	Ручной	6,5	3,3	Руч
	Рулевой орган	Количество Тип руля	1 Не балансирующий	1 Балансирный	1 Полубалансирный	1 Простой полубалансирный	1 Простой полубалансирный
Спасательное устройство	Спасательные гребные шлюпки, количество и вместимость, чел.	2×12	1×12	2×16	2×13	Нет	
	Спасательные плоты, количество и вместимость, чел.	Нет	2×8	Нет	Нет	Два	
	Нагрудники (жилеты), шт.	25	15	28	29	9	
	Шлюпбалки	Поворотные		Заваливающиеся	Поворотные	Нет	

рейдовых и портовых буксирных судов

	БК-262	БК-601	Космос	Еватория	Минин	Прибой	РТБ-1	Спутник
	17×4,8×2,5×1,86	23×7,2×2,95×1,78	26×7×3,5×2,72	37,5×8,5×3,5×2,44	17,6×4,3×2,2×1,48	13,9×3,8×2,60×1,58	13,2×3,68×2,30×1,40	16×4,7×2×1,1
	1×300	2×300	2×300	2×250	1×150	2×150	2×150	2×150
	8,0 8	9,6 23	10,5 27	8,0 29	10,0 11	9,0 9	9,5 4	9,0 8
	ШР Ручной	ШЭР 17-1 4,3	БЭР 6,5	БПР 20 л. с.	БЭР 2,8	БР	БР Ручной	БР
	Ла 2×150 15 2×100	2×150 17 1×50 1×75	2×300 22 1×150 1—125	2×300 22 2×150	2×100 17 2×75	1—50 1—75 15 2×75	1×150 15 1×75	2×100 17 2×75
	Нет Нет	ШЭР17-1 4,3	Нет Нет	ШЭР 2,8	Нет Нет	Нет Нет	Нет Нет	
	4	4	4	6	4	4	1	4
	На гаке 2,0	Нет Нет На гаке 6,0	На гаке 5,9	БПАЛ 45 л. с. 5—7	Нет Нет Нет	Две БРЛ Привод ручной 3,1	На гаке 3,15	Нет Нет На гаке 2,5
	26 150	22 70	28 50	32 300	28 350	22 150	— 100	19,5 100
	1	2	2	2	2	2	1	1
	РР7	РР	РЭР	РПР	РР	РР	РР	РР
	Ручной		2,2	Ручной				
	1 Простой	1 Балансирный	2 Не балансирующий	1 Балансирный	1 Полубалансирный	1 Эрца	1 Полубалансирный	1 Не балансирный
	Нет	Нет	1×8	2×20	Нет	Нет	1×10	1×14
	8	10	15	17	Нет	11	6	8

Основные характеристики судовых

Устрой-ства	Основные характеристики		Номера				
			947	415	1101		
Рулевые	Орган управления судном		Насадки поворотные со стабилизатором	Рули переднего и заднего хода			
	Количество		2	2 + 2	4 + 4		
	Рулевой привод	основной резервный	Р15 Гидравлический ручной	РЭР Ручной	РЭР Электрический		
Якорное	Носовое	Якорь	Тип Масса, кг	Нет Нет	450 × 2	450 × 2	
		Цепь	Длина, мм Калибр, м	Нет Нет	100 × 2 25	200 × 2 25	
		Механизм		Нет	БЭР	БЭР	
	Кормовое	Якорь	Тип Масса, кг	2500 × 2	1250	1250	
		Цепь	Калибр, мм Длина, м	46 150 × 2	37 100	37 100	
		Механизм		ШЭР16-4 ШЭР16-5	БР	БЭР	
Буксирное	Гак	Тип Тяговое усилие, тс	— —	14,0	15,0	Откидной	
	Лебедка	Тип Тяговое усилие, тс	ГЛС-5 30 5 15	Электрическая двухбарабанная 0,5 × 2			
	Канат буксирный	Диаметр, мм Длина, м	30 300	47,5 200	47,5 250		
Сцепное	Диаметр вожжевого каната, мм		28,5	Нет	Нет		
	Автосцеп. Натяжное приспособление, упоры		О-200	Нет	Двухупорный		
	Гаки бортовые		Есть	Нет	Нет		

устройств толкачей и толкачей-буксиров

проектов					
7496	749	758АМ	758	Р45	887
Насадки поворотные со стабилизатором			Насадки поворотные		
2	2	2	2	2	2
РЭР7,5-3		Ручной	РЭР3-1		РЭР Ручной
400 × 2		Холла	350 × 2		350 × 2
100 × 2	100 × 2	100 × 2	100 × 2	300 × 2	Матросова 100 × 2
22	22	22	22	75 ± 50 19	50 ± 75 17
БЭР 7-4	БЭР 7-4	БЭР 7-4	БЭР 7-4	БЭР1	БЭР1
1250		Холла	1000		1000
34	34	Канат стальной 39		39	Канат стальной 21 200
100	100	300	300	300	
ШЭР5 1-2		ШЭР5 1-2		Буксирная лебедка	
с пружинным амортизатором				Нет	Откидной с пружин- ным аморти- затором 8,0
12,0	12,0	8,0	8,0	Нет	
Буксирная лебедка- вьюшка		Буксирная лебедка-вьюшка			
9,0	9,0	5,9	5,9	3,9	3,9
39 300	39 300	39 300	39 300	39 300	39 300
60,5	60,5	47,5	47,5	Нет	47,5
тросовый сцеп		О-150 или УДР-100	Двухупорный тросовый сцеп	Р100М или УДР-100	Двухупорный тросовый сцеп
Откидные		Откидные		Нет	

Устрой-ства	Основные характеристики		Номера			
			795	1587	908	
Рулевые	Орган управления судном		Насадки поворотные	Насадки поворотные со стабилизатором		
	Количество		2	2	2	
	Рулевой привод	основной резервный	РР Ручной	РЭГ Ручной гидравлический	РЭРЗ-1 Ручной	
Якорное	Носовое	Якорь	Тип Масса, кг	250 + 200	Холла 200 × 2	200 + 300
		Цепь	Длина, мм Калибр, м	50 × 2 22	75 × 2 17	100 + 75 17
		Механизм		БЭР1	БЭР0	БЭР1
	Кормовое	Якорь	Тип Масса, кг	Матросова 250	300	800 Хол
		Цепь	Калибр, мм	28	19	Канат стальной 28 75
			Длина, м	50	75	
Механизм		БЭР	Буксирная лебедка			
Буксирное	Гак	Тип Тяговое усилие, тс	Откидной с пружинным амор			
	8,0	8,0	8,0			
	Лебедка	Тип Тяговое усилие, тс	Буксирная вьюшка		Бук	
1,5	1,5	1,5				
Канат буксирный	Диаметр, мм Длина, м	28,5 100	28,0 220	22,5 200		
Сцепное	Диаметр вожжевого каната, мм		39			
	Автосцеп. Натяжное приспособление, упоры		Двухупорный тросовый сцеп		Упоры	
Гаки бортовые		Нет		От		

проектов						
9116	911г	809	418А	679	878	
Насадки поворотные и рули балансирные		Насадки поворотные			Заслонка	
2 + 2	2 + 2	2	1	1	2	
РЭГ Ручной гидравлический	РЭГ Ручной	РР	РР Ручной	РР	РР	
Матросова 125 × 2		125 × 2	150 + 100	100 × 2 Холла	75	100
75 + 50 15	75 + 50 15	50 + 35 13	50 × 2 13	45 11	50 13	
БЭР0	БЭР0	БЭРАП	РЯШК-13	РЯШК-11	РЯШК-13	
ла 200	Матросова 200	Якорь не предусмотрен				
22	22					
75	200					
РШК-500	Буксирная лебедка					
тизатором	Откидной			Откидной пружинный		
3,0	3,0	3,0	1,5	2,25	1,5	
сирная лебедка		Лебедка буксирная не предусмотрена				
1,5	1,5					
22,5 200	22,5 200					
28,5	Нет					
Р-20	Р-20	Двухупорный тросовый сцеп		Упоры		
кидные	Нет	Нет	Откидные	Нет		

Устрой-ства	Основные характеристики		Номера				
			861A	861V	794		
Рулевые	Орган управления судном		Руль балан-сирный	Руль полубалансирный			
	Количество		1	1	1		
	Рулевой привод	основной резервный	РР-1	РР	Ручной РР		
Якорное	Носовое	Якорь	Тип Масса, кг	Матросова 75	Холла 75	75 × 2	
		Цепь	Длина, мм Калибр, м	45 11	50 13	50 × 2 11	
		Механизм		РЯШК11	РЯШ2	РЯЩЦ11	
	Кормовое	Якорь	Тип Масса, кг	Якорь не преду			
		Цепь	Калибр, мм Длина, м				
		Механизм					
Буксирные	Гак	Тип Тяговое усилие, тс	Откидной 1,5		Откидной 1,5	1,5	
	Лебедка	Тип Тяговое усилие, тс	Лебедка бук				
	Канат буксирный	Диаметр, мм Длина, м					
Сцепное	Диаметр вожжевого каната, мм						
	Автосцеп. Натяжное приспособление, упоры		Двухупорный тросо				
	Гаки бортовые		Откидные	Нет			

проектов					
861	1518	428	Р18А	941	Р33
Руль балансир-ный	Руль полубалан-сирный	Насадка поворотная со стабили-затором	Руль балансир-ный	Рули бортовые и средние	Рули балансирные
1	2	2	2	2 + 4	2
РР-1	РЭГ Ручной гидравли-ческий	РЭР Электриче-ский	РЭР Ручной	РЭР	РГ-1,6 Ручной гидравличе-ский
75	Матросова 200 × 2	500	Холла 400 × 2	300 × 2	300 × 2
45 11	50 + 75 15	100 25	175 + 125 25	75 + 50 19	100 × 2 19
РЯШК11	БЭР				
смотрен	450	Холла 1500	Якорь не предусмотрен		
	19 50	43 125			
	РЯШ19	ШЭР			
с пружинным амортиза-тором		Откидной	Нет		Откидной пружинный
1,5	5,0	25,0	8,0	8,0	6,0
сирная не предусмотрена					
вый	Упоры	О-100	Упоры не предусмотрены		
Откидные		Не предусмотрены			

Устрой-ства	Основные характеристики		Номера			
			10	P14	528К	
Рулевые	Орган управления судном		Рули балансирные		Руль полубалансирный	
	Количество		2	2	2	
	Рулевой привод	основной резервный	РЭР Ручной	РГ Ручной гидравлический	РР	
Якорное	Носовое	Якорь	Тип Масса, кг	Холла 400 × 2	Матросова 125 × 2	Холла 125 + 75
		Цепь	Длина, мм Калибр, м	100 × 2 22	75 + 50 15	50 × 2 11
		Механизм	БЭР		ШЭР21	
	Кормовое	Якорь	Тип Масса, кг	Четырехлапый 100	Кормовой	
		Цепь	Калибр, мм Длина, м	Канат растительный		
		Механизм	ШР			
Буксирное	Гак	Тип Тяговое усилие, тс	Откидной пружинный 8,0	5,0	Откид 3,0	
	Лебедка	Тип Тяговое усилие, тс	Лебедка			
	Канат буксирный	Диаметр, мм Длина, м				
Сцепное	Диаметр вожжевого каната, мм					
	Автосцеп. Натяжное приспособление, упоры Гаки бортовые		Упоры не предусмот Не предусмот			

проектов				
891А	322	Т-63М	319	1632А
Руль балансирный	Руль полубалансирный		Насадка	Руль
1	1	2	1	1
РР	РР Ручной	РР	РР	РР Ручной гидравлический
75 × 2	Матросова 75 × 2	Холла 60 + 30	25	Матросова 100 + 150
50 × 2 15	50 × 2 11	50 + 50 15; 11	50 11	50 + 75 15
РЯШК15	РЯШЦ11	РЯШ	РЯШ11	ШЭР21-1
якорь не предусмотрен			Четырехлапый 100 × 2 Канат растительный ШР	
ной 3,0	Откидной закрытый 1,5	Нет 1,5	Нет 0,3	Откидной пружинный 3,0
буксирная не предусмотрена				
рены	Двухупорный тросовый	Упоры не предусмотрены		
рены	Откидные			

Основные характеристики судовых устройств морских буксирных судов приведены в табл. 29 и 30, а судов внутреннего плавания — в табл. 31.

§ 17. Рулевые устройства

Конструкция рулевых устройств буксирных судов разнообразна. Эти устройства характеризуются типом рулевого органа и его приводом. В качестве рулевого органа широко используют: а) рули пластинчатые на буксирах малой мощности и обтекаемые — на буксирах средней и большой мощности; б) поворотные направляющие насадки гребных винтов, оборудованные стабилизаторами: одним по оси насадки или двумя разнесенными по оси насадки так, чтобы было обеспечено снятие гребного винта на плаву. Поворотные насадки нашли широкое применение на буксирных судах внутреннего плавания, а также на портовых и морских буксирных судах. Результаты эксплуатации показали, что движительно-рулевой комплекс этого типа способствует повышению маневренных качеств при различных скоростях переднего и заднего хода, а по гидродинамическим качествам превосходит все другие движительно-рулевые комплексы, применяемые на судах отечественной и зарубежной постройки.

Использование поворотных насадок с разделенным управлением еще более эффективно, вследствие чего они рекомендуются к широкому применению на буксирах, толкачах-буксирах и толкачах. Поворотные насадки хорошо работают в битом льду, что подтверждено практикой эксплуатации двухвальных толкачей-буксиров типа *ОТ-800*, *Плевна* и др. Применение для судов, работающих в битом льду, стационарных насадок гребных винтов нецелесообразно, так как они забиваются льдом.

С целью более надежной эксплуатации морских буксиров в ледовых условиях стали применять конструктивные меры защиты насадок от попадания льда и других посторонних предметов. Перед неподвижными (стационарными) насадками, для отвода от них льда устанавливают балки обтекаемой формы. Эти балки закрепляют в корпусе судна и на входной кромке насадки. С кормы устанавливают крестообразные наделки, защищающие гребной винт и насадку во время заднего хода.

На одновальных судах при наличии кронштейна гребного вала поворотные насадки имеют нижнюю опору в пятке, закрепленную в лыжине, соединенной с кронштейном. Это позволяет повысить эксплуатационную надежность рулевого устройства.

Широкое применение в США получила схема, включающая рули переднего и заднего хода. Первые расположены за гребными винтами или за стационарными насадками, от одного до двух за каждым винтом. Рули заднего хода находятся перед гребными винтами. Общее количество рулей переднего и заднего хода на толкаче с трехвальной энергетической установкой достигает 12.

Вопросы проектирования поворотных насадок (рис. 73) освещены в литературе. В табл. 32 приведены основные характеристики поворотных насадок морских буксиров и толкачей-буксиров внутреннего плавания.

Речной Регистр РСФСР в своих Правилах установил минимальные толщины обшивки поворотных насадок. Однако практи-

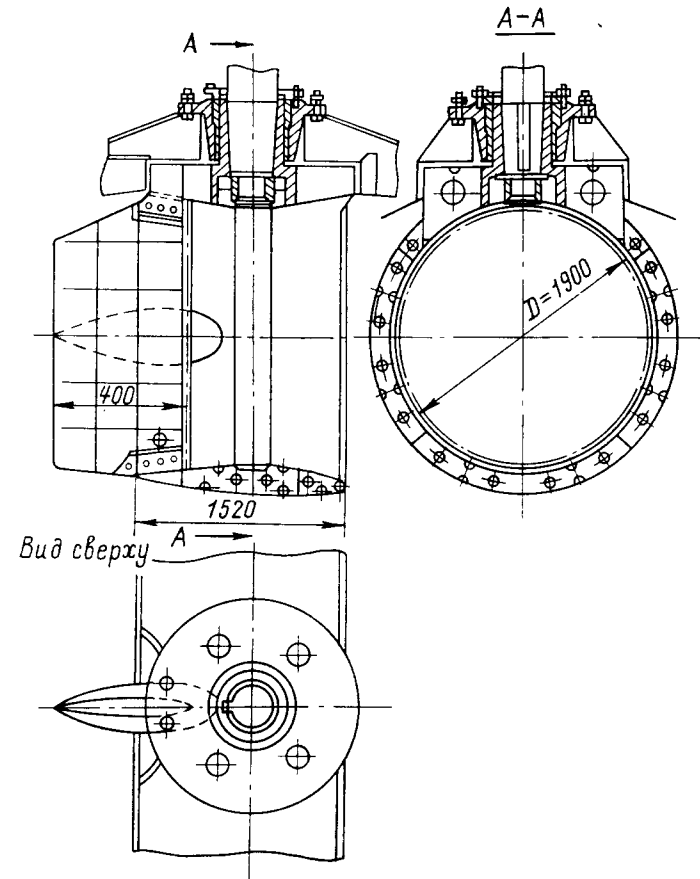


Рис. 73. Поворотная направляющая насадка со стабилизатором.

чески для судов внутреннего плавания толщину обшивки насадки принимают на 2—3 мм больше табличных значений, установленных Речным Регистром РСФСР. Внутренняя обшивка толще наружной на 1—2 мм. Это надбавка на эрозию металла. В целях повышения срока службы насадки, в районе расположения гребного винта во внутреннюю обшивку варивают утолщенное кольцо, размеры которого регламентированы Регистром РСФСР, или делают внутреннюю часть насадки литой на 0,6—0,7 ее длины.

Основные характеристики поворотных насадок,

Тип судна	Мощность, л. с.	Частота вращения гребного винта, об/мин	Коэффициент расхода насадки, σ_n	Коэффициент расширения насадки, β_n	Внутренний диаметр насадки D , мм	Длина насадки l , мм	Относительная длина насадки l/D
Морской буксир	850	162	1,80	1,2	3020	1800	0,60
	2×600	300	1,30	1,18	1920	2340	0,70
	2×600	300	1,38	1,16	1820	1100	0,60
Озерный толкач » толкач-буксир	2×250	400	1,30	1,15	1216	970	0,80
	2×2000	175	1,35	1,12	2930	2320	0,82
Озерный толкач	2×1000	375	1,30	1,12	1650	1300	0,79
	2×600	300	1,35	1,12	1900	1520	0,80
Шлюзовый толкач-буксир	2×670	350	1,35	1,12	1900	1520	0,80
	2×400	275	1,35	1,12	1700	1360	0,80
Речной толкач-буксир	2×300	150	1,32	1,12	1670	1500	0,90
Речной толкач-буксир	2×225	440	1,30	1,10	1120	990	0,88
	2×150	450	1,30	1,10	920	900	0,98

Соединение подвесной поворотной насадки с баллером производится с помощью конуса баллера, резьбы его хвостовика и ступицы насадки.

Поворотные насадки, имеющие нижнюю опору (пятку), могут соединяться с баллером при помощи конуса или горизонтального фланцевого соединения, которое для плавания в битом льду должно быть защищено кожухом.

У судов с поворотными насадками, предназначенных для плавания в битом льду, диаметр баллера во всех случаях должен определяться расчетом; скорость заднего хода рекомендуется принимать равной 0,7—0,75 скорости переднего хода в битом льду.

Рули могут быть не балансируемыми у одновальных судов и балансируемыми у двухвальных. Конструкция и расчет рулей описаны в литературе.

В качестве рулевых приводов на буксирах и толкачах используют ручной, электрогидравлический и электрический приводы. Рулевое устройство буксирного судна должно иметь два привода: основной и запасной. Основной рулевой привод может быть ручным в комплексе со штуртросной или валиковой проводкой либо гидравлическим.

установленных на буксирах и толкачах-буксирах

Длина насадки со стабилизатором l , мм	Остояние передней кромки насадки от оси баллера, мм	Толщина обшивки насадки, мм		Толщина и ширина внутреннего кольца, мм	Нижняя опора		Стабилизатор насадки и его размеры, мм	Масса насадки в сборе, кг
		наружной	внутренней		диаметр штыря, мм	высота штыря, мм		
Стабилизатора нет	540	8	8	8	240	240	Нет	4 760
1490	520	6	6	6) опоры нет) опоры нет	Есть	2 260
Стабилизатора нет	440	10	10	10			Нет	1 590
То же	390	8	8	8) опоры нет) опоры нет	»	800
4360	820	10	10	20×400			Есть	10 530
2110	475	10	10	25×300	1000×2500	2 426		
2215	670	8	8	20×250	1000×1860	2 550		
2215	670	8	8	20×250	1000×1860	2 550		
1760	610	6	6	16×200	650×1700	4 000		
2050	670	7	7	15×300	700×1670	3 900		
1340	420	5	5	10×200	500×1100	674		
1235	430	4	4	10×180	450×820	804		

На вновь строящихся судах с электрической станцией ограниченной мощности целесообразно применять ручной гидравлический привод. В качестве рулевых машин могут быть рекомендованы стандартные рулевые машины с качающимися цилиндрами, обеспечивающие в случае ручного привода крутящий момент 0,16; 0,25; 0,40 тс·м при переключке руля (насадки) от 35° с одного борта до 30° на другой борт за время, не превышающее 28 с; количество оборотов штурвала при переключке руля на указанный угол не должно превышать 25.

Наряду с указанными рулевыми машинами получают применение гидравлические рулевые машины с ручным приводом насоса и плунжерно-речным приводом баллера.

На буксирных судах морских и внутреннего плавания, имеющих электростанцию достаточной мощности, применяют плунжерные одно- или двухрулевые электрогидравлические машины, обеспечивающие момент на баллере руля (насадки):

однорулевые — 0,63; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10,0; 16,0 тс·м;

двухрулевые — 0,63; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10,0 тс·м.

Для синхронной и раздельной переключки насадок в рулевом устройстве буксиров, толкачей и толкачей-буксиров целесообразно устанавливать две электрогидравлические однорулевые машины

с дистанционным управлением из ходовой рубки. Кроме того, могут быть рекомендованы рулевые гидравлические машины с качающимися цилиндрами, имеющие приводной насос и запасной ручной привод. Их рекомендуется устанавливать на судах с нереверсивными главными двигателями. Машины этого типа изготовляют нескольких типоразмеров. Крутящий момент на их баллере составляет 0,16; 0,25; 0,40; 0,63; 1,0 и 1,6 тс·м.

В речном флоте применяют рулевые гидравлические машины с приводным насосом и плунжерно-реечным приводом баллера, обеспечивающие крутящий момент на баллере 0,25; 0,63; 1,6 и 4,0 тс·м.

Кроме основного и запасного рулевых приводов на морских судах предусматривают аварийный привод, если основной и запасной приводы находятся в помещении, полностью или частично расположенном ниже самой высокой грузовой ватерлинии. На буксирных судах такое положение весьма редко. В качестве аварийного привода используют румпель-тали, если валовая вместимость самоходного судна не превышает 500 рег. т. Однако в комплексе с электрогидравлическими рулевыми машинами румпель-тали не допускаются.

На вновь строящихся буксирах и толкачах рекомендуются рулевые комплексы:

на судах мощностью до 300 л. с.—рули или поворотные направляющие насадки в комплексе с ручной гидравлической рулевой машиной (основной привод) и румпелем, насаженным на квадрат баллера;

на судах мощностью от 300 л. с. и более—рули балансирные или поворотные направляющие насадки в комплексе с электрогидравлическими плунжерными рулевыми машинами (основной привод). При двух рулевых электрогидравлических плунжерных машинах (каждая обслуживает свой рулевой орган) или одной плунжерной электрогидравлической рулевой машине с двумя насосными агрегатами, приводы которых питаются от разных источников энергии, запасной рулевой привод не требуется.

Площадь пера руля, его элементы, а также элементы поворотных насадок выбирают по расчету или по прототипу. Для буксирных судов площадь руля ориентировочно может быть принята по формуле

$$\Sigma F_p = \frac{LT}{A} \text{ м}^2, \quad (69)$$

где L и T —длина и осадка судна; A —коэффициент: для океанских, морских, рейдовых буксиров и судов внутреннего плавания он соответственно равен 35—40; 20—25; 18—20 и 18.

Выбирая площадь руля, необходимо учитывать, что буксирные суда должны обладать повышенной маневренностью и управляемостью. Поэтому площадь их руля или боковая сила, создаваемая иным рулевым органом, должны обеспечивать на переднем и заднем ходу диаметр циркуляции буксира или толкача-буксира

с составом, равный 3,0 L для морских буксиров и 2,0 L для рейдовых буксиров, буксиров внутреннего плавания и толкачей-буксиров. Угловая скорость циркуляции (поворота) морских и рейдовых буксиров на переднем и заднем ходу должна быть не менее 180 град/мин.

На буксирных судах, предназначенных для работы в тропиках, целесообразнее применять электрические секторные рулевые машины, требующие меньшего наблюдения и ухода по сравнению с электрогидравлическими. В работе электрогидравлических рулевых машин особое требование предъявляется к чистоте рабочей жидкости (масла) и ее температуре, которая не должна превышать 50°. Эти рулевые машины сложнее по конструкции. За ними, особенно за гидравлической системой, необходим повседневный квалифицированный уход. В эксплуатации при недостаточной фильтрации масла происходит нарушение работы распределителей насосов. Несмотря на указанное, этот тип рулевых машин является основным типом на вновь строящихся судах.

§ 18. Буксирные и швартовные устройства

Буксирные устройства. Правила Регистра СССР, а также иностранных классификационных обществ регламентируют в зависимости от характеристики снабжения только длину и диаметр (окружность) основного буксирного каната. Детали буксирного устройства, служащие для закрепления, направления и хранения буксирных канатов, выбирают в зависимости от характеристики канатов по соответствующим стандартам и нормам. В некоторых случаях детали буксирного устройства проектируют вновь, учитывая специфические условия эксплуатации.

Буксирные механизмы выбирают, исходя из необходимого тягового усилия на барабане, принятого типа и размеров буксирного каната. Тип и количество механизмов и деталей буксирного устройства, а также расположение их на судне устанавливают при проектировании с учетом размерений, типа и назначений буксировщика.

Основные характеристики буксирных устройств построенных буксиров и толкачей приведены в табл. 29—31.

Буксирное устройство должно удовлетворять следующим основным требованиям:

быть надежным;
допускать осуществление всех видов буксировки на переднем и заднем ходах, на длинном и коротком буксирном канате, а также буксировку лагом;

обеспечивать удобную выдачу (стравливание) буксирного каната с одного судна на другое и любое направление буксирного каната за пределами судна, причем должно быть исключено выскользывание буксирного каната из деталей, служащих для его направления и закрепления;

не допускать появления в деталях устройства остаточных деформаций при действии нагрузки, разрывающей буксирный канат (иными словами, обеспечивать достаточную прочность деталей);

расположение деталей устройства должно способствовать удобному обслуживанию и выполнению буксировочных операций.

Для удовлетворения указанным требованиям устройство включает следующие основные механизмы, оборудование и детали: буксирную лебедку (вьюшку), буксирные гаки, буксирную дугу, или проушины для крепления гака, бортовые ограничители, отбойные приспособления, бортовые кнехты, кормовой буксирный клюз (полуклюз), буксирные арки, носовой битенг в диаметральной плоскости и битенги по бортам для буксировки задним ходом и буксировки лагом, буксирные канаты — основной и запасной, швартовные буксирные канаты, проводники, вспомогательные концы, коуши, соединительные скобы, серьги, канатные зажимы, такелажный инструмент и другие мелкие детали.

На рис. 74 приведен вариант расположения механизмов, оборудования и деталей буксирного и швартовного устройств морского буксира.

На рис. 72 показана схема буксирного устройства буксира внутреннего плавания класса «О». Буксирный канат поступает на лебедку через направляющий блок, расположенный в третьей четверти длины буксира, считая от носа. Буксирный гак расположен сзади направляющего блока.

Применяют и другие схемы буксирных устройств, отличающиеся расположением буксирной лебедки и другими особенностями.

На эксплуатационные качества буксирного судна большую роль оказывает место расположения буксирной лебедки, буксирных гаков и направляющих блоков по длине и высоте. Буксирные лебедки и гаки, а также их расчет подробно описаны в литературе.

Буксирные лебедки располагают: на главной палубе в специальных закрытых помещениях, на открытой главной палубе и на открытой шлюпочной палубе. Из указанных вариантов предпочтительнее имеет вариант расположения буксирной лебедки в специальном помещении, позволяющий значительно понизить ординату центра тяжести лебедки и тем самым улучшить остойчивость буксиров. Кроме того, находясь в специальном помещении, лебедка не подвергается воздействию забортной воды и обледенению, а также создаются лучшие условия для ее обслуживания. На буксирных судах малых размеров, где нет возможности расположить буксирную лебедку в специальной выгородке, ее устанавливают на открытых палубах.

Буксирный канат с лебедки часто проходит через канифас-блок, имеющий амортизатор. Этот вариант может быть рекомендован для расположения буксирных лебедок на буксирных судах внутреннего плавания (озерных и речных).

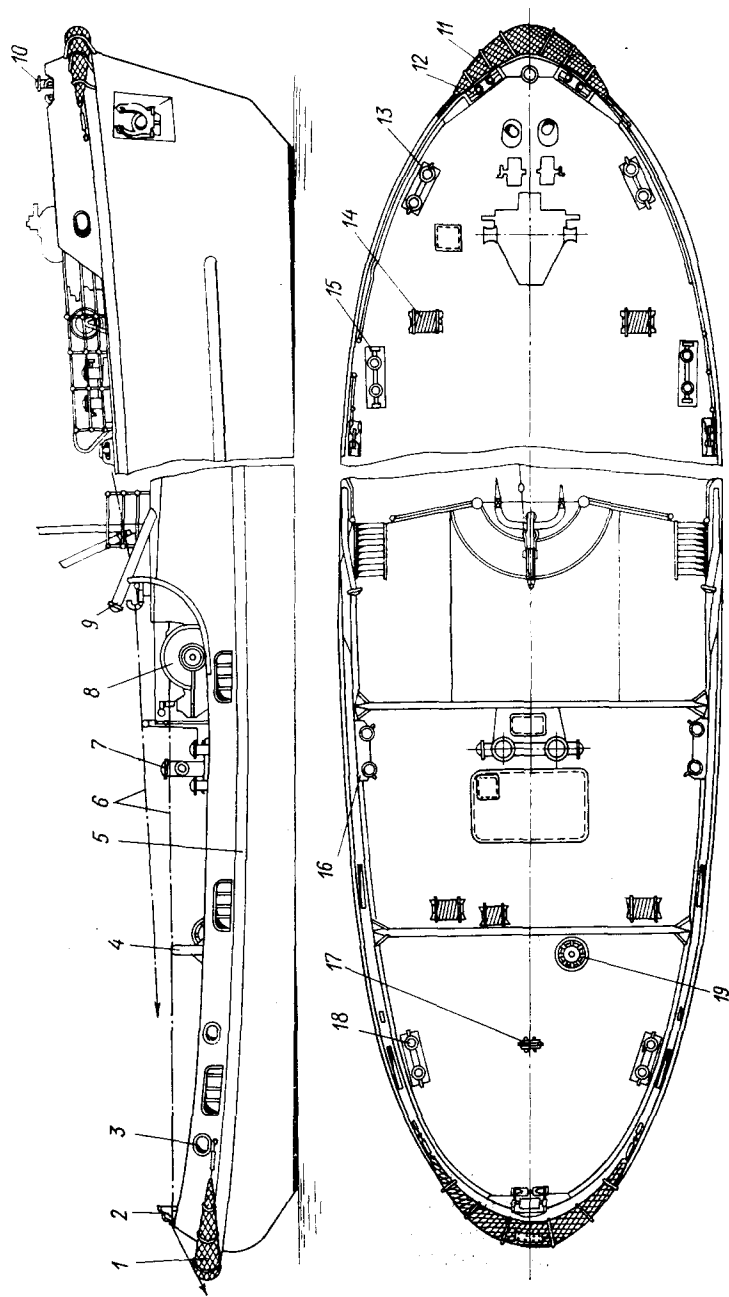


Рис. 74. Буксирное и швартовное устройство морского буксира.

1, 11 — мягкий кранец; 2 — буксирный клюз; 3 — швартовный клюз; 4 — буксирная арка; 5 — привальный брус; 6 — буксирный канат; 7 — средний буксирный кнехт; 8 — буксирная лебедка; 9 — бортовой ограничитель; 10 — носовой битенг; 12 — киповая планка; 13, 15, 18 — швартовно-буксирные кнехты; 14 — вьюшка; 16 — бортовой битенг; 17 — обух для серыги; 19 — швартовный шпиль.

Промышленностью поставляются автоматические буксирные лебедки, следящие за натяжением буксирного каната, и неавтоматические с электрическим или электрогидравлическим приводом.

На буксирных судах иногда целесообразно применять неавтоматические буксирные лебедки-вьюшки, способные обеспечивать при буксировке необходимое тяговое усилие на заторможенном барабане, а выбирая буксирного каната — при сниженной скорости хода, с меньшим тяговым усилием, чем во время буксировки. В этом случае лебедка-вьюшка будет потреблять значительно меньшую мощность и иметь меньший вес, чем буксирная лебедка, рассчитанная на выбор каната при полной скорости буксировки. Лебедки-вьюшки изготавливаются промышленностью с электрическим и гидравлическим приводами.

На буксирах-плотоводах установлены буксирные лебедки с гидравлическим приводом, имеющие два барабана.

Кроме буксирных лебедок в составе буксирного устройства может быть лебедка-вьюшка для канатов проводников. Ее рекомендуется устанавливать на всех типах морских буксиров. На речных судах эти вьюшки не предусматривают.

Лебедки-вьюшки устанавливают в местах, удобных для подачи и выбора каната проводника, — чаще всего на открытой палубе или капе машинного фонаря, расположенного впереди буксирного гака. Лебедка-вьюшка должна иметь свободный доступ. Около лебедки предусматривают специальную площадку, удобную для ее обслуживания и работы с канатом-проводником.

Роль, отведенную лебедке-вьюшке по обслуживанию каната-проводника, может выполнять швартовный или якорно-швартовный шпиль, установленный в кормовой части судна специально для этих целей или являющийся составной частью якорно-швартовного устройства.

Место расположения шпиля по длине и ширине судна определяется условиями выбора каната-проводника и выполнения якорно-швартовных операций. Пост управления шпилем располагают в непосредственной близости к шпилю, допускающей безопасную работу. Там, где в качестве каната проводника применен стальной канат диаметром 9 мм и более, целесообразно устанавливать для выполнения операций с ним лебедку с электрическим приводом.

Регистр СССР рекомендует в качестве буксирных использовать стальные канаты с числом проволок в них не менее 144, пределом прочности при растяжении 140—170 кгс/мм², имеющие не менее семи органических сердечников. Исключением являются канаты на автоматических буксирных лебедках, которые могут иметь только один органический сердечник. Однако число проволок в таких канатах должно быть не менее 186. Буксирные канаты могут быть также растительными и из синтетических волокон.

Буксировка несамоходных судов, перевозящих нефтепродукты первого разряда осуществляется растительными (пеньковыми, ма-

нильскими) или из искусственного волокна (капрона, нейлона) канатами.

Определяющим фактором при выборе буксирного каната является номинальная тяга на гаке (барабане лебедки). Однако номинальная тяга на гаке ($Z_{ном}$, кгс) не должна приниматься менее 10 N , где N — мощность главных двигателей буксиров, л. с.

Разрывное усилие буксирного каната должно быть не меньше вычисляемого по формуле

$$Z_{раз} = kZ_{ном} \text{ кгс,} \quad (70)$$

где k — запас прочности, принимаемый при номинальной тяге на гаке 1000 кгс и менее, 30 000 кгс и более соответственно равным 5,0 и 3,0.

При промежуточных значениях номинальной тяги на гаке запас прочности определяется линейной интерполяцией.

Для буксировки на гаке в снабжении морских буксиров предусматривается буксирный канат длиной не менее 150 м. На том же буксире, если кроме гака установлена автоматическая буксирная лебедка, на ее барабане размещают второй буксирный канат длиной не менее 700 м при мощности главных двигателей 3000 л. с. и более; 500 м при мощности главных двигателей до 2000 л. с. включительно и 300 м на судах внутреннего плавания.

У буксиров, мощность главных двигателей которых от 2000 до 3000 л. с., длина каната, размещенного на автоматической буксирной лебедке, определяется линейной интерполяцией.

Синтетические канаты имеют низкий коэффициент трения по стали, более эластичны — удлиняются при рабочих нагрузках до 25% первоначальной длины, быстро восстанавливают свою длину при снятии нагрузки. В случае приложения к канату нагрузки, равной разрывной, канат перед разрывом удлиняется до 50% от первоначальной длины, а при разрыве резко меняет свое направление. В связи с этим трассы возможного прохождения канатов через клюзы, киповые планки, роульсы и т. п. не должны приближаться к постам управления ближе чем на 2—3 м. Палуба в районе этих трасс не должна загромождаться какими-либо устройствами на расстоянии не менее 2,5 м от ближайшей образующей барабанов, по линии натяжения.

Выбор размеров синтетических (капроновых) канатов в качестве буксирных и швартовных для морских судов следует производить по «Правилам классификации и постройки морских судов» Регистра СССР, руководствуясь условиями равнопрочности со стальными и растительными канатами.

Буксирные гаки, используемые на буксирных судах, — откидные с амортизаторами, имеют механический или гидравлический затвор, позволяющий осуществлять ручную, дистанционную (из ходовой рубки) или автоматическую отдачу. Такие гаки освоены промышленностью и поставляются на тяговое усилие: 0,5; 1; 1,5; 3; 5; 8; 12 и 16 тс.

На морских буксирах, кроме портовых, разворот буксирного гака с борта на борт ограничен и составляет угол $\alpha \leq 120^\circ$; у портовых буксиров угол разворота буксирных гаков $\alpha \leq 180^\circ$. По длине судна буксирный гак размещают возможно ближе к его центру тяжести, а по высоте — возможно ниже.

Прочность несущих элементов гака и его крепления должна быть такой, чтобы при действии на него разрывного усилия буксирного каната напряжение в них не превышало 0,95 предела текучести материала. Каждый гак имеет на месте его установки крепление по-походному.

Наиболее распространен способ крепления гака на буксирной дуге. Момент сопротивления площади поперечного сечения буксирной дуги относительно оси, перпендикулярной к плоскости дуги, принимают по формуле, рекомендованной Регистром СССР,

$$W = 13,2 \frac{Z_{\text{раз}} l_1}{\sigma_T}; \quad (71)$$

где $Z_{\text{раз}}$ — разрывное усилие буксирного каната, кгс; l_1 — расстояние по прямой между опорами буксирной дуги, м; σ_T — предел текучести материала буксирной дуги или 0,7 предела прочности (в зависимости от того, что меньше), кгс/см².

Прочность буксирных битенгов должна быть такой, чтобы при действии разрывного усилия $Z_{\text{раз}}$ каната, для которого они предназначены, напряжения в них не превышали 0,95 предела текучести материала битенгов. Диаметр тумбы битенга принимают в зависимости от диаметра стального каната. Для канатов диаметром от 8,4 до 15,0 мм диаметр тумбы кнехта (битенга) находится в пределах (6,0—8,0) d_k , для канатов диаметром от 30 до 65,0 мм диаметр тумбы кнехта составляет (10,0—11,0) d_k , где d_k — диаметр стального каната.

Буксирные арки служат для защиты людей и оборудования, а также для поддержания и направления натянутого буксирного каната. Конфигурация арок близка к параболической. Конструкция их разнообразна, но чаще всего трубчатая или Т-образная. Арки опираются на контрофорсы А-образной формы. Располагают их в диаметральной плоскости судна и симметрично относительно нее. Концами арки, как правило, опираются на фальшборт.

Швартовые устройства на таких судах, как буксиры и толкачи-буксиры, неразрывно связаны с буксирным устройством. Эти устройства обычно проектируют с учетом расположения якорных устройств. Швартовное устройство на буксирном судне включает битенги, кнехты, канаты (стальные, растительные, синтетические), клюзы, утки (полуутки), вьюшки и другие детали. В качестве швартовых механизмов для выбора канатов используют якорно-швартовые механизмы и редко специальные швартовые.

Морские буксиры снабжают швартовыми канатами в соответствии с Правилами Регистра СССР. Кроме швартовых канатов предусматривают два и более швартовно-буксирных каната, используемых при буксировке лагом и в других случаях. Разрыв-

ное усилие их в зависимости от мощности буксирного судна должно быть следующим: при мощности 500 л. с. — 14 400 кгс; 1000 л. с. — 20 700 кгс; 1500 л. с. — 24 350 кгс; 2000 л. с. — 28 250 кгс и 3000 л. с. и более — 32 300 кгс.

Швартовыми могут быть канаты стальные диаметром не менее 13 мм, растительные и синтетические окружностью не менее 90 мм. Стальные канаты должны иметь не менее чем 144 проволоки и не менее семи органических сердечников. Этому требованию отвечают канаты, поставляемые по ГОСТ 3083—66. Стальные проволоки швартовых канатов должны иметь цинковое покрытие, а их расчетный предел прочности при растяжении должен быть не менее 140, но не более 170 кгс/мм². Пеньковые канаты допускают к применению на судах, имеющих характеристику снабжения 600 и менее.

По наибольшему диаметру и прочности каната подбирают детали швартового устройства: битенги, кнехты, вьюшки, утки, клюзы, стопоры и другие детали. Все основные детали швартовых устройств унифицированы и стандартизованы.

§ 19. Сцепные устройства

Толкачи и толкачи-буксиры оборудуют сцепным устройством, предназначенным для соединения толкача с толкаемым составом.

Основные типы сцепных устройств:

1. Двухупорное с двумя вожжевыми бортовыми стальными канатами, обеспечивающее надежное соединение толкача с составом при ходе на тихой воде и на волнении. Последнее достигается включением пружинных амортизаторов в системы натяжных приспособлений, установленных на барже.

В случае использования двухупорно-вожжевого сцепного устройства при формировании состава требуются большие затраты ручного труда и значительное время на процесс учалки.

2. Автоматические сцепные устройства обеспечивают быструю сцепку толкача с толкаемыми баржами (составом); не требуется применения ручного труда. Поэтому автоматические сцепы устанавливают на всех вновь строящихся толкачах-буксирах и толкачах. Ими оборудуются и ранее построенные суда.

Автоматические сцепные устройства в зависимости от мощности толкачей, грузоподъемности толкаемых барж и места их расположения разделяют на две унифицированные группы:

А — для малых толкачей мощностью до 300 л. с. и барж грузоподъемностью до 1000 т включительно;

Б — для толкачей мощностью свыше 300 л. с. и барж грузоподъемностью свыше 1000 т.

Внутри каждой группы обеспечивается полная взаимозаменяемость судов независимо от того, к какому классу они относятся. Конструктивно автосцепы подразделяются по району плавания толкачей на речные и озерные.

Каждой группе (А и Б) автосцепов соответствует свой профиль сцепной балки, устанавливаемой на толкаемых судах: для автосцепов группы А используется железнодорожный рельс типа Р-50, а в автосцепках группы Б — специальный сварной Т-образный профиль. Для судов, работающих на реках Европейской части СССР, применяют замки с вертикальной сцепной балкой; на реках Сибири и Дальнего Востока — с горизонтальной.

В группе А используют сцепные замки типа Р-10 (на нагрузку 10 т), Р-20, Р-20МП (модернизированный с приводом). В группе Б применяют замки Р-100 и Р-100М; О-20, О-20М, О-150 и О-200.

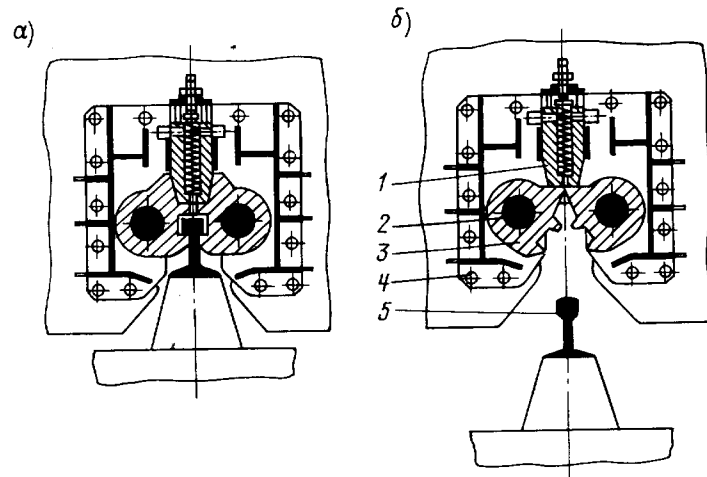


Рис. 75. Сцепной замок модели Р-20: а — замок сцеплен; б — замок перед сцеплением.
1 — запорный клин; 2 — оси клешней; 3 — клешня замка; 4 — корпус замка; 5 — сцепной рельс.

Основу сцепного замка Р-20 (рис. 75) составляют две клешни, шарнирно закрепленные на вертикальных осях и имеющие нажимные хвостовики. В процессе сцепления головка рельса нажимает на хвостовики и поворачивает клешни. Запорный клин отходит назад, а затем под воздействием пружины возвращается специальным приспособлением с местным или дистанционным приводом. При отходе толкача от баржи клешни с помощью головки сцепного рельса займут исходное (раскрытое) положение (см. рис. 75, б). Зазоры между головкой рельса и клешнями замка обеспечивают возможность крена судна по отношению к другому до 10° на каждый борт и дифферента до $\pm 5^\circ$.

Основой сцепного замка типа О-200 (рис. 76) служит «подвеска замка», соединяющая все другие узлы замка в одно целое. Она обеспечивает поперечную подвижность замка, регулировку вылета и продольную амортизацию — подробнее см. в работе [57]. Внутри корпуса подвески размещен полый шток замка, на переднем конце которого при помощи вертикальной оси крепится головка замка.

Замок имеет продольный амортизатор из тарельчатых пружин и поперечные пружинные амортизаторы. Последние обеспечивают поперечные наклоны замка при бортовой качке.

Управление сцепными замками — дистанционное из ходовой рубки. Современные конструкции замков позволяют производить раскрытие их под нагрузкой.

Автоматический сцеп с горизонтальным расположением сцепной балки (рис. 77) получил название — универсальный двухзамковый речной (УДР). Он используется на судах, плавающих по рекам

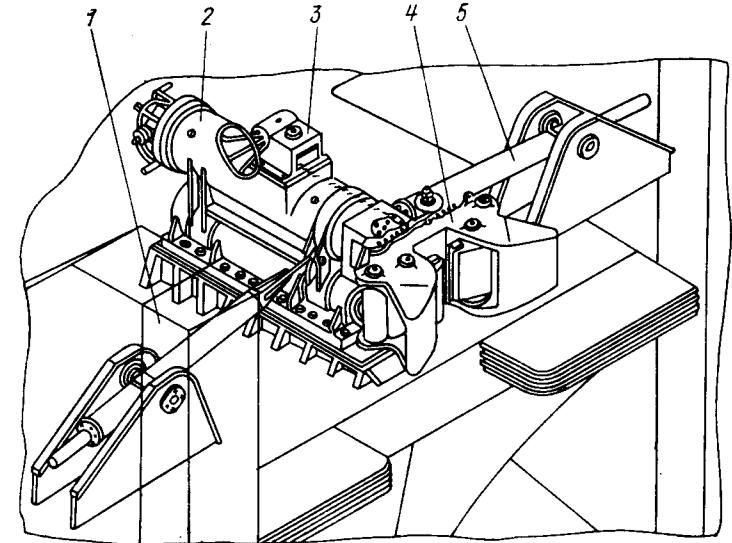


Рис. 76. Общий вид сцепного замка О-200.
1 и 5 — поперечный амортизатор; 2 — подвеска замка; 3 — лебедка для расцепки; 4 — головка замка.

Сибири и Дальнего Востока. Этот сцеп предназначен для формирования кильватерных и пыжевых составов с центральным расположением толкача. Имеются сцепы УДР-10, УДР-20, УДР-50 и УДР-100 (цифра, входящая в индекс сцепа, как и ранее, означает его расчетное усилие в тоннах). Конструкция автоматических сцепов типа УДР допускает крен толкача до $\pm 8-9^\circ$, дифферент $\pm 5-8^\circ$ и более.

Основу сцепа составляют: в носовой части толкача вертикальные упоры, направляющие балки, сцепные замки, механизм подъема замков, механизм сброса замков, механизм переключения защелок и др. На кормовой оконечности баржи располагается горизонтальная сцепная балка с ограничительными выступами.

Для выбора сцепа проектируемого толкача-буксира или толкача выполняется расчет вероятных усилий, возникающих при различных условиях работы судна. Определение исходных данных и методика расчета приведены в работе [57].

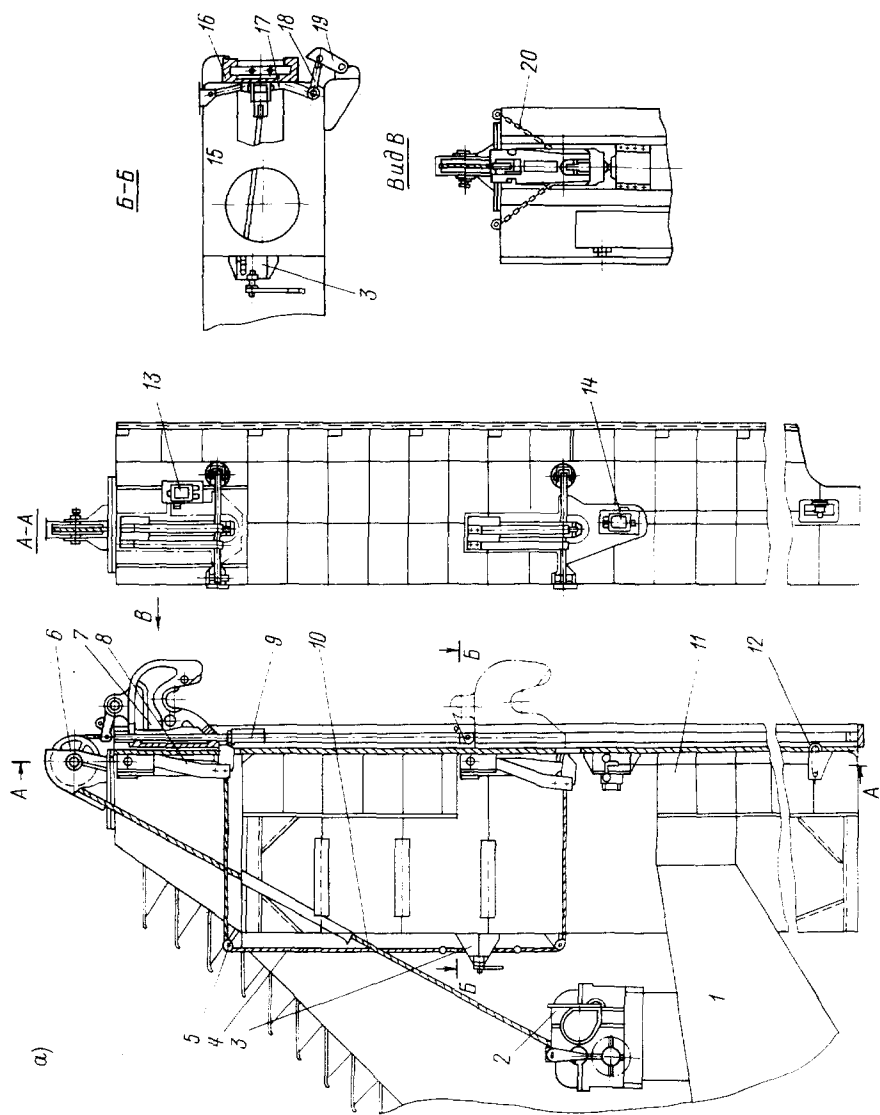
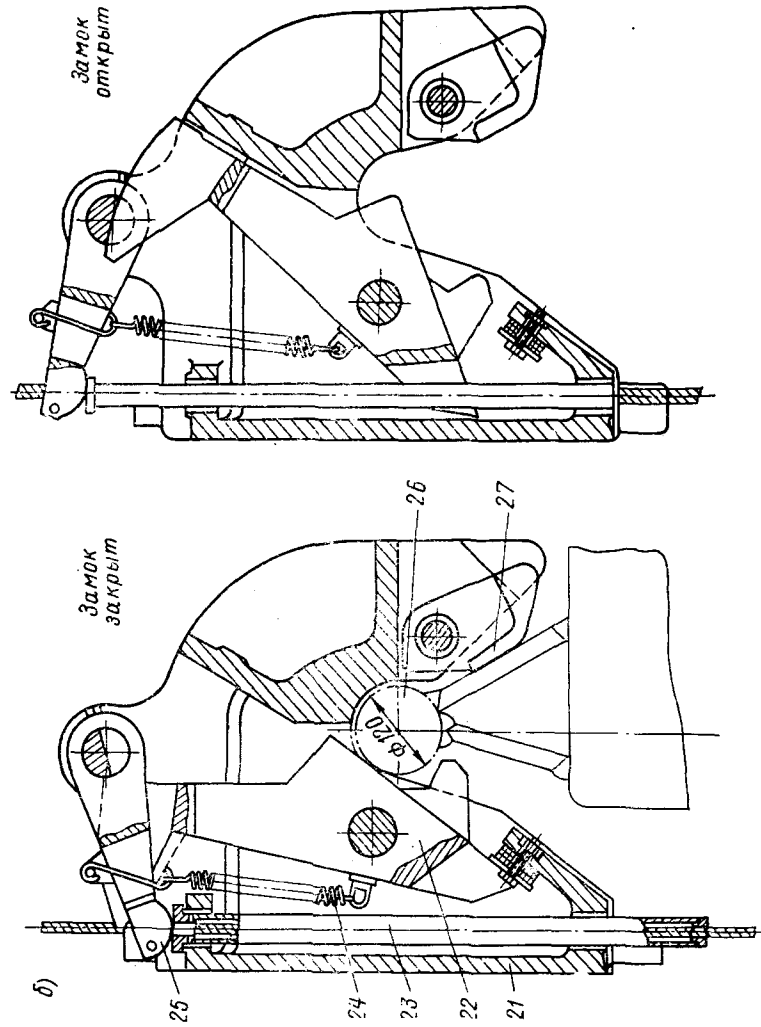


Рис. 77. Универсальный двух-
замковый сцеп (УДР): а — вид
на левый борт; б — сцепной
замок.

1 — корпус толкача; 2 — лебелка;
3, 17, 23 — рычаги; 4 — канал стал;
репом; 5 — ролик; 6 — верхний
блок; 7 — сцепной замок; 8 — за-
щелки; 9 — боек; 10 — канат; 11 — за-
тыга выключателя; 12 — рычаг вы-
ключателя; 13 и 14 — концевые вы-
ключатели; 15 — упор толкача; 16 —
направляющая балка; 18 — тяга;
19 — поворотная балка; 20 — цепь
для фиксации замка при ремонт-
ных и монтажных работах; 21 —
корпус замка; 22 — клешня; 23 —
трубчатый толкатель; 24 — пружи-
на; 26 — сцепная балка — баржи-
ца; 27 — ограничитель.



Ориентировочно для толкачей-буксиров мощностью 150, 300, 600, 800, 1200—1340, 2000—4000 л.с. могут быть приняты цепи соответственно на усилие 10, 20, 100, 150, 200, 2×200 тс (два замка).

Высоту транцевых упоров толкача принимают такой, чтобы обеспечивалась возможность его сцепления как с груженой, так и порожней баржами, с запасом 600—800 мм на вертикальное перемещение при качке.

Транцевые упоры толкачей-буксиров, оборудованных сцепом УДР, более развиты по высоте и обеспечивают подъем сцепных замков на высоту, превышающую не менее чем на 750 мм положение горизонтальной балки баржи в порожнем состоянии.

§ 20. Спасательные и другие устройства

Спасательные устройства. Буксирное судно снабжается всеми необходимыми средствами для спасения людей на воде. Количество спасательных средств, принимаемое на судно, и их размещение на палубе регламентировано Правилами Регистра СССР для морских судов и Правилами Речного Регистра РСФСР для судов внутреннего плавания.

В состав спасательного устройства входят: спасательные средства коллективного пользования, в том числе спасательные шлюпки и плоты; спасательные средства индивидуального пользования — спасательные круги, пояса (нагрудники), жилеты, комбинезоны и другие; спасательные приборы — столы, скамьи.

На буксирных судах малых размеров спасательные шлюпки из-за невозможности их размещения заменяют спасательными плотами вместимостью согласно требованиям Регистра.

В качестве коллективных спасательных средств применяют металлические из легкого сплава и пластмассовые спасательные шлюпки и плоты. Те и другие обладают достаточной надежностью и долговечностью.

На океанских и морских буксирах спасательное устройство размещают в средней части судна на палубе удлиненного бака (табл. 33), а на некоторых судах — на палубе рубки. На рейдовых буксирах и буксирах внутреннего плавания спасательные шлюпки располагают на палубе рубки, за рубкой поперек судна или над фонарем машинной шахты.

Наиболее рациональным типом шлюпбалок являются шлюпбалки гравитационные двухшарнирные в комплексе со шлюпочными электрическими лебедками соответственно на тяговое усилие: ЛШ1 — 1000, ЛШ2 — 1600, ЛШ3 — 2500, ЛШ4 — 4000 и ЛШ5 — 6300 кгс.

Леерные устройства (леерное ограждение) состоят из леерных стоек, контрофорсов, лееров и поручней. Леерное ограждение служит для обеспечения безопасной работы экипажа на палубах судна и характеризуется высотой леерных стоек, количеством лееров.

Количество и расположение спасательных шлюпок на буксирных судах зарубежной постройки

Тип буксирного судна	Мощность, л. с.	Количество спасательных шлюпок	Тип шлюпбалок	Место установки шлюпок
Океанский	4200	2	Заваливающиеся	В средней части судна на палубе бака
	3200	2		
	2000	2		
	1200	2		
	1000	2		
	1300	4		
Морской	4500	3	Гравитационные	В средней части судна на палубе бака
	1300	2		
	1200	2	Заваливающиеся	То же
	1000	2		
	800	2		
Рейдовый	1600	Нет	Нет	—
	600			
	500			
Портовый	400	—	Стрела поворотная Заваливающиеся	За ходовой рубкой поперек судна
	375			
Портовый	250	Нет	Нет	—
	150			
	150			

На буксирных судах предусматривают постоянное леерное устройство на крыше ходовой рубки, палубах рубок и реже на главной палубе, которую обычно ограждают фальшбортом. Детали леерного устройства нормализованы, их изготавливают стальными или из легкого сплава: леерные стойки — трубчатыми или из полосы, леера — из труб или прутка.

Высота леерных стоек h установлена равной 750, 900, 1000 и 1100 мм.

Выбор стоек по их высоте и количеству лееров, а также материалу производится с учетом требований Правил Регистра СССР и Речного Регистра РСФСР. Леерные стойки постоянные высотой 900 мм устанавливают на судах внутреннего плавания, высотой 1000 мм — на морских судах длиной менее 40 м. Расстояния между леерными стойками морских судов рекомендуется принимать около 1,5 м. У речных судов эти расстояния можно увеличить до 1,8 м.

На морских судах с постоянными трубчатыми ограждениями высотой 900 мм расстояние между стойками рекомендуется уменьшать до 1,2 м.

Во всех случаях леерное устройство (ограждение) не должно быть препятствием для работы с буксирными и швартовными канатами.

Кроме леерного устройства на судне предусматривают штормовые поручни, устанавливаемые на наружных стенках рубки и на внутренних по коридорам. Штормовой поручень состоит из норма-

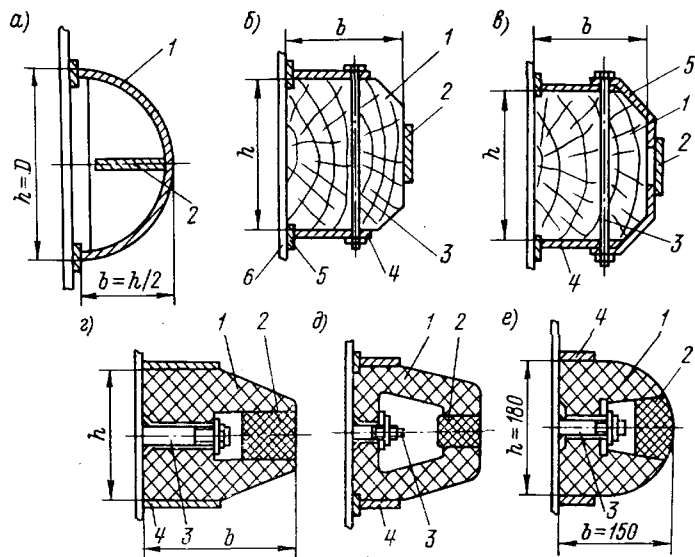


Рис. 78. Сечения привальных брусьев: а — металлический жесткий; б, в — деревянный полужесткий; г, д, е — резиновый мягкий. 1 — привальный брус; 2 — полоса; 3 — болт; 4 — коробка привального брусья; 5 — обойма; 6 — обшивка корпуса судна.

лизованных металлических или пластмассовых концевых и путевых кронштейнов и самого поручня. Поручни делают деревянными или из пластмассовых труб.

Отбойные устройства служат для предохранения корпуса и частичного гашения сил, воспринимаемых корпусом буксира при швартовке, кантовке судов и в других случаях. В отбойное устройство входят: отбойные (привальные) брусья, стационарные и переносные кранцы и другие детали.

Привальные брусья по роду материала, применяемого для их изготовления, разделяются на металлические жесткие, деревянные полужесткие и резиновые — мягкие. Конструкции привальных брусьев приведены на рис. 78.

Привальные брусья по высоте борта судна располагают в один или в два ряда (рис. 79). На буксирах мощностью свыше 1000 л. с., имеющих развитый бак с надстройкой, привальные брусья разме-

щают в два ряда, при этом второй (верхний) ряд находится на уровне палубы бака. Нижний ряд простирается от кормы в нос на $0,75L$, а верхний ряд — от носа в корму на $(0,4-0,55)L$ так, чтобы они по длине перекрывали друг друга (L — длина корпуса судна на уровне привального бруса). На буксирах, плавающих по каналам, часто швартующихся, между нижним и верхним рядами привальных брусьев устанавливают в цилиндрической части корпуса вертикальные брусья тех же размеров. В этом случае нижний привальный брус располагают ниже главной палубы в районе цилиндрической вставки. Такое расположение привальных брусьев может быть принято вне зависимости от рода их материала.

Более долговечными, чем деревянные, являются металлические привальные брусья, конструкции которых разнообразны. На буксирных судах рекомендуется конструкция (см. рис. 78), имеющая в сечении очертание полукруга. Такую конструкцию изготовляют из стальных труб, разрезанных вдоль на две части или согнутых из листа (прокатанного на вальцах), образующего тот же полукруг, внутри которого предусматривают продольные и поперечные ребра жесткости. На буксирах малой мощности конструкцию делают пустотелой, а на буксирах мощностью 600 л. с. и более внутреннюю полость привального бруса иногда заполняют пенополиуретаном или иным материалом, предотвращающим образование вмятин. Толщина стенки металлического привального бруса принимается на основании расчета или по прототипу, но не менее 4 мм.

В отечественной и иностранной практике судостроения в качестве материала для привальных брусьев применяют резину, а сами брусья выполняют литыми резиновыми. Профиль таких брусьев показан на рис. 78.

В носовой и кормовой оконечностях буксиров над привальным брусом закрепляют стационарные мягкие кранцы с оплеткой из пенькового или стального канатов или из набора литых резиновых брусков (см. рис. 78, г, д, е). Литые резиновые бруски более удобны в работе и не разрушают краску борта при кантовке грузовых и других судов. Крепление их менее трудоемко. Они имеют меньший вес, чем плетеные кранцы обычной конструкции. Для буксирных судов основные рекомендуемые размеры привальных брусьев приведены в табл. 34.

На каждом судне в снабжение входят плетеные переносные кранцы. Размеры этих кранцев нормализованы. Количество кранцев, принимаемое в снабжение судна, установлено Правилами

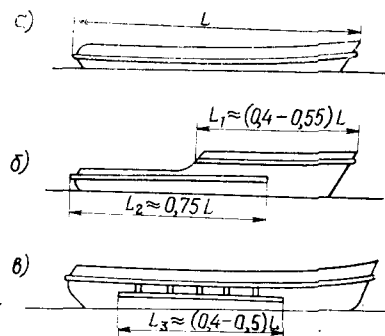


Рис. 79. Расположение привальных брусьев: а — в один ряд; б — в два ряда; в — в два ряда с вертикальными брусьями.

Основные размеры привальных брусьев, рекомендуемых для буксирных судов, мм

Наименование привального бруса	Водоизмещение, т (полное)			
	10—50	50—250	250—1000	1000—5000
Жесткий	133×5	159×6	194×8	194×8 194×10
Полужесткий	150×100	200×150	250×200	250×200
Мягкий	90×100	90×100	120×120 180×150	180×170 180×150

Регистра СССР. Кранцы подвешивают по борту судна при буксировке другого судна лагом, при швартовке к стенке пирса и т. д.

В качестве подвесных кранцев часто используют покрышки автомобильных колес, закрепленные с помощью цепей с наружной стороны фальшборта.

Устройство подъема ходовых рубок. На толкачах и толкачах-буксирах с целью обеспечения управления составом ходовая рубка должна быть поднята на значительную высоту.

Для ограничения надводного габарита в практике судостроения ходовую рубку делают подъемно-опускной. В качестве привода подъема и опускания ходовой рубки используют электромеханический с ходовыми винтами или электрогидравлический с одним или несколькими гидроцилиндрами.

ГЛАВА VI СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ

Судовые системы на буксирах и толкачах обеспечивают нормальную и безопасную их эксплуатацию и необходимые условия обитаемости. Кроме удовлетворения собственных нужд специальные системы буксиров предназначаются для обслуживания других судов. Они выполняют спасательные, водоотливные и противопожарные операции.

§ 21. Трюмные системы

Трюмные системы предназначены для обеспечения живучести, мореходных и эксплуатационных качеств судна.

Все буксиры оборудуют трюмными системами, которые в зависимости от выполняемых функций, подразделяются на:

1) осушительную систему, предназначенную для осушения всех отсеков (кроме цистерн, обслуживаемых другими системами) в нормальных условиях эксплуатации и при тушении пожаров;

2) балластную систему, служащую для приема и удаления водяного балласта с целью изменения осадки или сохранения осадки при изменении запасов топлива, выравнивания дифферента и крена либо создания в необходимых случаях заданного дифферента;

3) водоотливную систему, предназначенную для удаления больших масс воды из других судов, потерпевших аварию (спасательная система), а также для аварийного осушения собственных машинных отделений.

Трюмные системы тесно связаны между собой и в большинстве случаев имеют общие насосы и участки трубопроводов. Нормальную работу трюмных систем обеспечивает также система воздушно-измерительных труб.

Осушительная система. Каждый водонепроницаемый отсек должен осушаться не менее чем двумя самовсасывающими насосами с механическим приводом. В качестве одного из осушительных насосов может быть использован приводной насос от главного двигателя или насос общесудового назначения с механическим приводом и достаточной производительностью.

На буксирах внутреннего плавания вместо одного из насосов допускается применять паро- или водоструйный эжектор.

Производительность каждого осушительного насоса (в м³/ч) вычисляется по формуле

$$Q_n = 3,6 \frac{\pi d_m^2}{4} v, \quad (72)$$

где v — скорость воды в приемной магистрали, которая принимается равной 2 м/с. Внутренний расчетный диаметр d_m приемной магистрали, присоединяемой непосредственно к насосу, определяется по формулам:

для морских буксиров

$$d_m = \sqrt{2,8L(B+H)} + 25 \text{ мм, но не менее 50 мм;} \quad (73)$$

для буксиров внутреннего плавания

$$d_m = \sqrt{2,5L_1(B+H)} + 25 \text{ мм, но не менее 40 мм,} \quad (74)$$

где L и B — длина и ширина судна, м; H — высота борта судна до палубы переборок, м; L_1 — сумма значений длины осушаемых отсеков, м.

Площадь сечения магистрали должна быть не менее суммарной площади сечения двух наибольших приемных отростков, диаметры которых определяются по формулам:

для морских буксиров

$$d_0 = \sqrt{4,5l(B+H)} + 25 \text{ мм;} \quad (75)$$

$$d_0 = \sqrt{4,5l(b+H) + 25} \text{ мм}, \quad (76)$$

где l — длина осушаемого отсека, м; b — наибольшая ширина осушаемого отсека, м.

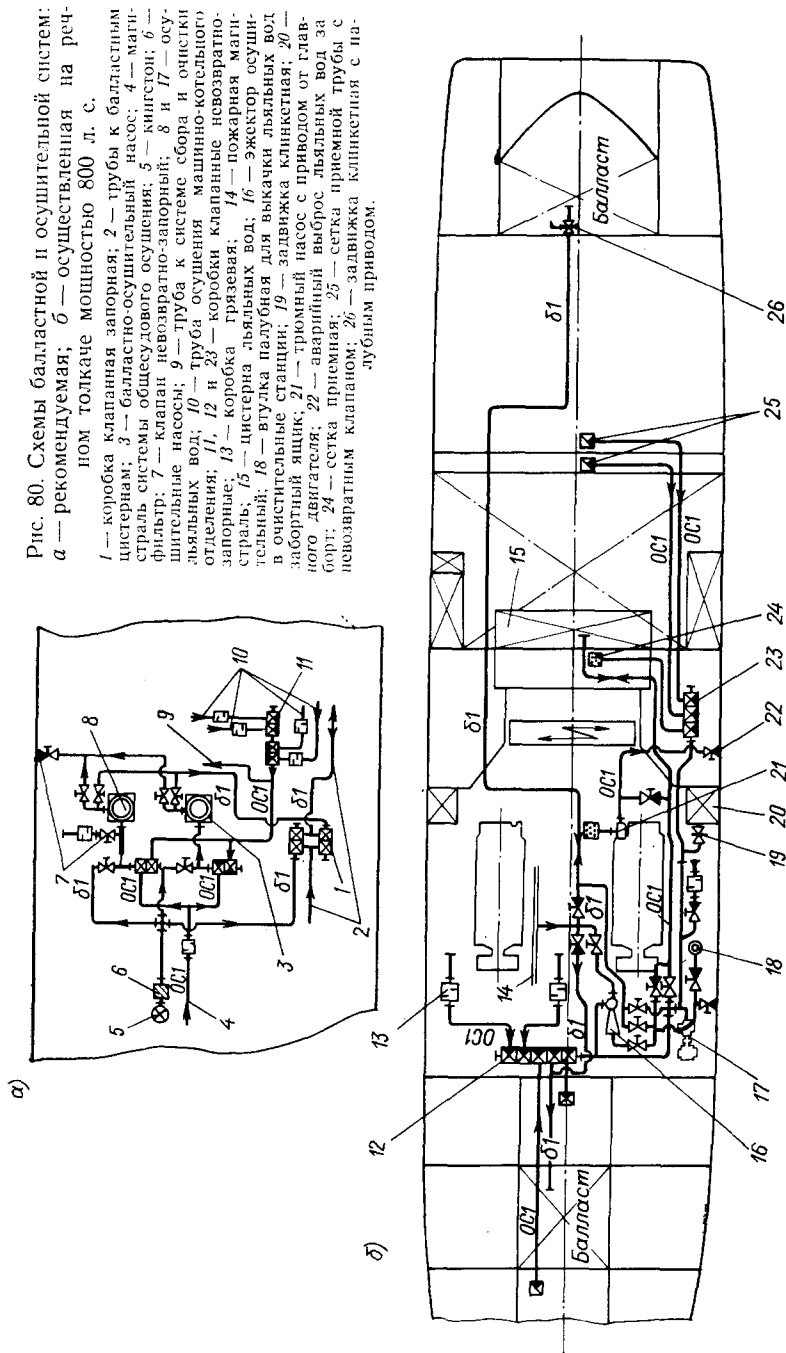
На рис. 80 приведены схемы систем осушения, особенности которых, вытекающие из требований Правил Регистра СССР, сводятся в основном к следующему. При работе одного осушительного насоса по удалению воды непосредственно из машинного отделения второй насос одновременно может осушать другие отсеки. В машинном отделении из нескольких приемных отростков один присоединен непосредственно к независимому осушительному насосу. Чтобы исключить перетекание воды из одного отсека в другой и попадание ее из-за борта, приемные клапаны 11, 12, 23 установлены невозвратно-запорного типа. На открытых концах приемных отростков, проложенных через междудонное пространство, предусмотрены сетки с невозвратными клапанами 25.

Количество приемников в каждом отсеке определяют из условия надежного осушения всех мест скопления воды с учетом дифферента и возможного крена на любой борт до 5° . Сброс льяльных вод за борт без очистки от нефтепродуктов для судов внутреннего плавания запрещен полностью, а для морских — в портах и прибрежной полосе шириной 50 миль. Достаточно эффективных судовых установок по очистке льяльных вод от нефтепродуктов на буксирах пока еще нет, поэтому подсланевая вода из машинных отделений выкачивается в специальные сборные цистерны, а по заполнению последних — в очистительные плавучие станции. На рис. 80, б показано, что осушение машинного отделения со сбросом льяльных вод в цистерну производит трюмный насос главного двигателя, а выкачку через палубную втулку 18 в очистительные станции — балластно-осушительный насос.

На некоторых буксирах осушение помещений форпика, ахтерпика и канатных ящиков производится в соответствии с правилами ручными насосами и эжекторами. Помещения ахтерпика можно осушать также в результате перепуска воды по трубе с невозвратно-запорным клапаном в отсеки, имеющие приемники осушительного насоса.

Осушительная система выполняется из стальных бесшовных оцинкованных труб с бронзовой, стальной и чугунной арматурой. У бронзовой арматуры на морских буксирах ставят протекторы. Готовые трубы и система в сборе испытывается гидравлическим давлением 4 кгс/см^2 на морских буксирах и не менее 2 кгс/см^2 на буксирах внутреннего плавания. Трубы, проходящие через цистерны, испытываются давлением не менее 4 кгс/см^2 .

Балластная система. На буксирах балластные системы обычно обслуживают осушительные насосы, а также другие насосы общесудового назначения, например пожарные. Производительность насоса выбирается из условия обеспечения скорости воды не менее



2 м/с в приемном отростке наибольшей по объему балластной цистерны. Внутренний диаметр приемного отростка каждой балластной цистерны (в мм) определяется в зависимости от емкости по формуле

$$d_b = 18 \sqrt[3]{V}, \quad (77)$$

где V — вместимость балластной цистерны, м³.

Диаметр магистрального трубопровода балластной системы должен быть не менее диаметра приемного отростка. Он уточняется расчетом на соответствие потерь напора в трубопроводе всасывающей способности насоса.

На рис. 80, а приведена схема балластной системы, которая обслуживается балластно-осушительным насосом и обеспечивает прием балласта из кингстона 8 в цистерны самотеком, прием и выкачку его насосом за борт из одной или одновременно из всех цистерн, а также перекачку из одной цистерны в другую.

На рис. 80, б показана схема системы, в которой балластные цистерны заполняются пожарным насосом, а опорожняются балластно-осушительным. Изготовление и испытание балластной системы аналогичны осушительной системе.

Водоотливная система. На всех морских буксирах мощностью более 300 л. с. предусматривается аварийное осушение машинных отделений, если для этой цели может быть использован насос, имеющий производительность, превышающую производительность основного осушительного насоса.

В качестве насоса аварийного осушения в большинстве случаев используют циркуляционные или охлаждающие насосы. Отростки аварийного осушения присоединяют непосредственно к насосам и снабжают невозвратно-запорными клапанами с приводами, возвышающимися над настилом машинного отделения не менее чем на 450 мм. Откачка аварийной воды из отсеков поврежденных судов производится водоотливными системами буксиров, получившими название спасательных (рис. 81).

На морском буксире мощностью 2000 л. с. спасательная система обслуживается центробежным электронасосом производительностью 800 м³/ч. Устойчивая работа его поддерживается вакуумным насосом. Воду из аварийного судна откачивают с любого борта по шлангам диаметром 150 мм, снабженным приемными сетками и невозвратными клапанами, которые присоединяют к приемной коробке, имеющей шесть клинкетов.

На буксирах и толкачах внутреннего плавания водоотливной насос обычно устанавливают на палубе, предусматривая прием и слив воды за борт по шлангам, что позволяет использовать насос как для выкачки воды из аварийного судна, так и для перекачки нефтепродуктов из одного судна в другое. Поэтому насосы часто называют перекачечными. В качестве перекачечных насосов на паровых буксирах обычно ставили паровые поршневые насосы с хорошей всасывающей способностью.

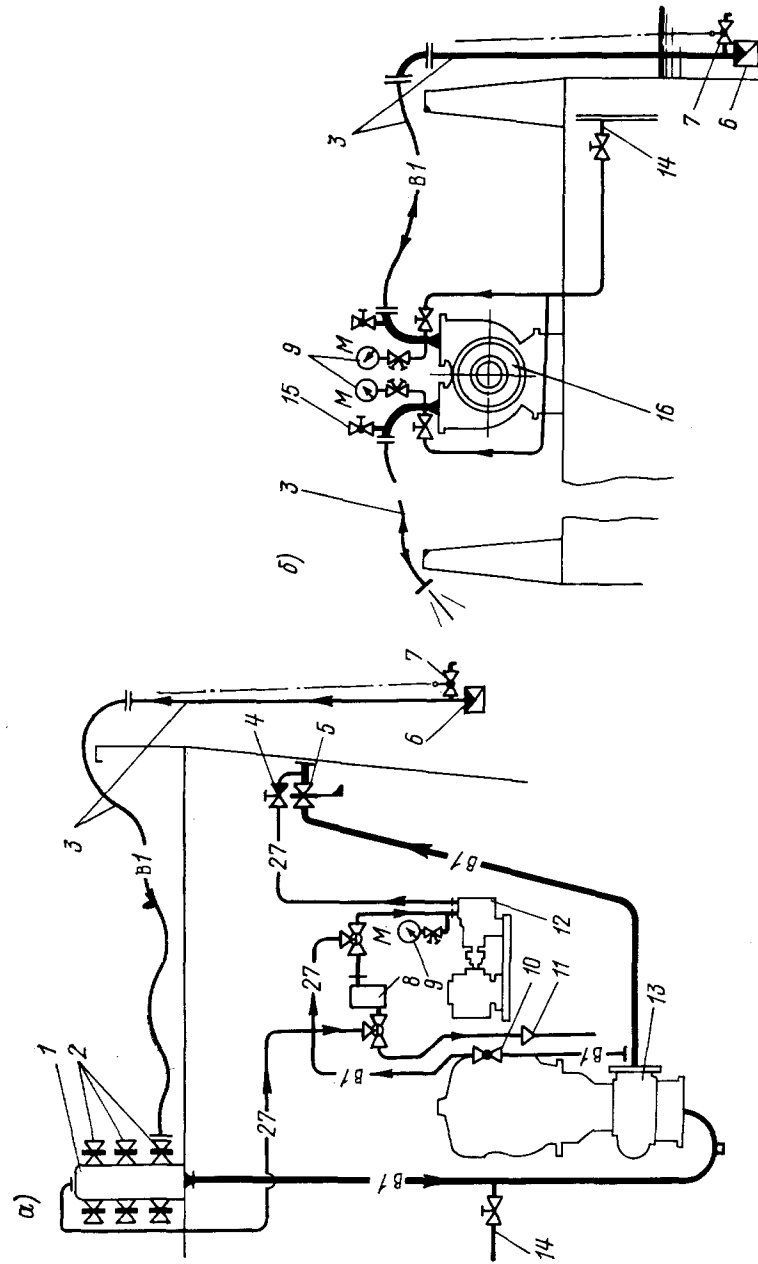


Рис. 81. Схема спасательной системы: а — морского буксира мощностью 2000 л. с.; б — речных толкачей мощностью 800 и 1200 л. с.

1 — приемная коробка; 2 — задвижка клинкетная; 3 — шланг; 4 — невозвратно-запорный клапан; 5 — задвижка клинкетная с приводом к посту управления; 6 — сетка приемная с невозвратным клапаном; 7 — кран с тросиковым приводом для спуска воды из шланга; 8 — фильтр; 9 — мановакуумметр; 10 — кран регулировки подачи охлаждающей воды; 11 — воронка для контроля заливки системы; 12 — вакуумный насос КВН-8; 13 — насос ЭЦН-14 ($Q=800$ м³/ч, $H=14$ м вод. ст.); 14 — труба для заливки системы с помощью пожарного насоса; 15 — кран для выпуска воздуха; 16 — электронасос реверсивный КН-200 ($Q=200$ м³/ч).

На толкачах мощностью 800 и 1200 л.с. спасательную систему, показанную на рис. 81, б, обслуживает реверсивный коловратный насос производительностью 200 м³/ч, поэтому схема системы предельно проста.

Кроме стационарных систем и насосов для проведения аварийно-спасательных операций буксиры и толкачи снабжаются переносными насосными средствами, к которым относятся:

1) водоструйный погружной насос (эжектор) типа ВСН-50 производительностью до 60 м³/ч;

2) погружные электронасосы типа ЭСН-16, ВПЭН-1 и ВПЭН-100 производительностью соответственно до 40, 50 и 100 м³/ч;

3) мотонасосы типа НОБ-70/7, ВСА-100 и НОБ-220/8 производительностью соответственно до 70, 100 и 222 м³/ч.

Количество и типы переносных средств бывают различными и определяются техническим заданием на проектирование в зависимости от назначения буксира или толкача.

§ 22. Противопожарные системы

Всякое горение, которым сопровождается пожар, возможно только при трех составляющих: горючее, окислитель и тепло. Чтобы предупредить или потушить возникший пожар, достаточно исклчить хотя бы одно составляющее.

Уменьшение количества горючих материалов и предохранение от возгорания необходимых на судне материалов в значительной мере достигается в результате выполнения ряда предупредительных мероприятий, установленных правилами надзора за постройкой и эксплуатацией судов и требованиями Регистра СССР и Речного Регистра РСФСР. К ним в основном относятся: пропитка горючих материалов антипиренами, огнеупорная окраска, устранение нагрева топливных цистерн, деревянных и других горючих конструкций, предупреждение утечек жидкого топлива и огнеопасных газов из специальных помещений, надежная вентиляция помещений, где могут образоваться огнеопасные газы и т. п.

Борьба с возникшим на судне пожаром производится активными средствами, в первую очередь противопожарными системами, обеспечивающими прекращение горения путем уменьшения содержания кислорода в помещении, изоляции горящих предметов от доступа воздуха или охлаждения горящих материалов.

На буксирах применяются следующие противопожарные системы, используемые непосредственно на буксире или для обслуживания буксируемых и толкаемых судов, а также других, терпящих бедствие, судов:

1) водотушение — для тушения пожара во всех помещениях, а также на других судах и на берегу компактными струями или распыленной водой. Система используется для подачи воды на пенотушение и к другим потребителям забортной воды;

2) пенотушение — предназначено главным образом для тушения пожара нефтепродуктов, но при запасе пенообразователя может быть успешно использовано во всех помещениях, а также на других судах и на берегу;

3) паротушение — для тушения пожара в цистернах топлива и масла, в глушителях, утилизационных котлах, дымоходах. Система используется также для пропаривания цистерн при очистке их перед ремонтом;

4) жидкостные системы СЖБ или ЖС — для тушения пожара парами огнегасительных жидкостей в машинных отделениях и помещениях с электрооборудованием. Система иногда используется для тушения пожара в топливных цистернах;

5) система инертных газов — для заполнения инертным газом (продуктами сгорания топлива) отсеков буксируемых и толкаемых судов как профилактическое средство с целью безопасного транспортирования нефтепродуктов.

Системы, с помощью которых создается атмосфера, не поддерживающая горения во всем объеме обслуживаемого помещения, например, паротушения, жидкостного тушения, инертных газов и пенотушения при заполнении всего объема высокократной пеной, относятся к системам объемного тушения. Водотушение и пенотушение с обычной кратностью выхода пены относятся к системам поверхностного тушения.

Любой пожар может быть легко ликвидирован, если он обнаружен в самом начале его возникновения. Поэтому кроме систем тушения пожара буксиры оборудуются системами сигнализации обнаружения пожара, которые выполняются автоматическими для опасных в пожарном отношении помещений: кладовых легковоспламеняющихся материалов, машинных отделений без постоянной вахты и т. п.

Водотушение. Система водотушения проста и надежна, поэтому применяется на всех буксирах.

Вода — наиболее дешевое, доступное и эффективное огнегасительное вещество. Имея высокую теплоемкость, вода хорошо охлаждает горящие предметы. При нагреве до 100° и превращении в пар 1 кг воды расходуется около 540 ккал тепла с образованием 1700 л пара. Наибольший эффект воды достигается, если она подается на очаг пожара в распыленном состоянии. В этом случае благодаря очень большой поверхности частиц воды значительно увеличивается объем одновременно испаряющейся воды, чем достигаются высокий охлаждающий эффект и интенсивное образование паровой прослойки, изолирующей очаг пожара от доступа свежего воздуха. Применение распыленной воды расширяет область ее использования, включая тушение пожара нефтепродуктов и электрооборудования, находящегося под напряжением.

Система водотушения обслуживается пожарными насосами с независимым механическим приводом, установленными в машинно-котельном отделении и нагнетающими забортную воду в трубопровод, к пожарным рожкам которого присоединяются шланги

(рукава) с ручными комбинированными стволами для подачи на очаг пожара воды в виде компактных или распыленных струй.

Для тушения пожара на других судах или береговых объектах служат также шланги или стационарные лафетные стволы, способные подавать воду на большие расстояния.

Количество и производительность стационарно установленных пожарных насосов для собственной противопожарной защиты определяется по нормам Регистра. Так, для морских буксиров валовой вместимостью до 1000 рег. т требуется один насос, а для буксиров валовой вместимостью от 1001 до 4000 рег. т. — два насоса, обеспечивающие напор у рожков, равный 26 м вод. ст., и производительность (в м³/ч) не менее полученной по формулам:

$$Q = km^2, \quad (78)$$

$$m = 1,68 \sqrt{L(B+H)} + 25, \quad (79)$$

где k — коэффициент, равный 0,01 при валовой вместимости менее 1000 рег. т и 0,08 при валовой вместимости более 1000 рег. т; L — длина судна между перпендикулярами, м; B — ширина судна наибольшая, м; H — высота борта до палубы переборок на миделе, м.

Общую производительность установленных пожарных насосов принимают не менее суммарного расхода воды на одновременную работу двух стволов водотушения, системы пенотушения (если она обслуживает машинное отделение) и орошение трапов и выходов.

Буксиры предназначены для обслуживания других судов, поэтому они оборудуются дополнительными средствами водотушения, мощность которых определяется техническим заданием на проектирование. Так, большинство толкачей внутреннего плавания кроме основного пожарного насоса имеют второй такой же насос; на морских портовых буксирах мощностью 1200 л. с. установлен спасательный пожарный насос ДПЖН 220/105 производительностью 220 м³/ч с автономным дизельным приводом; морские буксиры-спасатели мощностью 2000 л. с. дополнительно оборудованы двумя спасательными пожарными насосами ЭПЖН-2 производительностью 220 м³/ч при напоре 105 м вод. ст. каждый.

Трубопровод системы водотушения обычно выполняют в виде линейной магистрали, в которую подают воду все насосы. От магистрали проводят отрезки к рожкам, расположенным в местах, удобных для присоединения шлангов. Количество рожков определяют из условия подачи в любое место судна не менее двух струй; в машинном отделении рожков должно быть не менее двух. От магистрали проводят также отрезки к другим потребителям забортной воды: к системе пенотушения, эжекторам осушения, на искрогашение, резервное охлаждение механизмов, обмыв якорных канатов, промывку фекальной цистерны и др.

Диаметр магистрали определяют расчетом на обеспечение напора у рожков не ниже требуемого. Скорость движения воды в участках трубопровода, часто используемых для подачи воды,

должна быть не более 3 м/с для стальных труб и 1,2 м/с для медных.

Кроме указанных системы водотушения имеют следующие особенности (рис. 82): напорная труба каждого насоса 1, 6 снабжена невозвратно-запорным клапаном 10, препятствующим утечке воды при одном неработающем насосе; между насосом 6 и невозвратно-запорным клапаном установлен рожок для водотушения в машинном отделении при полностью отключенной системе в случае ее повреждения; наружные участки трубопровода и проложенные в неотапливаемых помещениях могут отключаться клапанами 19.

При работе спасательного пожарного насоса 1 вода подается на другие суда лафетным стволом и по шлангам от рожков колонок, расположенных на обоих бортах.

Некоторые буксиры-спасатели имеют от двух до шести лафетных стволов, а для безопасной швартовки к горящему судну снабжаются водяной бортовой завесой, создаваемой распылителями. К распылителям вода подается от быстродействующих клапанов, имеющих дистанционное управление из ходовой рубки.

Система водотушения на толкачах внутреннего плавания показана на рис. 83. Один из пожарных насосов имеет дистанционное управление, которое осуществляется из ходовой рубки. Для подачи воды на толкаемые баржи в носовой части толкача установлен рожок, который соединяется шлангом с системой водотушения баржи. При толкании барж с нефтепродуктами от системы подается вода в трубы орошения, снижающие искрообразование в упорах и сцепе.

Кроме систем водотушения со стационарными насосами буксиры-спасатели имеют 1—3 переносные мотопомпы типа М600 или МП800 с комплектами рукавов.

Трубопровод системы водотушения выполняют из стальных бесшовных оцинкованных труб с фланцевыми соединениями и прокладками из паронита. Арматуру применяют стальную, чугунную и бронзовую.

На прочность трубы испытывают гидравлическим давлением, равным двойному рабочему, а собранная система — на плотность давлением, равным 1,25 от рабочего, и в действии.

Пенотушение. В системах пенотушения используется воздушно-механическая пена, получаемая с использованием пенообразователя ПО-1 (ГОСТ 6948—70) — жидкости темно-коричневого цвета с удельным весом 1,1 и температурой замерзания не выше —8°. При механическом перемешивании воздуха с 1 л воды, в которой содержится 2—4% пенообразователя ПО-1, получается 10 л пены, что соответствует кратности выхода пены, равной десяти, и удельному весу ее 0,1 г/м³.

Содержание пенообразователя ПО-1 увеличивается до 5—6% при низких температурах. Стойкость пены составляет 30 мин — за это время из пены выделяется половина жидкости, из которой она получена. В случае замерзания пенообразователь не теряет своих качеств. При испарении воды и загустевании он может быть

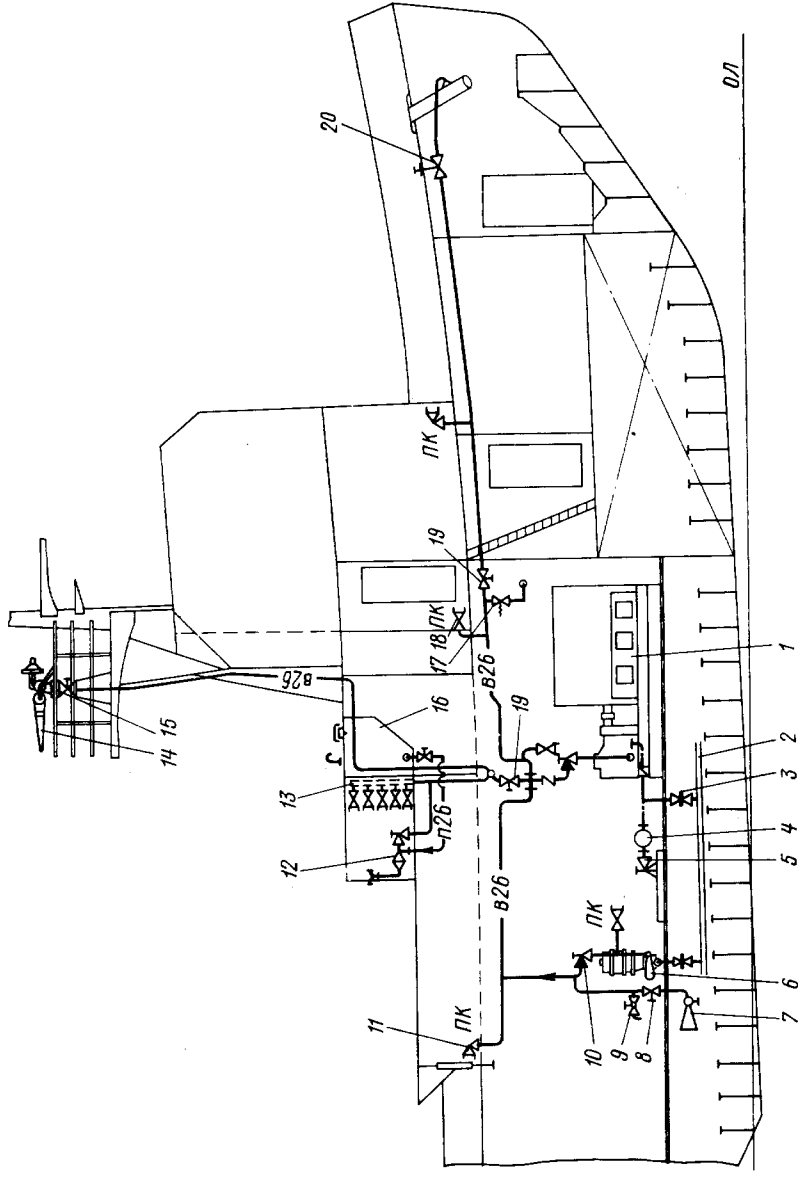


Рис. 82. Схема системы водотушения морского портного буксира мощностью 1200 л. с.
 1 — насос пожарный; 2 — перемишка кингстонов; 3 — задвижка клинкетная; 4 — фильтр; 5 — кинг-стои; 6 — пожарный насос НЦВ 25/65; 7 — эжектор осушения; 8, 15 и 19 — клапаны запорные; 9 — кран спускной; 10 — клапан невозвратно-запорный; 11 и 18 — пожарные рожки; 12 — эжектор-смеситель пенотушения; 13 — колонка с пожарными рожками; 14 — лафетный ствол; 16 — цистерна с пенообразователем; 17 — клапан предохранительный; 20 — клапан с палубным приводом.

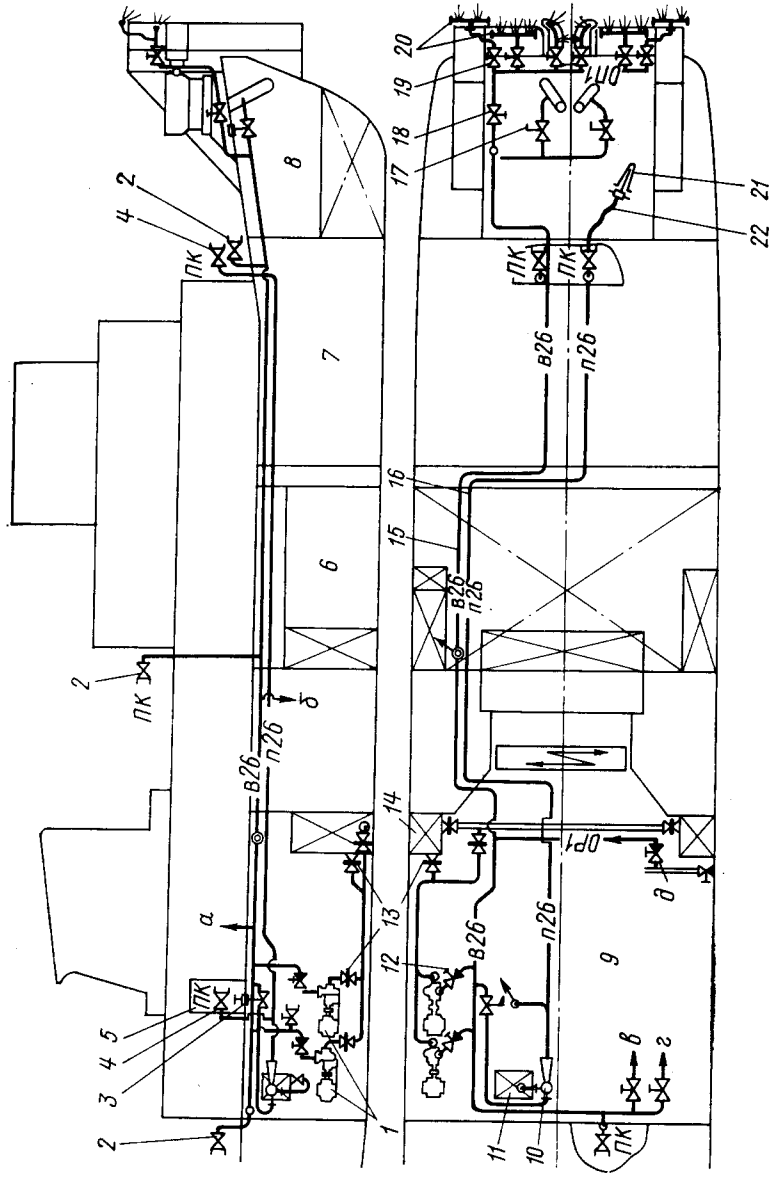


Рис. 83. Схема систем противопожарной, водной и пенотушения на речном толкаче мощностью 800 л. с.
 1 — насос пожарный; 2 — пожарный рожок; 3 — валиковый привод к клапану; 4 — пожарный рожок пенотушения; 5 — насос для пожарного рожка, пеноствола и рукава; 6 — топливо; 7 — помещения команды; 8 — шкиперская; 9 — машинное отделение; 10 — пеносмеситель; 11 — цистерна с пенообразователем ПО-1; 12 — клапан невозвратно-запорный; 13 — задвижка клинкетная; 14 — заборный ящик; 15 — магистраль водотушения; 16 — магистраль пенотушения; 17 — клапан запорный с палубным приводом; 18 — клапан запорный; 19 — пусковые клапаны орошения упоров и сцеха; 20 — трубы на управление стрелок; а — на охлаждение инертных газов; б — к фискальной цистерне; в — в балластные цистерны; з — к эжектору осушения; д — на орошение упоров и сцехов от системы охлаждения двигателей.

разбавлен водой до первоначального состояния. Срок хранения ПО-1 практически не ограничен. При использовании морской воды качество пены несколько снижается, а добавление нефтепродуктов даже в очень ограниченном количестве вызывает резкое снижение кратности и стойкости пены из-за выпадения в осадок клея, имеюще-

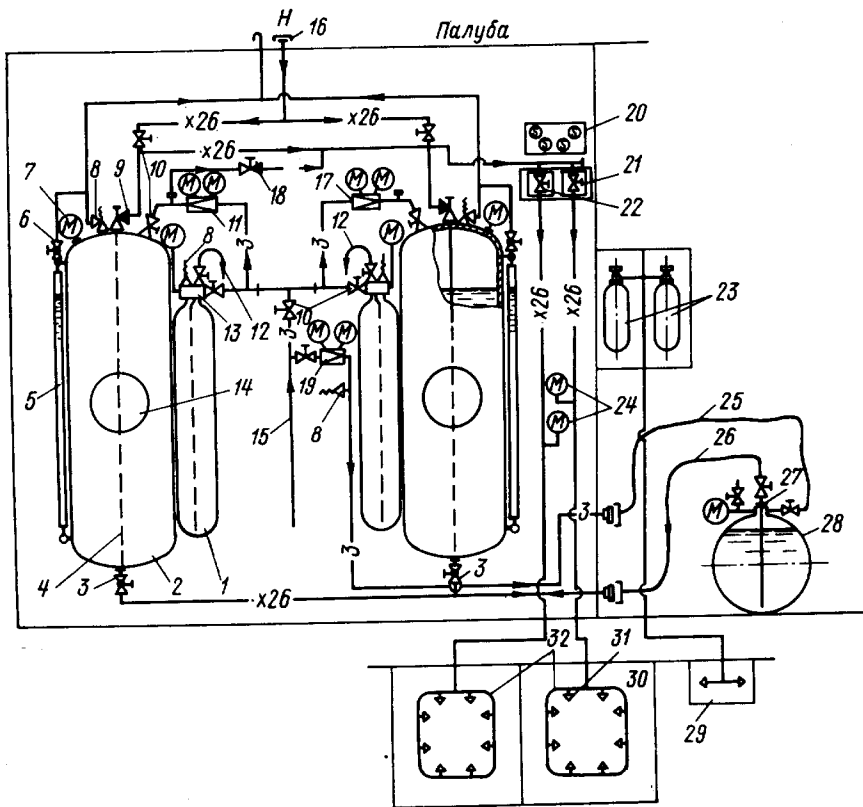


Рис. 84. Схема системы жидкостного пенотушения с ручным управлением.

1 — баллон сжатого воздуха; 2 — цистерна с огнегасящей жидкостью; 3 — кран спускной; 4 — сифонная труба; 5 — указатель уровня; 6 — кран для выпуска воздуха; 7 — манометр; 8 — клапан предохранительный; 9 и 18 — клапаны невозвратно-запорные; 10 — клапан запорный; 11, 17 и 19 — клапаны редукционные с манометрами; 12 — труба для продувки баллона; 13 — головка воздушного баллона; 14 — люк цистерны; 15 — труба системы сжатого воздуха; 16 — втулка наливная; 20 — щиток сигнальных ламп; 21 и 22 — клапаны с блокировкой; 23 — огнетушитель ОУБ-7; 24 — реле давления; 25 — шланг сжатого воздуха ($P=2 \text{ кгс/см}^2$); 26 — шланг для жидкости; 27 — приспособление для перелива жидкости; 28 — бочка железная; 29 — кладовая; 30 — машинное отделение; 31 — распылитель; 32 — кольцевая магистраль в охраняемом помещении.

гося в пенообразователе, что в свою очередь усиливает коррозионное действие пенообразователя на металл.

Для получения воздушно-механической пены может быть использован также пенообразователь ПО-6, который обеспечивает кратность выхода пены, равную шести, при стойкости ее не менее 60 мин. Огнегасительные качества пены, полученной на основе

пенообразователя ПО-6, более высокие по сравнению с таковыми у пены из ПО-1, но применение ПО-6 на буксирах нецелесообразно по следующим причинам: 1) при хранении этот пенообразователь может портиться (загнивать) и постепенно терять пенообразующие свойства и 2) ПО-6 не может быть использован для получения высокократной пены.

Воздушно-механическая пена хорошо тушит пожары нефтепродуктов. Имея малый удельный вес и хорошую текучесть, она покрывает поверхность горящих нефтепродуктов, изолирует их от атмосферного воздуха и охлаждает; в результате резко снижается испарение нефтепродуктов. Пена может быть успешно использована для тушения пожара твердых горючих материалов в помещениях судна или на открытых палубах. Обладая большой смачивающей способностью, она способна быстрее, чем огонь, проникать вглубь хлопка или других волокнистых материалов.

Ввиду высоких огнегасительных свойств воздушно-механическую пену используют на многих буксирах для собственных нужд и обслуживания других судов. Применяемая на толкачах система пенотушения (рис. 84), служит основным средством борьбы с пожаром в машинных отделениях и может быть применена на толкаемых судах. Запас ПО-1 от 300 до 1000 л хранится в цистерне, снабженной трубой с палубной втулкой для налива, воздушной трубой и расходным краном. Иногда вместо воздушной трубы на цистерне ставится клапан, препятствующий испарению пенообразователя и автоматически открывающийся только при разрежении в цистерне во время расхода пенообразователя. При работе системы пенотушения вода из пожарной магистрали подается в смеситель воды и ПО-1 (условно он называется пеносмесителем), отрегулированный на подсос 4% пенообразователя из цистерны. Смесь воды с пенообразователем поступает по трубопроводу к рожкам, к которым присоединяются шланги с воздушно-пенными стволами. В стволе смесь подсасывает воздух и выходит наружу в виде струи пены.

Для обслуживания машинного отделения рожок с шлангом и воздушно-пенным стволом располагают у входа и сюда же выводят валиковый привод для дистанционного управления клапаном пуска воды от пожарной магистрали.

На морских буксирах систему пенотушения выполняют аналогично. Правилами Регистра СССР предусмотрено оборудование морских буксиров, предназначенных для буксировки наливных судов, системой пенотушения, способной подавать в течение 15 мин не менее 8 м^3 воздушно-механической пены в минуту, при одновременной работе не менее двух стволов водотушения с диаметром срыска 16 мм. Этому условию удовлетворяют морские буксиры мощностью 2000 л. с., имеющие 500-л запас ПО-1, достаточный для работы системы пенотушения в течение 15 мин и состоящий из пеносмесителя ВЭЖ-17 производительностью $10 \text{ м}^3/\text{мин}$ и двух ручных воздушно-пенных стволов производительностью по $4-5 \text{ м}^3$ пены в минуту.

Пеносмеситель ВЭЖ-17 изготовлен из бронзы и пригоден для морской воды. На речных толкачах применяют такие же по размерам и устройству пеносмесители ПС-5 из легкого сплава. В связи с ростом перевозок нефтепродуктов на крупных танкерах и необходимости их надежного обслуживания некоторые морские и океанские буксиры-спасатели оборудованы мощными лафетными стволами с пенообразующими насадками. Такие стволы способны подавать струи воды или пены на расстояния, превышающие соответственно 100 и 60 м.

К нескольким одновременно работающим лафетным стволам необходимо подавать значительное количество смеси воды с пенообразователем, что может быть обеспечено различными устройствами. Наиболее просто смешение осуществляют подачей пенообразователя во всасывающую трубу насоса или при помощи шайбового дозатора, нашедшего широкое применение в системах пенотушения танкеров.

Эффект использования системы пенотушения можно значительно повысить за счет приготовления высокократной воздушно-механической пены. Из одного объема смеси воды (94%) и пенообразователя ПО-1 (6%) в пеногенераторе получается до 100 объемов пены. Такая пена может применяться не только для поверхностного, но и для объемного тушения пожара, так как за короткий промежуток времени заполняет любое недоступное для людей из-за пожара помещение. При этом резко снижается температура в районе пожара, вытесняется весь дым, а прекращение доступа свежего воздуха приводит к ликвидации очага пожара.

Паротушение. В качестве огнегасительного вещества в системе паротушения используют водяной насыщенный пар давлением 5—8 кгс/см².

На буксирах, имеющих паровые котлы, системой паротушения оборудуются цистерны жидкого топлива и смазочного масла, кладовые легковоспламеняющихся материалов, фонарные, малярные, глушители двигателей внутреннего сгорания, утилизационные котлы, дымовые трубы котлов, пространство под котлами, работающими на жидком топливе.

Паротушение может служить основным средством борьбы с пожаром только в том случае, если подача пара с расходом не менее 1,33 кг/ч на каждый 1 м³ валового объема наибольшего охраняемого помещения обеспечена немедленно во всех условиях эксплуатации как на ходу, так и на стоянке судна. Это условие удовлетворяется на очень немногих буксирах, оборудованных главными паровыми энергетическими установками. На буксирах-теплоходах основным противопожарным средством, как правило, для всех помещений служат другие системы (водотушение, пенотушение, жидкостные системы), однако если имеются паровые вспомогательные котлы, паротушение обычно предусматривается, так как не только повышает надежность противопожарных средств, но и служит для пропаривания цистерн при очередных их чистках и ремонте.

Станцию паротушения располагают вне охраняемых помещений, но вблизи их — чаще всего в нишах или выгородках шахт машинных или котельных отделений. Станция представляет распределительную коробку, пусковые клапаны которой имеют надписи с названием обслуживаемых помещений, куда проведены трубы. К коробке пар подводят по самостоятельным трубопроводам от котлов и от втулки приема пара с берега или дока.

Чтобы в обычных условиях эксплуатации исключить всякую возможность обводнения топлива и масла в цистернах за счет утечек пара через неплотно закрытые клапаны, на коробке ставят спускной (сигнальный) кран, который всегда открыт и закрывается только при использовании системы по назначению.

Для тушения пожара, возникающего в пространстве под котлом, служит труба с раструбом или перфорированный трубопровод, пар в который поступает по трубе с пусковым клапаном, расположенным около котла, в месте, удобном для немедленного тушения возникшего очага пожара.

Надежность противопожарной защиты машинно-котельных отделений можно еще более повысить, если использовать трубопровод системы паротушения для подачи по нему огнегасительной жидкости, как это, например, выполнено на морских буксирах мощностью 2000 л.с. На таких буксирах моторное, дизель-генераторное отделения и помещение электропитания оборудованы системой жидкостного тушения (рис. 85). Паротушение в цистернах топлива и масла, расположенных в пределах данных помещений, Правилами Регистра СССР не требуется, однако система паротушения имеется.

Распределительная коробка станции паротушения соединена паропроводом с двумя станциями системы жидкостного тушения. Таким образом, имеется возможность тушить пожар в цистернах, утиль-котлах и в пространстве под котлом паром или огнегасительной жидкостью — в зависимости от создавшейся обстановки.

На буксирах нет больших помещений, обслуживаемых системой паротушения, поэтому в каждое помещение объемом менее 500 м³ достаточно провести одну трубу диаметром 15 мм. В цистернах с нефтепродуктами трубы заканчивают в наиболее возвышенной их части, а в других помещениях — на высоте 0,8—1 м от настила.

Трубопровод выполняют из стальных бесшовных труб с штуцерными или фланцевыми соединениями, имеющими прокладки из паронита. Арматура — стальная или латунная.

При изготовлении системы паротушения испытываются: готовые трубы — на прочность гидравлическим давлением, равным двойному рабочему; полностью собранная система — на плотность гидравлическим давлением, равным полуторному рабочему; в действии — кратковременным впуском пара во все охраняемые помещения.

Жидкостное тушение. Это сравнительно новая система обладает рядом преимуществ по сравнению с другими системами. К таким преимуществам относятся:

1) высокий эффект тушения пожара многих горючих материалов, включая нефтепродукты;

2) простота устройства и эксплуатации в связи с отсутствием высокого давления в емкостях хранения огнегасящих жидкостей;

3) постоянная готовность к немедленному пуску в действие.

Огнегасительные жидкости не портят материалов и оборудования. Они являются диэлектриками и могут быть использованы

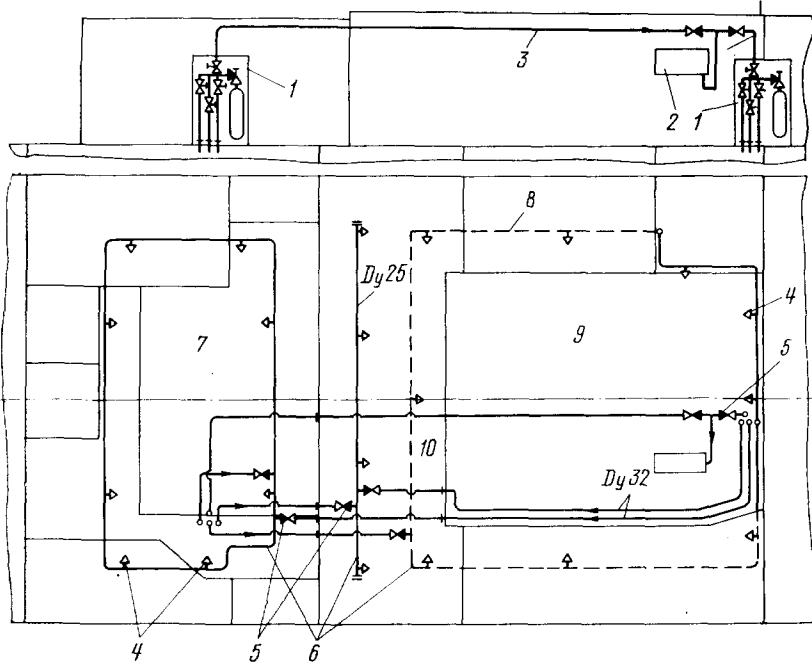


Рис. 85. Система жидкостного тушения на буксире мощностью 2000 л. с.

1 — станция жидкостного пенотушения; 2 — станция паротушения; 3 — трубопровод для подачи жидкости в топливные цистерны через систему паротушения; 4 — распылитель; 5 — клапан невозвратный; 6 — трубопровод охлаждаемых помещений; 7 — моторное отделение; 8 — трубы под платформой; 9 — дизель-генераторное отделение; 10 — помещение электриков на платформе.

в помещениях с электрооборудованием, находящимся под напряжением, поэтому их можно считать незаменимыми для использования в машинных и котельных отделениях с механизмами, работающими на жидком топливе.

В качестве огнегасительной жидкости на буксирах более ранней постройки получил распространение давно известный состав ЖС, основным компонентом которого служит четыреххлористый углерод.

В последние годы стали применять новые жидкостные составы СЖБ, которые благодаря ряду существенных преимуществ заменяют состав ЖС. Основные физико-химические и технические показатели составов и жидкостей приведены в табл. 35.

Таблица 35

Характеристика жидкостных составов

Условное обозначение состава	Наименование жидкости или компонента состава	Соотношение компонентов, %	Удельный вес жидкости, т/см ³	Удельный вес состава при 20°С, т/см ³	Относительная плотность паров по воздуху	Температура, °С		Огнегасительная концентрация для объема тушения	Норма расхода состава для тушения нефтепродуктов, т/м
						кипящая	замораживающая		
ЖС	Четыреххлористый углерод Дибромэтан (бромистый этилен) Нафталин	94	1,59	1,6	~5,5	75	От -25 до -35	—	360
		5	2,18						
		1	—						
Составы СЖБ	Бромистый этил Тетрафтордибромэтан	84	1,45	1,53	4,58	38—47	Ниже -100	4,8	215
		16	2,13						
		73	1,45	1,59	5,16	38—47	Ниже -100	4,6	215
27	2,13								
Фреон 114В-2	Бромистый этил Бромистый метилен	70	1,45	1,71	4,44	38—90	Ниже -70	4,6	206
		30	2,5						
		100	2,13	2,13	8,97	47	-112	1,9	162
4НД	Бромистый этил Углекислота	97	1,45	1,45	3,68	38	-119	5,6	—
		3	—						
«7»	Бромистый метилен Бромистый этил	80	2,5	2,51	5,55	38—98	Ниже -70	3,0	—
		20	1,45						

По сравнению с бромистым этилом четыреххлористый углерод во много раз токсичнее, поэтому Правилами Регистра запрещено применение его на судах в качестве огнегасительной жидкости, а рекомендуется использовать состав ВФ-2.

Для всех огнегасительных жидкостей устройство системы одинаково: в специальной станции размещаются резервуары для жидкости, баллоны сжатого воздуха, контрольно-измерительные приборы, средства сигнализации и пусковая арматура. От резервуаров проведены трубопроводы, которые в охраняемых помещениях имеют распылители. Баллоны сжатого воздуха нужны в связи с тем, что давление паров всех жидкостей и составов при обычной температуре в помещениях невелико и практически не превышает 2 кгс/см², поэтому подать жидкость в охраняемые помещения можно только вытеснив ее из резервуаров сжатым воздухом, давление которого должно быть достаточным для покрытия потерь напора в трубопроводах и распылителях.

Все оборудование системы устанавливается в специальной станции пожаротушения с герметичными переборками. Станция размещается вне охраняемых помещений и снабжается выходом на открытую палубу. На небольших судах, где системой охраняются небольшие по объему помещения, такая станция может быть размещена на открытой палубе, например в выгородке под трапом или на стенке в виде шкафа.

Помещение станции должно иметь тепловую изоляцию из трудносгораемых или несгораемых материалов для предохранения от нагрева за счет солнечной радиации и вентиляцию, обеспечивающую 8—10 обменов в час. Для искусственного освещения станции используется как основная, так и аварийная сети освещения, а для естественного — иллюминатор в стенке или двери, через которые можно вести наблюдение за температурой по термометру внутри помещения.

Наиболее распространенное размещение оборудования станции и состав его показаны на рис. 84. Из двух комплектов основного оборудования один служит запасным на случай повторного тушения пожара в любом охраняемом помещении, включая наибольший по объему. Цистерны часто заполняют открытым наливом через палубную втулку 16. Однако рекомендуется закрытый налив непосредственно из железных бочек 28, в которых транспортируются огнегасительные жидкости.

Пары огнегасительных жидкостей опасны для людей, поэтому выпуск жидкостей в помещения, где могут находиться люди, например в машинном отделении, должен сопровождаться сигнализацией предупреждения. Обычно сигнализация осуществляется с помощью блокировочного устройства на пусковом клапане. Для того чтобы люди своевременно могли покинуть помещение, сигнал должен быть подан не менее чем за 60 с до пуска жидкости.

Сигнал предупреждения подается только в то помещение, в которое проникла жидкость. Он должен быть ясным и хорошо слышен среди шума в помещении. В дополнение к звуковому сигналу

дается световой сигнал с надписью «Газ! Уходи!» Исправность действия предупредительной сигнализации контролируется обратным сигналом из охраняемого помещения по сигнальной лампе на щитке, установленным на станции около пусковых клапанов. Начало и конец выпуска жидкости может контролироваться по второй сигнальной лампе на щитке, которую включает реле 24 при наличии давления в трубопроводе. Питание сигнализации производится током как от общесудовой, так и от аварийной сети.

На крупных буксирах целесообразно иметь систему с повышенной надежностью, что достигается за счет размещения оборудования в двух небольших станциях, как это выполнено, например на буксирах мощностью 2000 л. с. (см. рис. 85). В каждой станции размещена только половина оборудования. Таким образом, разделив оборудование на две части и разместив его в двух небольших станциях, можно получить систему с повышенной надежностью, поскольку каждое охраняемое помещение будет обслуживаться двумя станциями. Эта схема удобна для любых буксиров, на которых выделение одной сравнительно большой площади для станции встречает затруднения. Особенностью системы буксира мощностью 2000 л. с. является также возможность подачи огнегасительной жидкости во все топливные цистерны и утилизационные котлы через систему паротушения.

Эффект тушения значительно повышается при быстром введении расчетного количества жидкости равномерно по всему помещению: быстрее подавляется огонь, меньше выделяется токсичных продуктов термического распада горючих материалов и паров огнегасительной жидкости. Поэтому трубопровод должен обеспечивать подачу жидкости в помещение в мелкораспыленном состоянии за время не более одной минуты.

В охраняемом помещении распределительный трубопровод размещают в верхней части помещения возможно ближе к ограничивающей его сверху палубе, а распылители устанавливают равномерно по всей площади и так, чтобы корпусные конструкции и другие трубопроводы не мешали свободному распылению жидкости. Если помещение разделено проницаемыми переборками, то распылители устанавливают во всех частях помещения.

В помещениях, высота которых больше 5 м, распылители располагают ярусами, т. е. на разной высоте с учетом равномерного заполнения всего объема помещения парами испаряющейся жидкости. Трубопровод от станции до охраняемых помещений прокладывают по возможности кратчайшим путем под защитой судового набора, с минимальным количеством изгибов и соединений и с уклоном в сторону охраняемых помещений. В жилых и служебных помещениях трубопровод не должен иметь разъемных соединений.

Свойства огнегасительной жидкости позволяют выполнять трубопровод из различных материалов. Наиболее часто применяют стальные бесшовные оцинкованные трубы. В охраняемых помещениях распределительный трубопровод можно изготовить из

оцинкованных водогазопроводных труб с соединениями из фитингов ковкого чугуна.

Если в качестве огнегасительной жидкости используют фреон 114В-2 в чистом виде, то трубопровод можно изготовить из труб алюминиевых сплавов.

Арматура, находящаяся в контакте с жидкостью, должна иметь набивку из фторопласта. Прокладки соединений труб в подобных случаях изготавливают из фторопласта или текстолита. Прокладки соединений, имеющих кратковременное соприкосновение с жидкостью, могут быть паронитовые.

После изготовления и монтажа система, испытанная на прочность и плотность, должна быть проверена в действии. Правильность монтажа, работа распылителей, настройка редуционных и предохранительных клапанов проверяется продувкой сжатым воздухом.

В снабжении судна должен быть предусмотрен переносный электровентилятор для вентиляции охраняемых помещений после тушения пожара при помощи жидкостной системы. В процессе проверки системы определяют удобство использования электровентилятора и возможность подачи питания от электросети вблизи всех охраняемых помещений.

Система инертных газов. Инертных газов, которые можно использовать в качестве огнегасительного вещества, много, но в данном случае имеются в виду газы, полученные при сгорании топлива в двигателях внутреннего сгорания, котлах или специальных генераторах газа.

Системы инертных газов получили распространение главным образом на толкачах и буксирах внутреннего плавания, имеющих специальные станции, часто называемые дымомагнетательными установками, для приготовления инертного газа.

Системы служат главным образом для предупреждения взрывов и пожаров на толкаемых нефтеналивных баржах, но могут быть успешно использованы для тушения пожаров в грузовых трюмах сухогрузных судов.

По способу получения инертных газов системы можно разделить на три группы: 1) системы с использованием дымового (выхлопного) газа двигателей внутреннего сгорания; 2) системы с использованием дымового газа котлов; 3) системы, обслуживаемые специальными генераторами газа.

Независимо от способа получения инертных газов общими для всех известных систем являются устройства для охлаждения газа до температуры не выше 40° и очистки от вредных примесей.

Состав дымовых газов двигателей внутреннего сгорания в зависимости от типа двигателя, режима его работы и вида топлива может значительно колебаться: 10—15% кислорода и 4—7% углекислого газа. Даже четырехтактные двигатели при 100%-ной загрузке дают газ с содержанием 10—12% кислорода и 6—7% углекислого газа, что не удовлетворяет требованиям, предъявляемым

к инертному газу. Согласно этим требованиям инертный газ должен содержать не более 7—8% кислорода.

Однако использование дымовых газов двигателей внутреннего сгорания представляет большой интерес в связи с тем, что такие двигатели установлены на многих судах и позволяют сравнительно легко и в большом количестве отбирать газ, выходящий из двигателей. В простейших по устройству системах газ подвергают только охлаждению и очистке. Такие системы установлены на толкачах, обеспечивающих буксировку или толкание нефтеналивных барж. Толкание барж более экономично, но и более опасно, поэтому при перевозке нефтепродуктов первого разряда оно допускается, только если используются инертные газы. Установлено, что при наружной температуре не ниже —5° в отсеках, заполненных не менее чем на 80% нефтепродуктами первого разряда, за счет их испарения быстро устанавливается невзрывоопасная концентрация с содержанием паров нефтепродуктов в свободном объеме отсеков более 6%. В этом случае только в сухие отсеки и коффердамы могут проникнуть пары нефтепродуктов и создать взрывоопасную атмосферу. Для устранения такой опасности отсеки и коффердамы «вентилируют» — периодически продувают при помощи системы инертных газов, имеющейся на толкаче и использующей дымовой газ двигателей. Последний должен содержать не менее 6% углекислого газа и иметь температуру не выше 40° С.

По существующим правилам для толкания порожней баржи необходимо при разгрузке грузовые отсеки заполнить газом, содержащим не менее 12% углекислого газа. По окончании разгрузки в грузовых отсеках, коффердамах и сухих отсеках должно быть не менее 10% углекислого газа. Во время рейса во все отсеки должен периодически подкачиваться газ так, чтобы содержание углекислого газа в них не опускалось ниже 7,5%. Поэтому порожние баржи заполняют инертным газом от специальных дымомагнетательных станций или буксируют (а не толкают) без заполнения инертным газом.

Ввиду того, что дымовые газы двигателей внутреннего сгорания обладают низкими огнегасительными свойствами, использование их в качестве инертных газов крайне ограничено. Чтобы расширить возможности применения этих газов, было экспериментально проверено несколько вариантов установок для снижения содержания кислорода в дымовом газе в результате дожига, т. е. сжиганием дополнительного топлива: в среде газа при наличии катализатора, в смеси с воздухом в специальном генераторе и непосредственно в двигателе путем возврата в него части охлажденных газов вместо воздуха.

Проведенные эксперименты подтвердили возможность их практического осуществления, но распространения на толкачах ни один из способов дожига пока не получил.

Дымовой газ из котлов содержит 3,5—4,5% кислорода и 13—14% углекислого газа. Этот состав газа соответствует основным

требованиям, предъявляемым к инертному газу. Содержание кислорода в газе можно еще более снизить, если котельная установка используется в качестве генератора газа. Производительность установок различна: от 2000 до 8000 м³/ч газа при диаметре скруббера 800—1200 мм. Высота слоя орошаемой насадки 900—1100 мм и сухой — около 300 мм.

Обеспечивая охлаждение газа, скрубберы слабо очищают его от сажи, поэтому газ нельзя использовать для заполнения отсеков со светлыми нефтепродуктами.

В целях быстрого заполнения инертными газами свободного объема нефтеналивных судов, увеличения длительности сохранения безопасной концентрации газов в них (не ниже 7,5% CO₂) дымомагнетательные установки должны вырабатывать инертный газ с содержанием углекислого газа не менее 12% и кислорода не более 4% при температуре после скруббера не выше 40°С.

Производительность станции инертных газов в период выгрузки должна в 2—3 раза превышать производительность нефтеперекачивающих насосов (по объему); при этом содержание углекислого газа в подпалубном пространстве разгружаемого судна не должно падать ниже 7,5%. По окончании разгрузки концентрация углекислого газа в отсеках доводится не менее чем до 12%, после чего все отсеки полностью герметизируют и судно может быть отправлено в рейс.

Практически в условиях транспортировки длительность сохранения безопасной концентрации инертных газов в грузе судах в летний период составляет до трех суток, в осенний — до пяти суток. В порожних судах безопасная концентрация газов сохраняется до десяти суток.

Ввиду небольшого срока сохранения безопасной концентрации инертных газов на судах в летний период навигации целесообразна периодическая подкачка инертных газов, что на несамходных судах достигается транспортировкой их толкачами, оборудованными дымомагнетательными станциями. В этом случае подкачка газов возможна в любое время, а продолжительность сохранения их безопасной концентрации нетрудно увеличить в результате подачи воды на орошение палубы насосом толкача. Такой способ очень выгоден, поскольку охлаждение палубы значительно сокращает потери легколетучих фракций нефтегруза. Подкачку инертных газов в холодное время года можно производить в любое время суток, а в летний период — в вечернее и ночное время, когда давление в отсеках за счет конденсации паров нефтепродуктов падает и продолжительность заполнения инертным газом значительно сокращается.

На отечественных толкачах-буксирах, где отсутствуют паровые энергетические установки, предусмотрена возможность использования передвижных газогенераторных установок «Волга». Передвижные установки предназначены для заполнения инертным газом отсеков нефтеналивных судов при ремонте их в период зимнего отстоя. Эти установки, стационарно установленные на толкачах,

могут служить в зимнее время по основному назначению, а в период навигации — для заполнения отсеков толкаемых барж инертным газом в целях безопасной транспортировки нефтепродуктов всех разрядов.

Устройство газогенераторной установки «Волга» показано на рис. 86. Установка вырабатывает 470—800 м³/ч охлажденного инертного газа, содержащего 12—13% CO₂ с напором соответ-

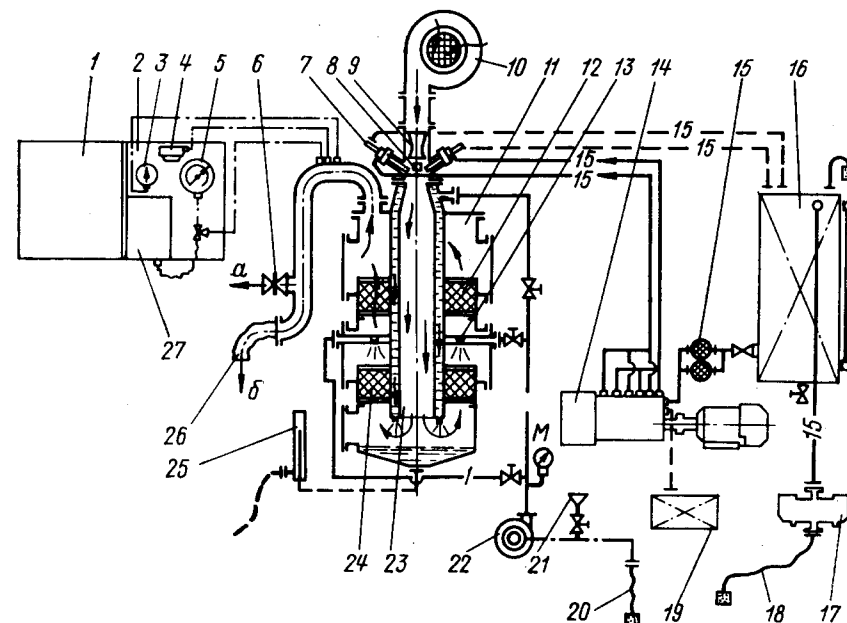


Рис. 86. Принципиальная схема газогенераторной установки «Волга».

1 — щит управления; 2 — щит контроля; 3 — термометр манометрический ТПП; 4 — температурное реле КР-1; 5 — напорометр; 6 — задвижка; 7 — форсунка; 8 — свеча зажигания; 9 — диффузор; 10 — электровентилятор; 11 — корпус газогенератора; 12 — насадка осушения газа; 13 — кольцо орошения; 14 — топливный насос; 15 — фильтр; 16 — цистерна; 17 — ручной насос; 18 — шланг с сеткой; 19 — бак для сбора топлива; 20 — приемный шланг; 21 — воронка для заливки насоса; 22 — насос 2КМ-6; 23 — камера сгорания; 24 — насадка охлаждения газа; 25 — гидравлический затвор; 26 — шланг подачи инертного газа; 27 — газоанализатор ГХП-3м.

Направления стрелок: а — газ в атмосферу; б — газ на обслуживаемое судно.

ственно 300—500 кгс/м². Расход дизельного топлива при этом изменяется от 40 до 63 кг/ч.

§ 23. Санитарные системы

Снабжение судна водой для бытовых нужд, а также удаление нечистот и загрязненных (сточных) вод производится санитарными системами. В соответствии с этим санитарные системы подразделяются на системы водоснабжения и канализации.

В зависимости от назначения водоснабжение включает системы:

1) питьевой воды — для снабжения холодной и горячей водой умывальников, всех потребителей в камбузе, сатураторных установок;

2) мытьевой воды — для снабжения холодной и горячей водой душевых, бань, прачечных;

3) забортной воды — для подачи воды на промывку унитазов и писсуаров, на охлаждение кипятильников, сатураторных установок и т. п.

Система канализации по роду удаляемых с судна нечистот и загрязненных вод подразделяются на:

1) фановую систему — для удаления нечистот из уборных от унитазов и писсуаров;

2) сточную систему — для удаления грязной воды от умывальников, душей, бань, моек, камбузов, прачечных и др.;

3) систему шпигатов — для удаления воды с открытых палуб при дожде, волнении, обмывке палуб и тушении пожаров.

Системы водоснабжения. Запас пресной питьевой и мытьевой воды, соответствующий количеству экипажа и автономности плавания, должен быть больше расчетного расхода ее, который определяют по нормам санитарных правил, приведенным в табл. 36 [54 и 55].

Таблица 36

Нормы расхода пресной воды

Назначение воды	Норма расхода воды одним человеком в сутки, л							
	Морские буксиры				Речные буксиры			
	неограниченного района плавания	с удалением от берега 100 миль рейс более 24 ч	рейс 6—24 ч	рейс 6 ч и менее	транзитные, рейс более 24 ч	рейс до 24 ч	рейс до 8 ч	рейс до 4 ч
Питьевая	40	30	20	10	30	20	10	5
Мытьевая	60	40	30	10	30	20	20	20
Всего	100	70	50	20	60	40	30	25

Запас воды, пополняемый от береговых источников, на морских буксирах можно уменьшить в результате работы опреснительных установок при условии аэрации и минерализации опресненной воды. На буксирах и толкачах внутреннего плавания питьевая и мытьевая вода может быть получена из забортной пресной воды, очищенной и обеззараженной в специальных станциях, одобренных органами санитарного надзора.

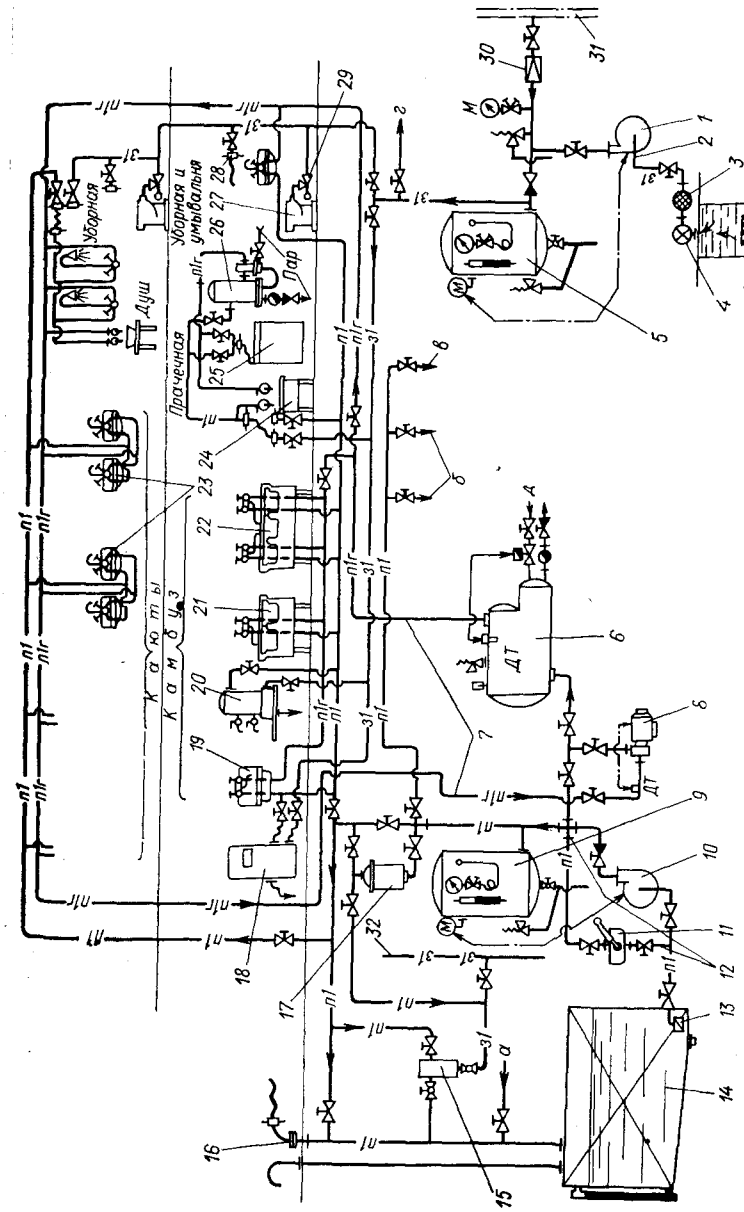


Рис. 87. Схема систем водоснабжения морского буксира.
 1 — электронасос забортной воды; 2 — водонагреватель емкостный; 3 — фильтр; 4 — кингстон; 5 — пневмоцистерна заборной воды; 6 — водонагреватель емкостный; 7 — трубопровод системы пресной горячей воды (ПГ); 8 — циркуляционный электронасос; 9 — пневмоцистерна пресной воды; 10 — электронасос пресной воды; 11 — ручная насос; 12 — трубопровод системы пресной холодной воды (ПХ); 13 — клапан возвратно-примемный; 14 — запасная цистерна пресной воды; 15 — валопровод системы ОВХ; 16 — палубная трубка для налива; 17 — фильтр-дефлоратор; 18 — водозаборная колонка с охлаждением и сатураторной установкой ОВХ; 19 — раковина; 20 — стиральная машина; 21 — электрокипятник типа «Титан»; 22 — посудомойка; 23 — умывальник; 24 — дозатор для ручной стирки; 25 — стиральная машина; 26 — волонгагреватель скоростной; 27 — унитаз; 28 — клапан шлангов соединенный для сканивания палубы в уборной и переключения душевых и прачечной на питание забортной водой; 29 — клапан соединенный для промывки унитазов; 30 — опреснительный клапан; 31 — пожарная магистраль; 32 — сточная система.
 Направление стрелок: а — от опреснительной установки; б — к расширительному баку двигателя; в — в теплый ящик; г — на охлаждение компрессора, гидромолота и на икрогащение; д — ПГ.

Для упрощения систем водоснабжения вместо двух систем питьевой и мытьевой воды предусматривают одну единую систему пресной воды. Устройство такой наиболее распространенной системы водоснабжения показано на рис. 87. Запас пресной воды размещен в одной или нескольких запасных цистернах 14, откуда электронасосом 10 или резервным ручным насосом 11 вода подается в пневмоцистерну 9 и по трубопроводу 12 ко всем потребителям питьевой и мытьевой воды. Воду в цистерны наливают по шлангу через втулку 16, приподнятую над палубой не менее чем на 400 мм. Цистерны, размещенные вне отапливаемых помещений, имеют змеевики из нержавеющей стали для подогрева воды. С целью замера уровня воды используют уровнемеры, показания которых обеспечиваются дистанционно, или водомерные колонки с трубкой из стекла или прозрачного полиэтилена.

На морских буксирах с большой автономностью плавания предусматривают установку ОВХ-1 для обеззараживания принимаемой воды или для обработки имеющегося ее запаса. Этой цели служит хлоратор 15 заряжаемый хлорной известью (270 г). При прокачке воды насосом с подачей ее в хлоратор из извести образуется раствор, поступающий также в цистерну. Одной зарядки хлоратора достаточно для обработки 16 м³ воды. Для устранения запаха в воде и избыточного хлора вода к потребителям подается через фильтр 17, заполненный активированным углем.

Производительность насоса принимают равной или немного больше расхода воды в наиболее загруженные часы. По производительности насоса и давлению в пневмоцистерне выбирают объем последней с таким расчетом, чтобы при автоматической работе системы количество пусков насоса не превышало 6—10 в час. Автоматическое управление насосом обеспечивается реле давления, установленным на пневмоцистерне и отрегулированным на давление 1—2 кгс/см² — пуск насоса и 2—4 кгс/см² — остановка его.

Для улучшения обитаемости все каюты на современных крупных буксирных судах оборудуются умывальниками, к которым подведена холодная и горячая вода. При большом количестве потребителей горячей воды наиболее целесообразно централизованное горячее водоснабжение с одним емкостным водонагревателем 6 и кольцевым трубопроводом 7, циркуляция воды в котором, обеспечивается автоматически управляемым электронасосом 8. Емкостный подогреватель работает автоматически, поддерживая температуру воды около 70°. Для нагрева воды может служить также местный скоростной водонагреватель 26 с автоматическим поддержанием заданной температуры воды.

Система забортной воды по устройству аналогична описанной системе пресной воды. Забортная вода принимается через кингстон или забортный ящик 4. Электронасос забортной воды 1 чаще всего резервируется пожарным насосом.

На судах внутреннего плавания системы водоснабжения выполнены по различным схемам: 1) запас питьевой и мытьевой

воды принимают с берега; 2) питьевую воду готовят непосредственно на судне при помощи специальной станции, обеспечивая все нужды, включая потребление мытьевой и забортной воды. Такая схема водоснабжения наиболее распространена, особенно на транзитных толкачах, на которых прием питьевой воды с берега по ряду причин крайне затруднен.

Для приготовления питьевой воды из забортной служат станции, использующие для обеззараживания воды ультрафиолетовые лучи или озон. Станция с использованием ультрафиолетовых лучей работоспособна только при надлежащем уходе, который сводится к своевременной очистке электролизеров и аппаратов, а также замене ламп и электродов в электролизере по мере их износа.

Приготовление питьевой воды с использованием озона производится станциями производительностью 500 или 100 л/ч, названными «Озон-0,5» и «Озон-0,1». Как видно из схемы (рис. 88), забортная вода насосом 1 нагнетается через фильтр 5 в эжектор-смеситель 24, который подсасывает выходящую из озонаторного агрегата 9 озono-воздушную смесь. При смешении озона с водой в эжекторе происходит ее обеззараживание, которое продолжается в контактной колонке 21, где озон с воздухом отделяется от воды, а после распыливания в пористой пластине — фильтроссе 22 — вновь смешивается с ней в верхней части колонны. Из контактной колонны смесь поступает в цистерну 17, где озон с воздухом еще раз распыливается фильтроссами 19.

Озон готовится в озонаторе из воздуха под действием тихого коронного разряда, возникающего между электродами при высоком электрическом напряжении. Станция работает автоматически и управляется поплавковым реле 16.

Эксплуатация станции типа «Озон» показала, что при очень незначительной затрате времени на наблюдение за их работой обеспечивается устойчивая эффективная обработка воды и, кроме того, улучшаются вкусовые качества воды в результате снятия запахов, понижения цветности и увеличения прозрачности, чего нельзя получить при обработке воды хлором или ультрафиолетовыми лучами.

Станции «Озон-0,5» и «Озон-0,1» рекомендованы Министерством здравоохранения СССР к серийному изготовлению для установки на судах. Станции типа «Озон» могут быть использованы на морских буксирах для обработки запаса питьевой воды, а также в случае приготовления питьевой воды из мытьевой.

Система водоснабжения обычно выполняется из стальных оцинкованных водогазопроводных труб. Арматура латунная используется для пресной воды и бронзовая для морской. Трубопроводы горячей воды, а также холодной в местах возможного отпотевания изолируются. Трубы в районе жилых и общественных помещений проводят под зашивкой, но с доступом к разъемным соединениям.

Фановая и сточная системы. Сброс за борт фекальных вод с морских судов запрещен в портах и прибрежной полосе шириной

В виду, что использование водоструйного эжектора для удаления содержимого фекальной цистерны в очистительные станции не рационально из-за значительного объема подаваемой жидкости. На отверстия, расположенные ниже ватерлинии, устанавливают клипсет и захлопку, которые можно заменить одной захлопкой с принудительным закрытием. Если отливная труба насоса поднята в виде петли выше грузовой ватерлинии, захлопку не ставят.

Трубы фановой и сточной систем прокладывают с уклоном не менее 0,03 в сторону стока жидкости, избегая жилых и общественных помещений, камбузов и других подобных помещений. Если обойти эти помещения нельзя, трубы проводят в непроницаемых выгородках и изолируют.

Трубопровод фановой и сточной систем изготавливается из стальных бесшовных и водогазопроводных оцинкованных труб. Участки фановых труб, расположенных в труднодоступных местах для осмотра и ремонта, изготавливают медными.

Шпигатная система. Вода с открытых палуб стекает за борт через шпигаты и присоединенные к ним спускные трубы. Шпигаты устанавливают заподлицо с палубой во всех местах возможного застоя воды с расстоянием между ними не более 20 м и снабжают решеткой для предохранения труб от засорения. Трубопровод от шпигатов прокладывают так, чтобы сток воды осуществлялся с постепенным перепуском ее с вышележащих палуб на нижележащие.

Спускные трубы изготавливают из стальных водогазопроводных и бесшовных оцинкованных труб. Шпигаты — стальные сварные, оцинкованные.

§ 24. Вентиляция

Система вентиляции обеспечивает удаление избытков тепла, влаги и вредных газов из помещений созданием необходимого воздухообмена, который определяется расчетом на удаление избыточных тепло- и влаговывделений или по минимальному потребному количеству свежего воздуха, обеспечивающему требуемый газовый состав воздуха в помещениях. В основу дальнейшего расчета системы принимается наибольшее из полученных значений воздухообмена.

Вентиляция всех судовых помещений должна быть приточно-вытяжной. В жилых, служебных и общественных помещениях приточную вентиляцию на крупных буксирных судах обычно выполняют искусственной, а вытяжную — естественной. В помещениях, где имеются вредные выделения (бани, душевые, уборные и т. п.), искусственная вентиляция должна быть вытяжной.

Вентиляцию помещений на малых буксирах, а также помещений, расположенных в верхних ярусах надстроек всех буксиров, часто выполняют естественной, так как вентиляционные головки в условиях хорошего обтекания ветром работают эффективно и почти непрерывно обеспечивают необходимый воздухообмен.

Головки естественной вентиляции должны быть постоянного действия, не зависящего от направления ветра. К числу их относятся, например, вытяжные головки ЦАГИ, приточные трехгранные и др. От вентиляционных головок могут быть проведены только вертикальные каналы или каналы с одним изгибом под углом до 30°.

Все приточные и вытяжные отверстия искусственной и естественной вентиляции снабжаются удобно управляемыми закрытиями, обеспечивающими в необходимых случаях надежную герметизацию помещений.

Вентиляция машинно-котельных отделений бывает искусственной или естественной. В каждом машинном отделении вентиляция должна быть автономной, с самостоятельными вентиляторами, производительность которых достаточна для удаления избыточных тепловыделений.

Если в машинном отделении имеется постоянная вахта, то в летнее время вентиляция должна обеспечивать у постов управления механизмами температуру выше наружной не более чем на 5°. На буксирах с дистанционным управлением механизмами, работающими без постоянной вахты в машинном отделении, разрешается перепад между наружной и внутренней температурой до 8°.

В условиях больших тепловыделений механизмами наибольший эффект дает приточная вентиляция с подачей наружного воздуха непосредственно к постам управления. Забор наружного воздуха производят из мест, где исключается заливание приемных отверстий водой, засасывание воздуха, удаляемого из машинного отделения, или отходящих от механизмов газов. Такой прием может быть осуществлен по специальным трубам с головками или по шахтам внутри кожуха дымовых труб, хорошо изолированным во избежание нагрева воздуха от рядом проходящих выхлопных труб. При закрытых шиберах электровентиляторы всасывают наружный воздух и подают его по трубопроводу и воздухораспределителям на все рабочие площади, а также к постам обслуживания механизмов. Если вентиляторы не работают, шиберы открывают и места постоянной вахты обеспечиваются свежим воздухом за счет естественной вентиляции. Воздухораспределители и канал естественной вентиляции размещают на высоте около 2 м от слани.

Нагретый воздух из машинного отделения удаляют естественным путем из верхней зоны, для чего используют кожух дымовой трубы, в верхней части которого устанавливают крышки, снабжаемые при необходимости приводами для дистанционного управления.

В тех случаях, когда большие массы воздуха нельзя отвести из машинного отделения естественным путем или когда требуется вентиляция подсланевого пространства, устанавливают центробежные или осевые вентиляторы для искусственной вытяжки. Наиболее просто, без установки специальных вентиляторов, искусственную

вытяжную вентиляцию можно осуществить установкой простого по конструкции газоструйного эжектора с задвижками, который за счет энергии выхлопных газов двигателей может отвести в атмосферу значительное количество воздуха из верхней зоны и из подсланевого пространства машинного отделения. По проверенным в условиях эксплуатации данным эжектор на выхлопном трубопроводе четырехтактного двигателя мощностью 1200 л. с. вытягивает более 8000 м³/ч при практически неизменном противодавлении на выхлопе.

В машинном отделении с газотурбинными установками использование выхлопных газов в эжекторе кроме вытяжной вентиляции позволяет обеспечить воздушное охлаждение турбины. Это достигается отсосом необходимого количества воздуха из машинного отделения через зазоры между турбиной и ее кожухом.

В зимних условиях наружный воздух, подаваемый в район постов обслуживания механизмов, должен иметь температуру не ниже 18°. При значительных теплоизбытках в машинном отделении подогрев воздуха легко осуществляется за счет частичной рециркуляции воздуха с регулировкой температуры соответствующим открытием шиберов на каналах.

Производительность системы вентиляции определяют по методикам, изложенным в нормальных и руководящих материалах, исходя из условий обеспечения предельно допустимых в помещениях температуры, влагосодержания и концентрации газов. На основе полученной производительности выбирают вентилятор, напор которого должен равняться потерям давления в вентиляционном трубопроводе или быть больше на 10—20%.

§ 25. Системы отопления

Системы отопления служат для обогрева жилых, санитарно-бытовых и служебных помещений. Воздух этих помещений нагревается теплообменными аппаратами или нагнетается в них уже нагретый. В зависимости от теплоносителя применяют паровое, водяное, воздушное и электрическое отопление.

Паровое отопление используют для обогрева всех помещений кроме жилых и общественных. В радиорубках, агрегатных, штурманских паровое отопление можно применять только при условии выноса всех разъемных соединений парового трубопровода и арматуры за пределы этих помещений, чтобы избежать порчи приборов и оборудования паром в случае неисправности системы.

Сухой насыщенный пар от установленных на судне котлов или с берега подают к станции парового отопления, которую размещают около котла или в другом удобном для управления месте и обычно совмещают со станцией хозяйственного паропровода, снабжающего паром водо- и воздухонагреватели, заборные ящики, змеевики обогрева цистерн и другие потребители. Рабочее давление в системе отопления не допускается выше 3 кгс/см², а в хозяй-

ственном паропроводе — 5 кгс/см², поэтому систему отопления выполняют независимой от хозяйственного паропровода. На больших буксирах для всех судовых нужд возможно использование пара давлением не более 3 кгс/см². В этом случае обогрев бань, душевых, сушилок производят от постоянно работающего хозяйственного паропровода.

Водяное отопление может применяться для любых помещений, обладает повышенной гигиеничностью, просто по устройству и безопасно в эксплуатации, что особенно важно на судах, работающих без вахт в машинных отделениях.

Циркулирующая в системе вода—теплоноситель нагревается в специальных водогрейных и утилизационных котлах, а охлаждается в нагревательных приборах, которыми обогреваются помещения. На малых буксирах воду иногда нагревают в камбузных плитах-котлах.

Циркуляция воды в системе обычно бывает принудительной—работают циркуляционные насосы и только на малых буксирах—естественной (гравитационной) за счет разности давлений горячей и охлажденной (обратной) воды.

Рассмотрим наиболее часто встречающуюся на буксирах систему водяного отопления. При длительных стоянках вода нагревается в автоматически работающем котлоагрегате КОАВ-68 или КОАВ-200 производительностью соответственно 68 000 и 200 000 ккал/ч или в паровом подогревателе, питающемся только береговым паром. В ходу работают утилизационные котлы, поэтому котлоагрегат не работает и включается лишь в тех случаях, когда не обеспечивается необходимый нагрев воды в утилькотлах.

Два циркуляционных насоса котлоагрегата обеспечивают циркуляцию воды в системе при работе любого котла. С помощью этого насоса горячая вода подается к потребителям, которые работают только в холодное время года: отопление жилых, общественных, служебно-бытовых помещений, машинного отделения и подогрев воздуха в системе искусственной вентиляции или кондиционирования воздуха. Насос управляется автоматически регулятором температуры, установленным в одной из кают.

Второй насос обслуживает потребителей, которые могут работать в любое время года: нагрев воды в подогревателе для горячего водоснабжения, отопление бани, душевых и сушилок, прогрев главных и вспомогательных двигателей, подогрев масла в цистернах и холодильниках и т. п. Насос управляется также автоматически с помощью термосигнализатора, установленного на трубопроводе обратной воды перед входом в насос и отрегулированного на температуру +60°—включение насоса и +80°—остановка.

Система отопления может быть открытой, когда расширительный бак, установленный в наиболее высоком месте (в кожухе дымовой трубы, в ходовой рубке или на крыше ее), связан с атмосферой воздушной и переливной трубами. В таких системах температура воды во время работы котлоагрегата поддерживается

регулятором в пределах 75—95°. Регулятор воздействует на топливную аппаратуру котла, прекращая горение при верхних значениях температуры воды в котле и возобновляя его при нижних значениях температуры. В случае работы автоматизированных утилизационных котлов температура воды в системе поддерживается в пределах 65—85° термосигнализаторами, установленными непосредственно на котлах, которые выдают импульсы на включение и выключение электродвигателей заслонок выхлопных трубопроводов главных двигателей.

Автоматическое пополнение открытых систем производится через поплавковый клапан, установленный в расширительном баке. В закрытых системах отопления расширительный бак не имеет связи с атмосферой. Первоначально систему заполняют водой и автоматически ее пополняют через редукционный клапан, поддерживающий в системе давление 1,8 кгс/см². Для отвода воздуха из мест его скопления устанавливают автоматические воздухоотводчики — вантузы. Повышенное давление в системе позволяет нагревать воду до 110—115° без ее вскипания.

Горячую воду к грелкам подводят по магистрали от трубы-стояка, соединяющей котлы с расширительным баком в непроточных системах или от нижней части расширительного бака в проточных системах. Грелки к магистралям присоединяют по различным схемам:

- 1) двухпроводная с верхней разводкой труб имеет наибольшую длину трубопроводов, при открытой прокладке труб нарушает архитектурное оформление помещений, но обеспечивает хороший отвод воздуха из грелок к расширительному баку или вантузу;
- 2) двухпроводная с нижней разводкой труб — более компактна, но в случае ее применения требуется выпуск воздуха из каждой грелки через пробки при заполнении системы водой и периодически во время работы;
- 3) однопроводная с горизонтальной разводкой труб, в которой воздух из грелок выпускается через пробки;
- 4) однопроводная с вертикальной разводкой труб.

В двух последних системах количество труб в помещениях меньше на 30—40%. Работа грелок, в особенности концевых, регулируется заслонками или кранами, частично перекрывающими магистраль и направляющими воду через грелки.

На буксирах, имеющих развитые вверх надстройки, наиболее выгодно надежно и устойчиво работающая однопроводная система с вертикальной разводкой труб.

Отопление машинных отделений целесообразно осуществлять воздушно-отопительным агрегатом с осевым вентилятором, заменяющим большое количество грелок и разветвленный трубопровод. Такой агрегат можно с успехом использовать для охлаждения помещения в жаркое время года забортной водой или охлажденной водой из системы кондиционирования.

Грелки чугунные или стальные штампованные устанавливают у наиболее холодных стенок не ближе 25 мм от них с расстоя-

нием от палубы не менее 50 мм. Каждую грелку снабжают регулировочным краном. Потребители, а также магистрали, обслуживающие группу грелок, должны иметь краны для их отключения. Эти же краны используют при первоначальной регулировке системы.

Все трубы прокладывают с уклоном 0,01—0,005, обеспечивая таким образом свободный выход воздуха из системы и полное осушение ее при сливе воды. Магистральные трубы не прокладывают через цистерны, радиорубки, неотапливаемые провизионные кладовые и другие подобные помещения.

Трубопровод у циркуляционных насосов выполняют так, чтобы любой из насосов мог обслуживать всю систему, а при остановленных насосах — работать по системе естественной циркуляции.

Диаметры трубопроводов определяют расчетом. Сопrotивление в наиболее удаленных участках системы должно быть менее напора, развиваемого циркуляционным насосом, или естественного напора, полученного за счет разности температуры горячей и холодной воды.

В расчете скорости воды в системах с естественной циркуляцией принимают не выше 0,2 м/с, а в системах с принудительной циркуляцией 0,3—0,5 м/с для труб диаметром до 1 дм и до 1 м/с — для труб диаметром до 2 дм.

Трубопровод изготовляют из водогазопроводных усиленных оцинкованных труб с резьбовыми соединениями на фитингах из ковкого чугуна.

Воздушное отопление. В системах искусственной проточной вентиляции воздух в холодное время года подогревается до 18°. Если нагревать воздух до более высокой температуры, то система искусственной вентиляции одновременно будет служить для обогрева помещений — заменит паровое или водяное отопление. Такое воздушное отопление более гигиенично и проще по устройству: как отопление, так и вентиляция производятся с использованием одного и того же воздухопровода.

Систему воздушного отопления применяют в жилых, служебных и общественных помещениях, не имеющих вредных выделений.

Помещения, содержащие вредные выделения (тепло, влагу, запахи, пыль или газы), могут быть оборудованы только автономным воздушным отоплением, исключающим распространение этих выделений в другие помещения. Таким отоплением с установкой местных воздухонагревателей, имеющих осевой вентилятор, иногда оборудуются машинные отделения. Воздух нагревают в паровых или водяных воздухонагревателях так, чтобы при выходе в помещение он имел температуру не выше 40°.

Уменьшить количество подаваемого на отопление воздуха, снизить таким образом мощность вентилятора и уменьшить сечение каналов можно путем нагрева воздуха до 50—55° с подачей его в помещения через воздухораспределители с эжекцией. Горячий воздух подсасывает воздух из помещения в таком количестве, чтобы температура смеси не превышала 40°.

Для экономии тепла систему воздушного отопления выполняют с рециркуляцией воздуха: холодный наружный воздух нагревают только в количестве, необходимом для вентиляции помещений, а остальной, недостающий для отопления, поступает из помещений.

При низкой температуре наружного воздуха после второй ступени нагрева воздух увлажняют для поддержания в помещениях 40—60% влажности, как это выполняется в системах зимнего кондиционирования. На буксирных судах внутреннего плавания система воздушного отопления работает только в весенний и осенний периоды при кратковременной и незначительной отрицательной температуре наружного воздуха, поэтому увлажнения его не предусматривают.

Система воздушного отопления может быть одноканальной низкоскоростной или двухканальной высокоскоростной, выполненной аналогично системам кондиционирования.

Коэффициент эжекции воздухораспределителя с двусторонним всасыванием рециркуляционного воздуха достигает 1,8—2,0, а с односторонним всасыванием — 1,0. Последний проще по конструкции и особенно удобен для низких помещений, так как полностью утоплен в зашивку подволока помещений.

§ 26. Кондиционирование воздуха

Все суда, на которых постоянно проживает команда и которые предназначены для эксплуатации в южных районах, в соответствии с санитарными правилами должны быть оборудованы системами кондиционирования воздуха для поддержания в жилых, общественных, служебных и медицинских помещениях необходимой температуры и влажности, независимо от метеорологических условий в районе плавания.

Кроме тепловлажностной обработки система должна обеспечивать подачу воздуха, подвижность его в помещении и определенный газовый состав.

Комплексную обработку воздуха производят в кондиционерах, представляющих агрегаты, состоящие из вентиляторов, средств очистки, нагрева, охлаждения, увлажнения воздуха и приборов автоматического регулирования процесса обработки.

В помещениях, расположенных на большом расстоянии от центральных кондиционеров или значительно отличающихся по требуемым микроклиматическим условиям воздушной среды от других помещений, обслуживаемых основной системой кондиционирования, могут быть установлены автономные кондиционеры.

На буксирах целесообразно применять следующие системы кондиционирования. *Одноканальную низкоскоростную систему кондиционирования* обслуживает вентилятор с полным напором 100—170 кгс/см². Скорость воздуха в магистралях принимают равной 15—17 м/с, а в отростках — 6—8 м/с. Ввиду небольших зна-

чений скорости воздуха можно до минимума снизить затраты мощности на работу вентилятора и получить систему со сравнительно малым шумом. Однако нельзя изменять количество подаваемого воздуха в отдельные помещения, так как это немедленно вызовет перераспределение подачи воздуха в другие помещения, чем будут нарушены в них комфортные условия. Одноканальную низкоскоростную систему рекомендуется применять только для тех общественных помещений, в которых не требуется индивидуальная регулировка параметров воздуха. Чтобы обеспечить поддержание определенного газового состава в помещениях, количество наружного воздуха принимают не менее требуемого для вентиляции. Остальной воздух может быть рециркуляционным и поступать из мест, где исключено его загрязнение.

Двухканальную высокоскоростную систему кондиционирования обслуживает вентилятор с полным напором до 600 кгс/м². Скорость воздуха в магистралях принимают равной 25 м/с, а в отростках 15—20 м/с. Воздух в кондиционере обрабатывается на двух ступенях и по двум трубам (по одной из каждой ступени) подается в помещения.

В каждой каюте при входе устанавливают воздухораспределитель, позволяющий смешивать два потока воздуха в любом соотношении до 100% и изменять температуру в каюте в достаточно широких пределах. Общее количество поступающего в каюту воздуха всегда сохраняется, и любая регулировка не влияет на подачу воздуха в смежные помещения.

Возможность индивидуальной регулировки для поддержания наиболее комфортных условий во всех помещениях позволяет рекомендовать двухканальную систему в качестве основной для кают, несмотря на несколько повышенную стоимость такой системы по сравнению с одноканальной.

В служебных помещениях, например, в ходовых рубках, камбузах, постах машинно-котельного отделения, регулируется направление и скорость подачи воздуха от системы кондиционирования к рабочим местам.

При небольшом числе помещений, в которые воздух проводится по каналам без нарушения непроницаемости основных переборок, как это обычно бывает на буксирах, систему кондиционирования может обслуживать один центральный кондиционер, расположенный в шумоизолированном помещении, с учетом удобства прокладки труб во все помещения. К двум ступеням нагрева воздуха подводят пар, а при отсутствии его — горячую воду. Для охлаждения воздуха наиболее рационально использование воздухоохладителей непосредственного охлаждения, хладагент к которым поступает от холодильной установки достаточной производительности, размещенной по возможности ближе к кондиционеру.

Температура воздуха, поступающего в помещения после обработки в кондиционере, должна быть не выше 40° при отоплении и не менее 18° при охлаждении помещения.

Нормы суточного запаса провизии и загрузки кладовых

Наименование продукта	Суточная норма на одного человека, кг	Норма загрузки кладовой	
		кг/м ³	кг/м ²
Мясо и мясопродукты	0,25	125	250
Рыба и рыбопродукты	0,2	150	300
Масло и жиры	0,12	150	300
Молочные продукты, яйца	0,2	150	300
Овощи	0,8	200	400
Фрукты	0,2	200	400
Напитки	0,4	200	400

Если в системе предусмотрены воздухораспределители с эжекцией, воздух в кондиционере нагревают до 50—55° или охлаждают до 10° в зависимости от количества эжектируемого из помещений воздуха. Дополнительный нагрев или охлаждение воздуха позволяет уменьшить производительность и мощность вентилятора.

Расход тепла и холода снижают до возможного предела в результате общей рециркуляции воздуха.

Ручное регулирование нескольких процессов тепловлажностной обработки воздуха в системе кондиционирования при непрерывно меняющихся внешних факторах практически невозможно поэтому систему снабжают приборами автоматического регулирования, которые совместно с элементами ручного регулирования, обеспечивают поддержание в помещениях комфортных условий. Поддержание температуры в заданных пределах на выходе из кондиционера осуществляется температурными регуляторами расхода тепло- и хладоносителя через теплообменные аппараты. Увлажнение осуществляется автоматически при включении подогрева воздуха во второй ступени; количество подаваемого при этом увлажнителя предварительно регулируется вручную. Защита нагревателей воздуха от замерзания обеспечивается температурными регуляторами аварийного отключения вентилятора. Кроме этого, предусматривают сигнализацию о наличии напряжения в схеме, включении вентилятора, срабатывании защиты, а питание приборов автоматики блокируют с работой вентилятора.

Тепловлажностные расчеты систем кондиционирования выполняют графоаналитическим методом с построением процессов изменения состояния воздуха в диаграмме *I—d*.

§ 27. Холодильные системы

Холодильные системы на буксирах помимо обслуживания систем кондиционирования предназначаются для охлаждения провизионных кладовых (камер) или шкафов.

Объем охлаждаемых кладовых или шкафов должен быть достаточным для размещения скоропортящихся продуктов, необходимых экипажу на все время автономного плавания буксира, и определяется исходя из расчетных норм суточного расхода продуктов на одного человека и норм загрузки кладовых, приведенных в табл. 37.

Учитывая наличие проходов и оборудования в кладовых, полученные расчетом площади увеличивают примерно в два раза.

На морских буксирах в соответствии с санитарными правилами необходимы кладовые для раздельного хранения мяса, рыбы, жиров, овощей. Буксиры мощностью до 1000 л. с. могут иметь только две кладовые: одна для мяса, рыбы и жиров и вторая — для овощей. На буксирных судах внутреннего плавания допускается предусматривать одну провизионную охлаждаемую кладовую или шкаф достаточной емкости, а овощи хранить в неохлаждаемой кладовой.

При хранении продуктов до одного месяца рекомендуются следующие температурные режимы в охлаждаемых кладовых: мясо и рыба —8°; масла и жиры —2°; яйцо и молочные продукты —1—0°; овощи и фрукты +4°.

По размерам кладовых определяют необходимую производительность холодильной установки, которая должна обеспечивать поддержание требуемого температурного режима в кладовых при наиболее неблагоприятных для холодильной установки условиях эксплуатации. Основной величиной, определяющей производительность холодильной установки, являются теплопритоки извне через поверхности, ограждающие охлаждаемые кладовые. Эти теплопритоки суммируются с теплопритоками от электроосвещения, работающих в кладовой людей, а также вентиляторов, если они установлены в кладовых, и с затратами холода на охлаждение и осушение вентиляционного воздуха.

Холодильная установка в режиме хранения продуктов должна покрывать суточные теплопритоки за 14—18 ч работы, что дает возможность производить дополнительно охлаждение продуктов, погруженных в кладовые в неохлажденном виде. По определенной таким образом потребной производительности подбирают холодильную установку из числа освоенных промышленностью.

На буксирах чаще применяют холодильные системы с непосредственным испарением хладагента — фреона. Компрессорно-конденсаторный агрегат устанавливают возможно ближе к провизионным кладовым, в которых размещают приборы охлаждения — испарители. Пары фреона из испарителей засасываются компрессором и после сжатия подаются в конденсатор, где они охлаждаются и конденсируются за счет теплообмена с забортной водой, подаваемой насосом. Жидкий фреон из конденсатора поступает в змеевик теплообменника, охлаждается парами фреона, выходящими из испарителей, а в фильтре-осушителе очищается от возможных загрязнений и влаги. Если температура в кладовой отклоняется от требуемой, термореле подает импульс для срабатывания электромагнитного клапана, который закрывает или

открывает доступ жидкому фреону к терморегулирующему вентилю (ТРВ). ТРВ осуществляет автоматическое регулирование наполнения испарителей фреоном в зависимости от перегрева паров, контролируемого при выходе их из испарителей. В случае увеличения разницы между температурой испарения и температурой выходящих из испарителя паров фреона ТРВ увеличивает подачу жидкого фреона, а при уменьшении разницы температур уменьшает подачу или прекращает ее, предохраняя испарители от заопления, а компрессор — от гидравлического удара.

Кроме ТРВ и электромагнитного клапана, обеспечивающих автоматическое поддержание заданного температурного режима в обслуживаемых помещениях, установку снабжают двумя защитными реле давления, которые останавливают компрессор, если давление во всасывающем и нагнетательном трубопроводах отклоняется от нормального.

Любое из двух термореле, размыкающее свои контакты последним, одновременно с закрытием электромагнитного клапана выключает компрессор холодильной установки, а замыкающее контакты первым одновременно с открытием электромагнитного клапана включает компрессор. Таким образом происходит автоматический пуск и остановка компрессора.

Автоматический дроссель АДДК поддерживает заданное давление испарения фреона в испарителе, увеличивая проходное сечение при повышении давления и уменьшая — при понижении давления. В случае работы одного компрессора на несколько камер с различной температурой дроссели выравнивают давление во всасывающих трубах перед компрессором и тем самым улучшают работу холодильной установки.

На буксирах с большой автономностью плавания холодильные системы имеют два компрессорных агрегата, один из которых обычно работает на кладовые с минусовой температурой, а второй — на кладовые с плюсовой температурой, при этом предусматривают возможность взаимного резервирования агрегатов и обслуживание всех кладовых одним агрегатом.

На малых морских буксирах, а также на многих судах внутреннего плавания скоропортящиеся продукты хранят в домашних холодильных шкафах типа «Саратов», «Минск», «Зил» или шкафах типа Т2-125М емкостью 1,25 м³, которые обслуживаются отдельно стоящим фреоновым агрегатом ФАК-0,7 с воздушным охлаждением (производительность его — 700 ккал/ч).

Примером использования газотурбинной установки служит построенный в 1961 г. японский буксир *Хирио Мару*, оборудованный СПГГ фирмы «Сигма» мощностью 2×1000 л. с., работающими через редукторы на ВРШ.

Успехи, достигнутые в последнее время в области газотурбинных установок, дают основание полагать, что эти установки при определенных условиях могут оказаться конкурентоспособными с дизельными.

На буксирах применяются дизели различного типа. В качестве главных двигателей буксирного флота используются дизели простого действия, рядные или V-образные с газотурбинным наддувом. Двигатели с числом цилиндров 4—8, как правило, выполняют однорядными, а при 12 и более цилиндрах — V-образными. Наибольшее распространение получили однорядные двигатели с числом цилиндров 6 и 8. Они обладают хорошей уравновешенностью и достаточно высоким механическим к. п. д. V-образная компоновка позволяет снизить весогабаритные характеристики дизелей, особенно большой мощности. Высокие агрегатные мощности, как известно, могут быть достигнуты увеличением рабочего объема или числа цилиндров. Увеличение числа цилиндров до 12—16 в V-образном исполнении позволяет на 10—15% снизить удельный вес дизеля по сравнению с однорядным такой же мощности.

На буксирах находят применение как четырехтактные, так и двухтактные дизели. Наибольшее распространение получили четырехтактные дизели. Частота вращения главных двигателей характеризуется диапазоном 250—2300 об/мин.

Конструкция валопровода от главных двигателей к гребным винтам обеспечивает передачу крутящего момента и придает установке буксира качества, которых лишены двигатели. Так, ни один из судовых двигателей, за исключением паровой поршневой машины, не обладает свойством саморегулируемости. Дизель, как известно, не может устойчиво работать при частоте вращения менее 30% от номинальной; в случае взаимодействия со льдом возможна полная его остановка, а частые реверсы резко снижают срок службы. Поэтому на главную передачу возлагаются следующие основные функции: реверсирование гребных винтов; редуцирование частоты вращения в случае применения дизелей с форсированными оборотами; обеспечение эффективного использования мощности двигателей как на свободном ходу, так и при ходе с составом, а также на швартовном режиме (рис. 89); обеспечение хороших маневренных качеств установки; защита двигателя от перегрузок; суммирование на гребном валу мощности нескольких главных двигателей.

На буксирах нашли применение следующие основные типы главных передач: прямая передача мощности непосредственно от реверсивного двигателя к ВФШ; зубчатая передача; передача мощности от двигателя к регулируемому движителю (ВРШ или КД); электропередача на постоянном токе; гидравлическая передача.

На современных морских буксирах практически отказались от прямой жесткой передачи мощности на ВФШ, поскольку она обеспечивает использование полной мощности главных двигателей и получение хорошей тяги только на одном расчетном режиме. Это

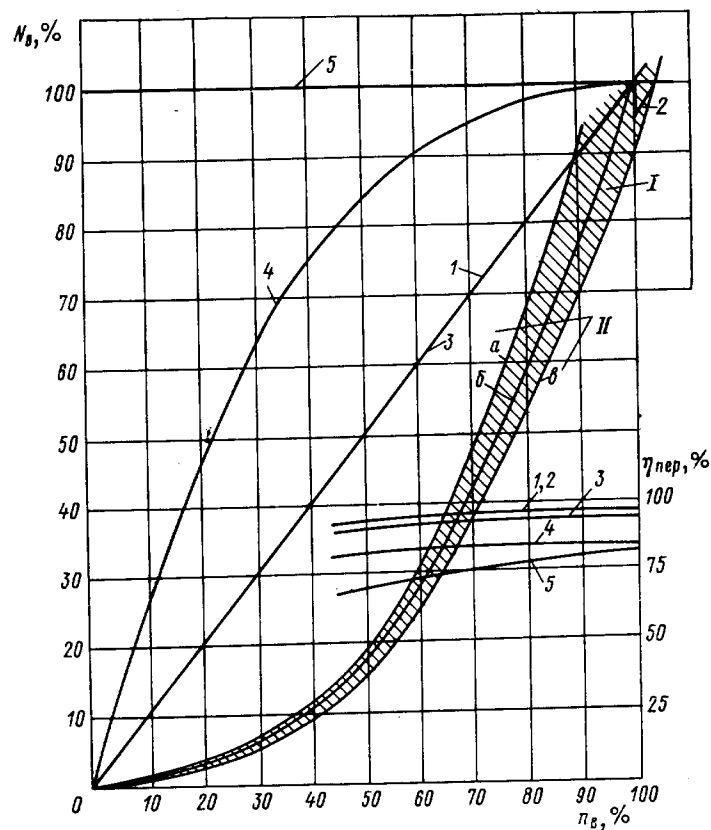


Рис. 89. График использования мощности и изменения к. п. д. в зависимости от частоты вращения гребного вала для различных типов главных передач.

1 — дизель — ВФШ (прямая передача или односкоростной реверс-редуктор); 2 — дизель — многоскоростной реверс-редуктор ВФШ; 3 — дизель — ВРШ (или КД); 4 — дизель-гидротрансформатор — ВФШ; 5 — электропередача на постоянном токе.
I — область работы установок с прямой передачей и ВФШ; II — область работы установок с ВРШ.
а — швартовый режим; б — ход с составом; в — свободный ход.

обстоятельство, а также весьма низкая маневренность установки обусловили отказ от применения таких установок на морских буксирах.

Основным средством для более эффективного использования мощности главных двигателей является применение различных типов одно- и многоскоростных реверсивно-редукторных передач. Наибольшее распространение на зарубежных буксирах получили

двух- и трехскоростные реверсивно-редукторные передачи. Введение в реверсивно-редукторную передачу эластичной разобщительной муфты (гидравлической, электромагнитной либо шинно-пневматической) позволяет отключить двигатель, что облегчает его пуск и прогрев, упрощает монтаж, уменьшает крутильные колебания, смягчает удары (например, удары во льдах) и повышает маневренность установки.

Приведенные достоинства зубчатых передач с различными демпфирующими элементами обусловили широкое распространение их на буксирах различной мощности. В большинстве случаев на морских буксирах применяют установки с реверсивно-редукторными передачами.

ВРШ и КД, выполняющие роль реверсивного устройства, а КД кроме того, — и редуцирующего устройства, также могут рассматриваться в качестве основных типов передач. Не останавливаясь подробно на особенностях установок с ВРШ и КД, уместно отметить, что их применение на буксирах по сравнению с ВФШ позволяет: использовать полную мощность главного двигателя на заданной скорости при различных режимах плавания, в том числе при реверсе и на заднем ходу, за счет изменения шага движителя; повысить тягу на швартовах на 20—25%; получить любую малую скорость судна (вплоть до полной остановки при работающем главном двигателе) путем установки лопастей в нулевое положение; значительно сократить время реверса и длину выбега судна в результате быстрого развития тормозного упора во время поворота лопастей на задний ход; сократить количество остановок и пусков главного двигателя (это повышает его моторесурс); проще осуществить привод вспомогательных механизмов, в частности валогенераторов, непосредственно от валопровода главных двигателей; повысить экономичность работы энергетической установки на частичных режимах в результате управления главным двигателем и движителем по принципу экономической оптимизации; в случае применения КД отказаться от дейдвудного устройства, упорного подшипника и рулевого устройства.

Главным недостатком энергетических установок с регулируемыми движителями является сложность конструкции и меньший, чем у ВФШ, к. п. д. на расчетном режиме (примерно на 2%). Кроме того, в случае применения двигателей средней быстроходности при использовании ВРШ следует иметь редуктор на линии вала. Однако эти недостатки компенсируются положительными качествами ВРШ и КД.

На отечественных судах главные энергетические установки с КД нашли применение на портовых и рейдовых буксирах мощностью 600 и 900 л. с. (рис. 90). Установки с ВРШ используются на буксирах-кантовщиках мощностью 600 и 1200 л. с.

Применение электропередачи на постоянном токе целесообразно для буксирных судов, эксплуатирующихся в ледовых условиях. Основными достоинствами этих передач являются: возможность использования полной мощности первичных двигателей в широком

диапазоне внешних нагрузок гребных винтов — от свободного хода до швартовного режима; повышенная маневренность, создаваемая за счет неограниченного количества реверсов, быстроты реверса, плавности изменения частоты вращения генератора электродвиже-

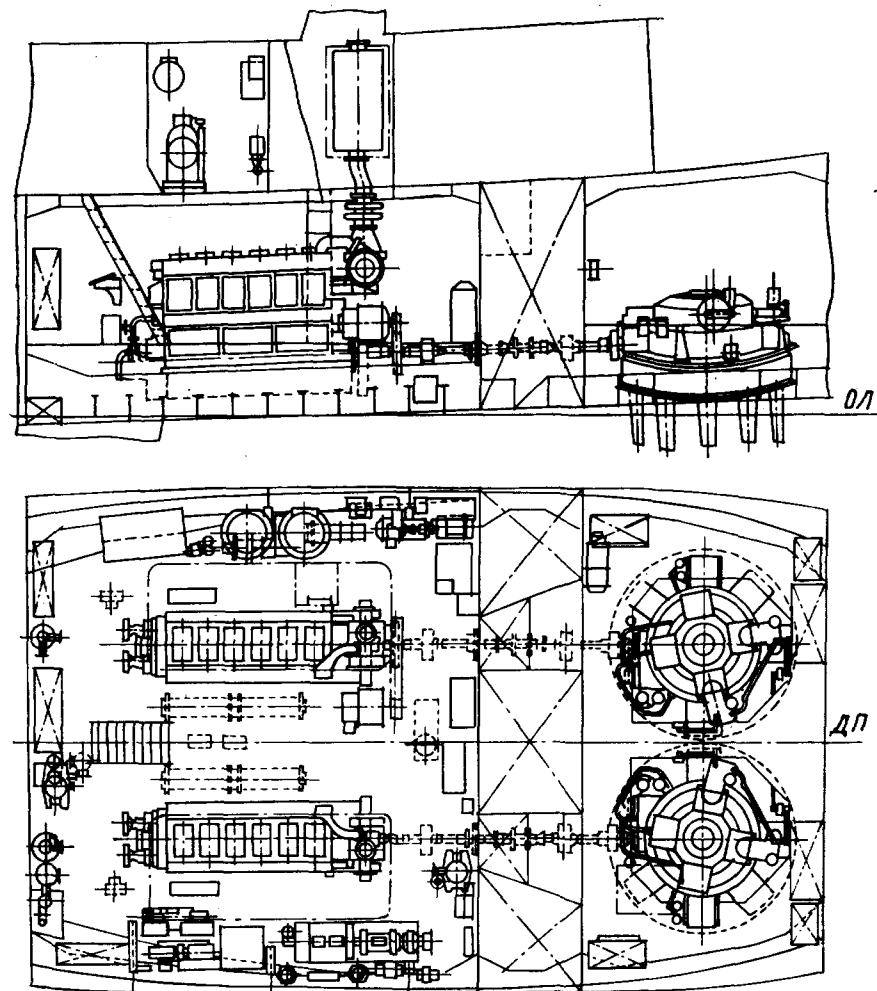


Рис. 90. Схема общего расположения машинного отделения портового буксира *Марс* мощностью 900 л. с.

ния (ГЭД), обеспечения малых скоростей хода; высокая эксплуатационная надежность, живучесть и возможность защиты первичных двигателей от недопустимых перегрузок как в статических, так и переходных процессах; использование для питания мощных судовых потребителей постоянного тока (пожарные и водоотливные насосы) главной энергетической установки (ГЭУ).

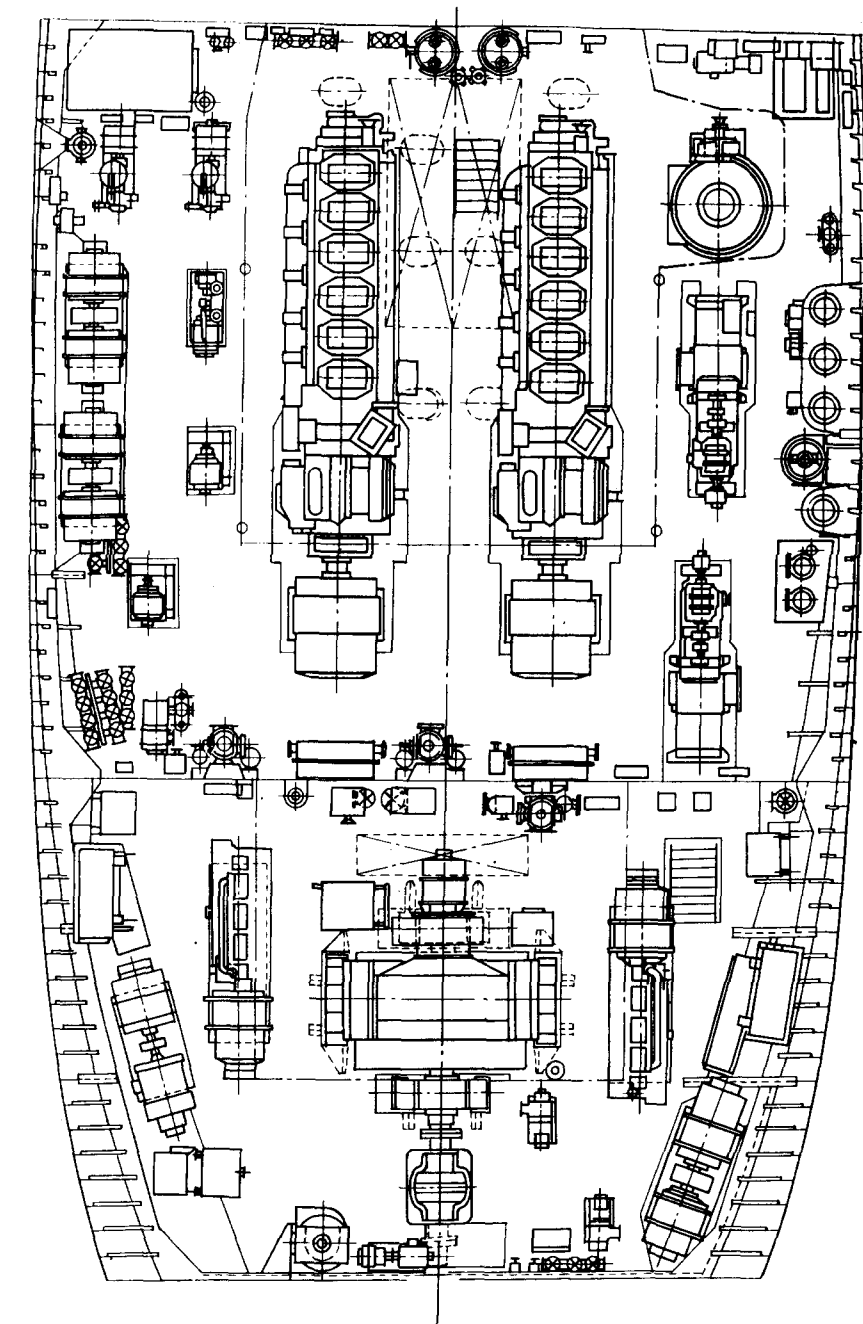
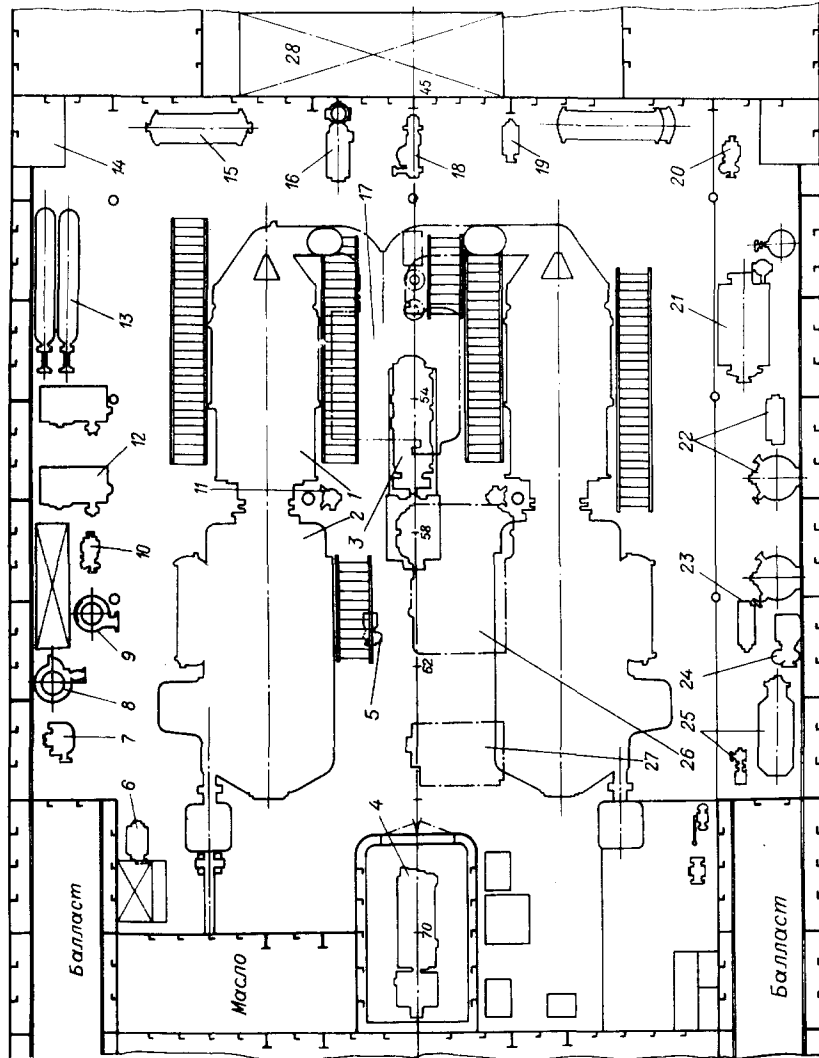


Рис. 91. Схема общего расположения машинного отделения морского буксира *Иван Плюшин* мощностью 2000 л. с.

Рис. 92. Схема общего расположения машинного отделения толкача *Маршал Блюхер* мощностью 4000 л. с.



- 1 — главный двигатель 10Д40; 2 — гидропередача универсальная; 3 — дизель-генератор ТД100-1; 4 — дизель-генератор стояночный ДГБ0-9; 5 — насос конденсатный турбогенератора ЭНЦ-25М; 6 — насос мажорелакчирующий РЗ-7,5; 7 — насос осушительный ЦВВС 25/20; 8 — насос балластный ЦВВС 63/20; 9 — насос пожарный ЦВВ 63/80; 10 — насос общего назначения 2КМ-6; 11 — насос мажорелакчирующий главного двигателя ЗВГ; 12 — компрессор 20КП-38; 13 — баллон сжатого воздуха главного двигателя и тифона; 14 — ящик заборной воды; 15 — маслоохладитель; 16 — насос топливоперекачивающий РЗ-30П; 17 — котел утилизационный КУП-135-7/5 (в кожухе дымовой трубы); 18 — сепаратор топлива СЦ-1,5/1-П; 19 — насос топливоперекачивающий РЗ-3; 20 — насос циркуляционный 2КМ-6 холодильной установки; 21 — холодильная установка; МАК-ФУ60 П; 22 — насос и пневмоцистерна заборной воды; 23 — насос и пневмоцистерна питьевой воды; 24 — насос циркуляционный турбогенератора 6КМ-12А; 25 — подогреватель горячего водоснабжения ВГА-200 с циркуляционным насосом; 26 — турбогенератор ТД100-1 (на платформе); 27 — шаровой котел (на платформе); 28 — шестерня расходная топливная.

Дизель-электрическая передача на постоянном токе в отечественной практике применена на морских буксирах мощностью 2000 л. с. (рис. 91), на буксирах-спасателях мощностью 2200 л. с. и шлюзовых буксирах-толкачах мощностью 600 л. с.

Гидравлические передачи и, в частности гидродинамические, применяются пока редко, несмотря на их очевидные достоинства. Из-за отсутствия опыта эксплуатации гидротрансформаторов на морских буксирах такие вопросы, как поведение гидрореобразователей в динамике, надежность работы уплотнений в условиях частых реверсов и ударов винта и корпуса о лед, пока еще не ясны.

На судах внутреннего плавания эксплуатируется гидрозубчатая передача, установленная на буксире-толкаче мощностью 4000 л. с. *Маршал Блюхер* (рис. 92). В состав энергетической установки толкача входят два главных дизель-гидрозубчатых агрегата ИДГРА мощностью по 2000 л. с. при частоте вращения 175 об/мин. Каждый агрегат состоит из двухтактного V-образного дизеля 10Д40 и универсальной гидрозубчатой передачи ГЗПС-2000, соединенных шинно-пневматической муфтой 8ШМС. Он позволяет после разгона и реверсирования при длительных режимах автоматически передавать мощность на гребной вал через гидромуфту, имеющую более высокий к. п. д.

Агрегат обеспечивает получение высоких тяговых характеристик при практически постоянном моменте двигателя независимо от изменения крутящего момента на гребном валу. Максимальные значения крутящего момента в случае заклинивания движителя могут в 2,5—2,8 раза превышать рабочий момент. Реверсирование гребного винта с полного переднего хода на полный задний, без изменения частоты вращения дизеля, осуществляется за 15 с. Таким образом, дизель-гидроредукторные агрегаты, имея существенные преимущества перед дизель-электрическими установками по экономичности, весу и габаритам, расширяют тяговые и маневренные возможности буксиров-толкачей, допускают плавание в ледовых условиях и на мелководье. В будущем они могут найти более широкое применение.

§ 29. Судовая электростанция

Электростанция каждого буксирного судна состоит из источников электроэнергии, распределительных устройств и электрических сетей.

Основными источниками электроэнергии на буксирах являются генераторы постоянного или переменного тока. По назначению источники электроэнергии можно разделить на главные генераторы, обеспечивающие электроэнергией движительную установку, и вспомогательные генераторы, предназначенные для снабжения электроэнергией остальных общесудовых потребителей. Несколько особняком в такой классификации стоят аккумуляторные батареи, которые могут использоваться на буксирах для питания вспомогательных

потребителей, но обычно они применяются для питания цепей пуска и управления, систем АПС и ДАУ, а также в качестве резервных и аварийных источников питания в случае выхода из строя вспомогательных генераторов (аварийное освещение, радиосвязь и т. п.).

По способу получения электроэнергии в судовых условиях источники питания разделяются на автономные генераторные установки и генераторные установки отбора мощности от главных двигателей.

Тип приводного двигателя в автономных генераторных установках в большинстве случаев определяется типом главного двигателя. На многих буксирах в качестве главных двигателей используются дизели, поэтому наиболее распространенным типом первичного двигателя вспомогательного генератора также является дизель, обладающий высоким к. п. д., автономностью работы и постоянной готовностью к пуску. Кроме того, вопросы автоматизации дизелей решаются несколько проще, чем для других типов первичных двигателей. Правда, двигатели внутреннего сгорания имеют относительно небольшой моторесурс (особенно быстроходные — 8—10 тыс. ч) и для их работы требуется относительно дорогостоящее дизельное топливо и масло.

Степень автоматизации дизель-генераторов устанавливается действующими стандартами и требованиями Регистра.

Изучение возможных путей электроснабжения судовых потребителей показывает известную перспективность установок, в которых работа судовых генераторов на полном и среднем ходах судна происходит без участия автономных первичных двигателей. Использование главных двигателей в основных ходовых режимах судна, как единого источника энергии для всех судовых нужд, с приводными генераторами судовой электростанции (валогенераторами) позволяет:

резко сократить время работы автономных вспомогательных двигателей, а иногда и число этих двигателей, и тем самым значительно уменьшить эксплуатационные расходы на электростанцию;

упростить состав энергетической установки, так как любой автономный двигатель с обслуживающими его механизмами обладает более сложной конструкцией по сравнению с электрической машиной, снабженной приводом и сетью канализации энергии;

повысить надежность работы установки, о чем свидетельствуют помещенные в работе [60] исследования по количественному определению надежности дизель-генераторов мощностью до 100 кВт (количество отказов агрегатов из-за неполадок дизеля 75—87%, по вине генераторов и распределительных устройств — 4—18%);

снизить стоимость выработки электроэнергии благодаря тому, что главный двигатель имеет лучший по сравнению со вспомогательными двигателями термический к. п. д.;

снизить общий уровень шумности в машинном отделении на ходовых режимах вследствие уменьшения числа работающих двигателей.

Указанные обстоятельства в значительной степени определили целесообразность и широкое применение валогенераторов на буксирах отечественной и зарубежной постройки. В то же время опыт эксплуатации валогенераторов показал, что в системе вал двигателя — привод генератора наиболее уязвимым узлом является привод. Поэтому выбор типа установки и характера конструктивной связи между главным двигателем и генератором отбора мощности определяется характером установившегося и переходного режимов работы двигателей, условиями обеспечения бесперебойности электроснабжения и перевода нагрузки.

Условия работы генераторов отбора мощности в переходном режиме зависят в основном от изменения скорости вращения главного двигателя. В этом отношении в более благоприятных условиях находятся навешенные генераторы в дизель-электрических гребных установках. Валогенераторы при непосредственном соединении с гребным валом естественно воспринимают все колебания или циклические изменения его скорости вращения. В штормовых условиях возможно периодическое оголение гребного винта буксира, при котором отмечается кратковременное повышение вращения главного двигателя, даже если на двигателе установлен всережимный регулятор. Величина и продолжительность изменений частоты вращения могут быть различными. Помимо внешних факторов они определяются качеством регулирования частоты вращения главной энергетической установки. В общем случае эксплуатации генераторной установки отбора мощности при резком изменении частоты вращения главной энергетической установки в штормовую погоду колебания не должны превышать $\pm 5\%$ от средней величины дизеля с автоматическим всережимным регулятором и $\pm 10\%$ для дизеля без автоматического регулятора.

С целью обеспечения непрерывности питания потребителей электроэнергии на морских и речных буксирах и толкачах обычно применяют схемы, в которых при снижении частоты вращения главного двигателя ниже допустимой автоматически вводится в действие резервный дизель-генератор. Для исключения перерыва в питании потребителей необходима хотя бы кратковременная параллельная работа валогенератора и резервного дизель-генератора. Высоких требований к устойчивости параллельной работы в этом случае можно не предъявлять.

Выбор рода тока, напряжения и частоты. Если в недалеком прошлом на отечественных и иностранных судах применялся главным образом постоянный ток, то в настоящее время преимущественно используется переменный ток общепромышленной частоты.

Целесообразность применения переменного тока на судах обуславливают следующие основные его преимущества:

возможность преобразования напряжений с помощью трансформаторов, являющихся самыми надежными, простыми и дешевыми преобразователями;

применение наиболее простых и надежных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, что в свою очередь

позволяет на 30—50% уменьшить вес и на 20—30% габариты приводных электродвигателей, значительно снизить общий уровень помех радиоприему (отсутствие щеточно-коллекторного аппарата), увеличить степень унификации, а также использовать более простую и надежную пусковую аппаратуру;

стоимость асинхронных двигателей в 1,5—2 раза ниже стоимости электродвигателей постоянного тока;

возможность отделения осветительной сети от силовой, чем достигается повышение надежности работы электроэнергетической системы судна;

большая надежность электроприводов переменного тока и необходимость меньшего ухода за ними в процессе эксплуатации;

организация питания судовых потребителей с берега, оборудованного, как правило, источниками питания переменного тока, более проста, чем для постоянного тока.

Наряду с положительными сторонами применение на буксирах переменного тока имеет некоторые недостатки, основные из которых: сложность осуществления плавного регулирования частоты вращения асинхронных двигателей, необходимость оборудования генераторов переменного тока сравнительно сложными системами автоматического регулирования напряжения, несколько большие габариты распределительных устройств.

Указанные недостатки частично преодолены благодаря использованию многоскоростных двигателей, статических регуляторов напряжения, синхронных генераторов и т. п. Вместе с этим следует иметь в виду, что на современных буксирах для 70—80% электроприводных механизмов не требуется плавного регулирования скорости или регулирования в широких пределах. Так, для многих насосов и вентиляторов необходима постоянная скорость, а для палубных механизмов вполне пригодными оказываются многоскоростные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. В случае плавной регулировки частоты вращения электропривода (рулевая машина и другие специальные приводы) возможно применение асинхронных электродвигателей с фазным ротором или различных установок с выходом электроэнергии постоянного тока непосредственно на регулируемый привод. Удельный вес таких приводов в энергосистеме современного буксира невелик.

Сохранение постоянного тока в качестве основного допустимо только для малых речных, рейдовых и портовых буксиров, у которых основным потребителем электроэнергии являются освещение и сигнально-отличительные огни, а для пуска главных двигателей предусматривается установка стартерной аккумуляторной батареи. При этом напряжение судовой сети обычно равно напряжению аккумуляторной батареи. Для остальных буксиров, независимо от мощности электростанции, наиболее приемлем переменный трехфазный ток.

Напряжение судовой сети определяет прежде всего весогабаритные показатели электроаппаратуры и кабельных трасс судна, которые с увеличением напряжения для аппаратуры возрастают, а для

кабеля уменьшаются. Поэтому к вопросу, какое напряжение наиболее приемлемо, нужно подходить дифференцированно. Следует также учитывать требования техники безопасности, которые, например, для сетей напряжением 24 В не имеют решающего значения, а при напряжении 127 В и выше требуется ряд защитных мероприятий, усложняющих монтаж и обслуживание электрооборудования.

Расчет мощности судовой электростанции. Проектирование судовых электростанций неразрывно связано с общими вопросами снабжения потребителей электроэнергией и повышения эффективности всей энергетической установки. Мощность генераторов судовой электростанции должна быть такой, чтобы удовлетворять потребителей в самом напряженном режиме работы.

Число работающих генераторов зависит от соотношения величин мощности, потребной для каждого режима работы буксира. Всегда желательно сократить его до минимума. Рациональный выбор мощности и числа работающих генераторов судовой электростанции имеет большое практическое значение, так как в значительной степени определяет величину первоначальных капиталовложений и эксплуатационных расходов, связанных с электрооборудованием судна. Мощность судовых электростанций вычисляют с помощью двух методов: табличного и аналитического. Наиболее широко применяется табличный метод определения мощности и числа агрегатов электростанции буксира. Сущность данного метода подробно освещена в литературе, поэтому здесь обращено внимание лишь на некоторые особенности расчета режимов, характерных для буксирных судов.

При расчете судовой электростанции постоянного тока в таблицу нагрузок вносятся все судовые потребители с указанием номинальных величин мощности, коэффициента использования и к. п. д. электродвигателя. По каждой группе потребителей энергии для каждого режима работы буксира находят коэффициенты одновременности и загрузки и подсчитывают требуемую мощность. Коэффициент загрузки механизма должен определяться на основании анализа условий работы того или иного механизма в каждом конкретном случае. Как правило, этот коэффициент меньше единицы, так как каждая судовая система или устройство комплектуется механизмами с ближайшими параметрами.

Ориентация на то, что коэффициент загрузки для конкретного механизма в режиме — величина постоянная, обычно приводит к некоторому завышению проектных нагрузок электростанций. Неодновременность работы различных потребителей, сдвиги максимумов нагрузок между группами и внутри групп потребителей учитываются коэффициентом одновременности. Опыт показывает, что значение этого коэффициента следует брать в пределах 0,5—0,9. Верхний предел принимается для ходовых режимов, когда удельное значение потребителей с постоянным графиком нагрузки очень велико; меньшие же значения оправданы для маневренного режима и для режимов стоянки. При прочих равных условиях — чем

больше потребителей, тем меньше должен быть коэффициент одновременности.

Передача энергии потребителям, естественно, связана с потерями в сети. Их обычно оценивают в 5% фактически передаваемой мощности. Однако, строго говоря, эти потери зависят от присоединенных мощностей, длины кабельных линий, режимов работы приемников, т. е. они не могут быть постоянными для каждого типа буксира.

Ожидаемая мощность судовой электростанции каждого режима работы буксира определяется суммированием мощностей отдельных потребителей с учетом коэффициента загрузки и потерей в сети.

Таблицы для расчета судовой электростанции переменного тока, по сравнению с таблицами нагрузок постоянного тока, дополнительно включают несколько граф для подсчета реактивной мощности, необходимой для потребителей электрической энергии в установках переменного тока.

Выбор количества и мощности генераторов судовой электростанции следует производить, исходя из нагрузки на станцию с учетом режима работы буксира.

Мощность каждого генератора должна быть такой, чтобы при выходе из строя одного генератора мощность остальных была достаточной для обеспечения наиболее напряженного режима буксира (ходового или аварийного). Выбранные генераторы должны работать с высоким к. п. д., т. е. с достаточной нагрузкой.

В связи с изложенным особенно актуальным становится поиск новых методов определения мощности судовой электростанции.

Одним из таких методов является предложенный ЦНИИМФ аналитический метод расчета мощности судовой электростанции, основанный на обобщении материалов эксплуатации электрических станций на построенных судах. Для расчета судовых электростанций буксиров аналитический метод еще не применялся из-за отсутствия достаточного статистического материала о работе судовых потребителей.

Проектирование судовой электростанции, наряду с выбором количества и мощности генераторов, включает разработку схемы ее основных цепей и цепей управления. При разработке схем судовых электростанций буксирных судов следует исходить из того, что они должны удовлетворять требованиям надежности, удобства эксплуатации и экономичности.

Для обеспечения надежности работы электростанции в режиме работы необходимо предусмотреть резервирование отдельных элементов (генераторов, преобразователей, трансформаторов); деление установки на несколько частей (секций), каждая из которых может работать без связи с другими частями (секциями); автоматическое включение резерва (аварийного либо резервно-стояночного генератора); автоматическую разгрузку генераторов (автоматическое отключение менее ответственных потребителей) при токах, превышающих допустимую величину; применение генераторов

автоматическим регулированием возбуждения; использование селективно работающих защит с минимальным временем срабатывания.

Удобство эксплуатации электростанции обеспечивается выбором возможно более простой схемы, предусматривающей минимальное количество коммутирующей аппаратуры, автоматизацией управления схемой, выбором простейшего способа синхронизации генераторов.

Экономичность эксплуатации электростанции достигается применением таких схемных решений, которые обеспечивают наименьшие годовые расходы по электроснабжению при сохранении достаточной надежности, гибкости и удобства обслуживания установки.

§ 30. Комплексная автоматизация энергетических установок. Надежность систем автоматики

При эксплуатации современного буксира приходится решать большое количество задач, которые могут быть разделены на три группы:

- 1) связанные с управлением энергетической установкой;
- 2) задачи экономики и эксплуатации;
- 3) связанные с управлением движением судна.

Возможная схема организации системы комплексной автоматизации современного буксира приведена на рис. 93. Как видно из рисунка, в ней имеется три ступени управления. *Первая ступень* включает систему автоматизации палубных работ и буксировочных операций (блок 1), систему автоматизации энергетической установки (блок 2) и систему автоматизации управления движением судна (блок 3). Для нормального функционирования каждой из этих систем может потребоваться участие в ее работе определенного числа людей. Таким образом, в настоящее время невозможно полностью исключить человека из процесса выполнения палубных работ и операций, связанных с буксировкой.

Характерная особенность указанных систем состоит в том, что они должны обеспечивать управление непрерывно протекающими судовыми процессами (например, работой брашпиля, регулированием частоты вращения главного двигателя, изменением положения лопастей ВРШ, удержанием буксира на заданном курсе и т. д.). Поэтому их основу составляют действующие непрерывно или в определенные периоды времени контуры управления.

Вторая ступень — судовая цифровая вычислительная машина (СЦВМ), которая определяет режимы работы контуров управления. Эта ступень должна иметь связь с соответствующими датчиками и исполнительными устройствами блоков 1—3.

Третьей ступенью управления является оператор. В зависимости от степени автоматизации функции оператора может выполнять один (судоводитель-механик), либо несколько человек (судоводи-

тель, штурман, механик). Оператор на основе данных, поступающих от системы радиосвязи (блок 4), СЦВМ, а также учитывая информацию, непосредственно поступающую от блоков 1—3, определяет работу СЦВМ.

Гармоническое сочетание человека (оператора) и средств автоматизации, использование преимущества каждого из этих звеньев позволяют создавать наиболее совершенную и экономически целесообразную систему контроля и управления.

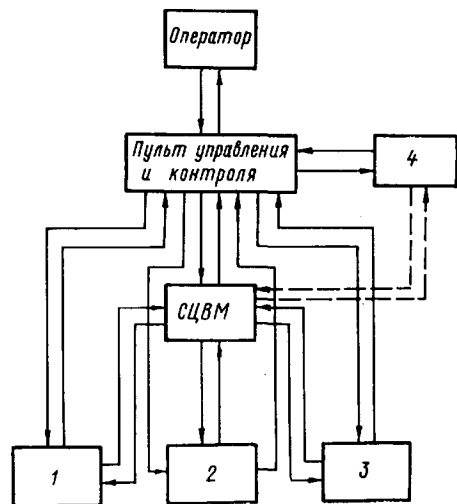


Рис. 93. Структурная схема организации системы комплексной автоматизации морского буксира.

1 — система автоматизации палубных работ и буксирных операций; 2 — система автоматизации энергетической установки; 3 — система автоматизации управления движением буксира; 4 — система радиосвязи.

тизированного управления главными двигателями, передачами и движителями — часть комплексной автоматизации энергетических установок.

Передача части функций, выполнявшихся ранее человеком, автоматическим устройствам не означает механического присоединения к судовому оборудованию различных устройств, копирующих работу, выполняемую при ручном управлении. Поэтому первым шагом внедрения автоматизации является рационализация оборудования. В понятие рационализация входит совершенствование агрегата с целью повышения его надежности, уменьшения числа регулируемых параметров и количества операций по управлению и обслуживанию. Для энергетической установки буксира рационализация означает наиболее простую и удобную компоновку машинного отделения с максимальным упрощением операций по управлению и обслуживанию установки.

В последние годы произошел качественный переход от автома-

Для буксиров характерным режимом является плавание в узкостях, маневрирование в районах оживленного судоходства и на мелководье. Оценка опасных ситуаций даже при сближении с одним судном требует затраты времени на обработку информации и выполнение маневра. Отсюда следует, что для повышения безопасности плавания необходимо шире внедрять на буксирах централизованное управление из ходовой рубки и автоматизацию контроля за состоянием аварийных параметров энергетической установки. Автоматизация энергетической установки — наиболее сложная часть комплекса общесудовой автоматизации.

Внедрение на буксирах систем дистанционного автома-

тизации отдельных агрегатов энергетической установки к комплексной автоматизации всей энергетической установки.

Под комплексно автоматизированной дизельной установкой принято понимать такую установку, в которой:

в результате автоматического регулирования непрерывных и часто повторяющихся периодических рабочих процессов обеспечивается работа основных механизмов без постоянного несения вахты в машинном отделении;

с помощью средств дистанционного централизованного управления и контроля, а также средств сигнализации и защиты достигается возможность нормальной эксплуатации энергетической установки как на установившихся режимах, так и при маневрировании с единого ЦПУ.

Применительно к энергетической установке буксира средства комплексной автоматизации необходимо всецело подчинить задаче рациональной организации труда машинной команды с учетом сокращения ее численности. Средства автоматизации должны уменьшить трудозатраты по техническому обслуживанию судовых механизмов и повысить качество этого обслуживания.

Развитие автоматизации энергетической установки потребовало разработки четкой терминологии. Ниже приведены основные определения.

Регулирование называется процесс поддержания на постоянном уровне или изменения по заданному закону какой-либо величины в двигателях, механизмах или аппаратах. Процесс автоматического регулирования осуществляется без непосредственного участия оператора.

Автоматизированная энергетическая установка — установка, оборудованная автоматизированным управлением главными и вспомогательными механизмами и их системами, средствами дистанционного контроля, сигнализации и автоматической защиты.

Автоматизированное управление главными и вспомогательными механизмами — управление, при помощи которого заданные режимы работы выполняются автоматически.

Аварийно-предупредительная сигнализация (АПС) — система звуковых и световых сигналов, извещающих о достижении контролируемыми параметрами предельно допустимых значений.

Автоматическая защита — устройство, автоматически осуществляющее защиту работающего агрегата при возникновении аварийного состояния.

Аварийно-исполнительная сигнализация — система световых сигналов, извещающих о срабатывании устройств автоматической защиты.

Дистанционное управление — управление главными и вспомогательными двигателями и их системами, осуществляемое на расстоянии.

Дистанционный контроль работы агрегатов — непрерывный контроль за основными рабочими параметрами энергетической установки, осуществляемый на расстоянии.

Центральный пост управления (ЦПУ) — пост, в котором расположены: органы дистанционного управления главными и вспомогательными механизмами, ВРШ и крыльчатыми двигателями, электрооборудованием, системами и устройствами; контрольно-измерительные приборы; элементы аварийно-предупредительной и аварийно-исполнительной сигнализации и средств связи (рис. 94—96).

Местный пост управления — пост, оборудованный органами управления, контрольно-измерительными приборами и средствами связи, предназначенными для управления; расположенный вблизи механизма или непосредственно на нем.

Степень автоматизации энергетической установки буксира может быть различной. Основным фактором при определении рационального объема автоматизации энергетической установки является ее экономическая целесообразность. Определяющий показатель — экономия, получаемая в результате сокращения численности машинной команды. Существенной может оказаться экономия за счет повышения экономичности работы механизмов, но оценить ее можно только после накопления статистических данных по эксплуатации конкретного типа буксира.

Определяя объем комплекса средств автоматизации, обеспечивающих организацию труда машинной команды, необходимо, разумеется, иметь в виду не только собственно энергетическую установку, но и те общесудовые системы и механизмы, техническое обслуживание которых возлагается на машинную команду. Рассмотрим ориентировочный перечень средств автоматизации энергетической установки морского буксира с дизельной установкой, рассчитанный на несение периодической вахты в машинном отделении. Основной составляющей комплекса средств автоматизации должна явиться централизация управления и контроля за всеми механизмами и устройствами энергетической установки в ЦПУ. Сосредоточенный на ЦПУ объем средств контроля и управления должен быть достаточным для выполнения всех необходимых операций по пуску и остановке механизмов, изменению режимов работы, наблюдению за их состоянием и т. п.

При проектировании следует учитывать, что ЦПУ должен быть основным местом несения вахты, откуда можно не только своевременно обнаруживать нарушение работы того или иного механизма, но и принять меры по его устранению. На морских буксирах малой и средней мощности, а также буксирах и толкачах внутреннего плавания ЦПУ следует располагать в рубке. Такое расположение позволит вахтенному механику (или судоводителю-механику) непосредственно наблюдать за навигационной обстановкой, что улучшает качество принимаемых им решений по управлению энергетической установкой. Наряду с централизацией контроля и управления важнейшими механизмами энергетической установки из ЦПУ должны быть автоматизированы:

1. По главному двигателю и обслуживающим его механизмам:



Рис. 94. Пульт дистанционного управления буксиром мощностью 2×450 л. с. с крыльчатыми двигателями.



Рис. 95. Пульт дистанционного управления буксиром *Труженик* мощностью 2×1150 л. с. с ВРШ.

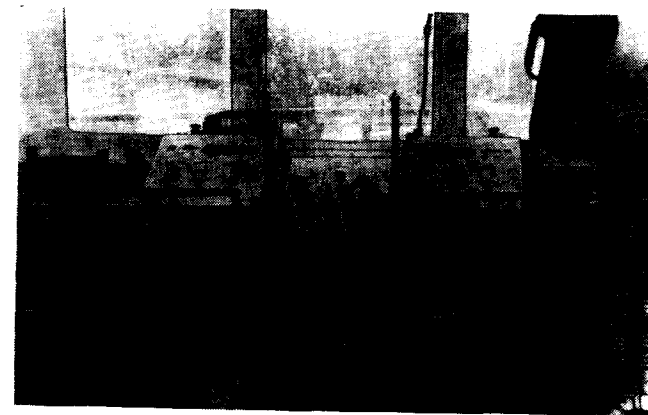


Рис. 96. Пульт судовождения системы «Вахта-М» в ходовой рубке буксира *Сатурн*.

система дистанционного автоматизированного управления частотой вращения (ДАУ) из ходовой рубки;

регулирование температуры в системах охлаждения и смазки; пополнение лубрикатов и подача масла в места периферийной смазки;

работа подкачивающего компрессора в системе сжатого воздуха; топливоперекачивающего насоса в системе пополнения расходных топливных цистерн, а также сепараторов топлива и масла;

аварийно-предупредительная сигнализация давления и температуры в системах смазки и охлаждения, а также защита по давлению масла, предусматривающая пуск соответствующего резервного насоса и, если давление после пуска резервного насоса продолжает падать, остановку главного двигателя;

защита от перегрузки (при работе на ВРШ или КД) и по критическим параметрам давления масла и воды, частота вращения.

2. По судовым движителям (ВРШ или КД):

система дистанционного регулирования положения лопастей; работа масляного насоса в системе смазки и управления; работа подкачивающего компрессора в системе управления; аварийно-предупредительная сигнализация давления в системе управления и смазки.

3. По судовой электростанции:

автоматический и дистанционный пуск дизель-генераторов, предусматривающий автоматическое выполнение операций по подготовке дизеля к пуску, ввод в параллель и распределение нагрузки;

регулирование напряжения в электросети; защита генераторов от перегрузки путем отключения второстепенных потребителей;

регулирование температуры в системах охлаждения и смазки дизеля;

защита дизеля по давлению масла и предельной частоте вращения.

4. По вспомогательной котельной установке:

сжигание топлива, обеспечивающее поддержание давления пара в заданных пределах;

регулирование давления пара утилизационного котла; уровня воды во вспомогательном котле и сепараторе утилизационного котла;

поддержание уровня воды в теплом ящике в заданных пределах; защита по критическим параметрам (давление и уровень питательной воды).

5. По общесудовым системам:

поддержание давления в пневмоцистернах пресной и забортной воды;

включение осушительных насосов в случае превышения допустимого уровня воды под настилом в машинном отделении;

опорожнение фекальных цистерн;

работа сепаратора трюмных вод, системы кондиционирования воздуха с регулированием температуры и влажности воздуха, подаваемого в жилые и служебные помещения и холодильной установки с регулированием температуры в провизионных кладовых.

При создании систем дистанционного управления главными энергетическими установками буксиров объектами управления могут быть главные двигатели, передачи (реверсдуктор, гидроредача, гребной электродвигатель) и движители (ВРШ или КД). В соответствии с этим применяемые на буксирах главные энергетические установки по характеру управления можно разделить на две группы. К первой относятся установки, в которых управление движением буксира неразрывно связано с управлением главным двигателем; ко второй — установки, в которых управление движением осуществляется с помощью передачи или движителя, при этом частично используется и управление двигателем. Для установок второй группы задачи управления главным двигателем несколько упрощаются, так как в зависимости от типа установки отпадает необходимость в реверсировании, а в отдельных случаях и в изменении частоты вращения.

Наиболее просты системы ДАУ для одноагрегатных установок с нереверсивным двигателем, работающим через реверсдуктор на ВФШ, и с реверсивным двигателем, работающим непосредственно на ВФШ. Более сложны системы ДАУ для установок с регулируемыми движителями (ВРШ или КД), а также для установок с гребными электродвигателями, где следует реализовать принцип управления двигателем по закону экономической оптимизации.

На буксирах, оборудованных комплексно автоматизированной энергетической установкой, управление главным двигателем должно осуществляться с дистанционного поста, как правило, располагаемого в ходовой рубке. Основные качества, которыми должна обладать система дистанционного управления, — надежность и простота процессов управления. Для обеспечения этих качеств при проектировании следует исходить из следующих основных положений:

1. Количество органов управления должно быть минимальным. Этим достигается удобство управления, сокращается возможность ошибок и подачи неправильных команд.

2. Во избежание выполнения неправильного маневра и для безопасности управления система должна включать необходимое количество блокировок.

3. Процесс управления должен быть автоматизирован. Переход с режима на режим должен происходить автоматически, без участия оператора. Обязанности последнего ограничиваются лишь перестановкой органа управления из любого установившегося положения в любое заданное положение без промежуточных перемещений и выдержки времени.

4. Необходимо предусмотреть возможность последовательной деавтоматизации системы управления, обеспечивающей переход на управление с местного поста, или в качестве крайней меры — управление непосредственным воздействием на рукоятки исполнитель-

ных механизмов, размещенных на двигателе. Время переключения с дистанционного поста управления на местный — не более 10 с.

5. Система ДАУ должна обеспечить быстрое автоматическое прохождение запретных зон, недопустимых при длительной работе главного двигателя.

На отечественных и зарубежных буксирах применяются как пневматические, так и электрические, гидравлические и комбинированные цепи управления, а в ряде случаев — наиболее простые механические цепи (до 20—30 м).

Основные показатели систем дистанционного управления главными двигателями следующие:

1. Диапазон управления, который определяется отношением максимального и минимального значений частоты вращения двигателя к его номинальному значению. Так, применительно к двигателю, работающему на ВФШ, для обеспечения 10%-ной перегрузки и достижения минимально допустимой частоты вращения необходимо, чтобы

$$\frac{n_{\max}}{n_{\text{ном}}} > 1,032,$$

$$\frac{n_{\min}}{n_{\text{ном}}} \leq 0,3,$$

где n_{\max} , $n_{\text{ном}}$, n_{\min} — соответственно максимальная, номинальная и минимальная частота вращения двигателя.

Если двигатель работает на ВРШ или применяется электродвижение, могут быть достигнуты самые малые хода. Вследствие изменения положения лопастей или воздействия на электрические параметры гребного электродвигателя. Естественно, что в этом случае изменяются требования к диапазону управления частотой вращения.

2. Точность системы дистанционного управления, которая характеризуется относительной статической ошибкой. Речь идет о зоне нечувствительности управления, определяющей мертвый ход задающего органа. Требуемую частоту вращения можно установить более точно с помощью механизма точной подрегулировки.

Требования, предъявляемые к точности систем управления, зависят от типа установки. Так, для установок, состоящих из одного главного двигателя, работающего на ВФШ, вполне удовлетворительна точность 3—5% ($\pm 1,5$ —2%). В случае параллельной работы необходимая точность системы управления определяется требованиями равномерного распределения нагрузки между двигателями. Незначительная ошибка системы управления может привести к существенному рассогласованию нагрузок между двигателями. Для примера положим, что относительная ошибка управления $\Delta = 3\%$. Примем отнесенные к номиналу значения наибольшей и наименьшей частоты вращения соответственно:

$$\frac{n_{\max}}{n_{\text{ном}}} = 1,05; \quad \frac{n_{\min}}{n_{\text{ном}}} = 0,25.$$

Тогда ошибка управления составит

$$\Delta_1 = \Delta \frac{n_{\max} - n_{\min}}{n_{\text{ном}}} = 3 \times 0,8 = 2,4\%.$$

Принимая степень неравномерности регулирования равной $\lambda = 5\%$, получим рассогласование по нагрузке двигателей, соответствующую ошибке управления

$$\varphi = 100 \frac{\Delta_1}{\lambda} = 100 \frac{2,4}{5} = 48\%.$$

3. Быстродействие, под которым следует понимать время, проходящее от момента скачкообразного возмущения до достижения параметром значения, отличающегося от конечного на заранее заданную величину. В работах ЦНИДИ рекомендуется считать приемлемым срабатывание дистанционной цепи в течение 2—5 с. Не следует смешивать понятия времени отработки цепи и времени достижения управляемым параметром установившегося значения. Первое характеризует быстроту работы собственной цепи, второе — систему управляющая цепь — объект управления.

4. Дистанция, под которой понимают максимально допустимое удаление пульта от двигателя при сохранении заданных точности и быстродействия системы.

Используемые на буксирах системы управления энергетическими установками с регулируемым движителями (ВРШ или КД) отличаются большим разнообразием по своему устройству, средствам выполнения и принципам действия. Однако для всех современных систем характерна общая тенденция к дистанционному автоматизированному управлению (ДАУ) главными двигателями и движителями. Требования, предъявляемые к системам управления, могут изменяться в зависимости от особенностей применяемых установок и условий эксплуатации.

Наибольшее распространение на буксирах получили схемы раздельного управления частотой вращения главного двигателя и шагом движителя. Ведутся разработки и в направлении создания системы совместного управления главными двигателями и КД.

Системы раздельного управления по принципу построения дистанционной связи между задающими и исполнительными органами могут быть разделены на системы разомкнутого и замкнутого (следающего) типов. У систем разомкнутого типа дистанционное управление осуществляется подачей дискретных сигналов типа «больше», «меньше», при этом за результатом воздействия оператор должен следить по соответствующему прибору.

Следающие системы дистанционного управления имеют обратную связь по положению исполнительного механизма. Каждому положению командного органа системы соответствует определенное положение валика исполнительного органа и ему заданная частота вращения дизеля или шага движителя.

При установке командного органа управления в нужное положение заданный режим работы дизеля (либо движителя) устанавливается автоматически.

Наиболее простой схемой обладает система управления одним параметром — шагом движителя. Второй параметр — частота вращения дизеля — с дистанционного поста не изменяется. Дизель в этом случае может быть оборудован однорежимным регулятором, допускающим изменение частоты вращения лишь в пределах, определяемых степенью неравномерности самого регулятора. Схема удовлетворяет основному требованию: она обеспечивает плавное изменение скорости движения судна во всем диапазоне ходовых режимов. Распространение ограничено потому, что на малых скоростях уменьшается к. п. д. установки из-за невозможности установить наивыгоднейшие режимы работы.

Некоторое повышение экономичности работы установки на частичных режимах может быть достигнуто в результате оборудования дизеля всережимным регулятором частоты вращения, что, однако, усложняет схему. В этой схеме, как и в предыдущей, шаг движителя регулируется с дистанционного поста управления; дизель оборудован всережимным регулятором, и частота его вращения может изменяться с дистанционного поста ступенчато в соответствии с ходовой таблицей. В отличие от предыдущей схемы управление осуществляется также при помощи двух ручек, выведенных на общий пост. В зависимости от изменения частоты вращения двигателя производится соответствующее изменение величины шага движителя. Этот способ — довольно экономичный для установившегося режима работы установки (например, при линейной буксировке). Однако, как правило, расчетные режимы работы установки, определенные по ходовым таблицам или номограммам, составленным для идеальных условий, не будут соответствовать действительным, оптимальным режимам работы комплекса при изменении скорости, состояния моря и т. п. Поскольку изменение внешних условий оценивается судоводителем приблизительно, действительный режим работы будет отличаться от оптимального. Опыт эксплуатации буксиров с отдельным управлением частотой вращения дизелей и шагом движителя показал, что пользоваться ходовыми таблицами или номограммами неудобно. К их помощи на буксирах прибегают редко.

Системы отдельного управления частотой вращения вала дизеля и шагом движителя применены на портовых и рейдовых буксирах с крыльчатými движителями типа *Марс*, *Кадар*, *Платон*, а также на морских портовых буксирах-кантовщиках с ВРШ типа *Сатурн*, *Севастополь* и др.

Объем автоматизации энергетической установки морского портового буксира-кантовщика типа *Марс* с крыльчатými движителями выбран, исходя из условия — обеспечить судоводителю-механику возможность управления судном с дистанционного пульта, расположенного в рубке. Для этого на дистанционный пульт выведено управление главными двигателями и движителями. Здесь же

можно получить необходимый объем информации о работе судовой электростанции, систем и трубопроводов и т. п.

Постоянная вахта в машинном отделении и помещении движителей не предусматривается. Как это видно из структурной схемы, приведенной на рис. 97, управление главными двигателями и движителями выполнено по схеме отдельного управления.

Управление крыльчатými движителями осуществляется из ходовой рубки посредством механической системы, состоящей из рыча-

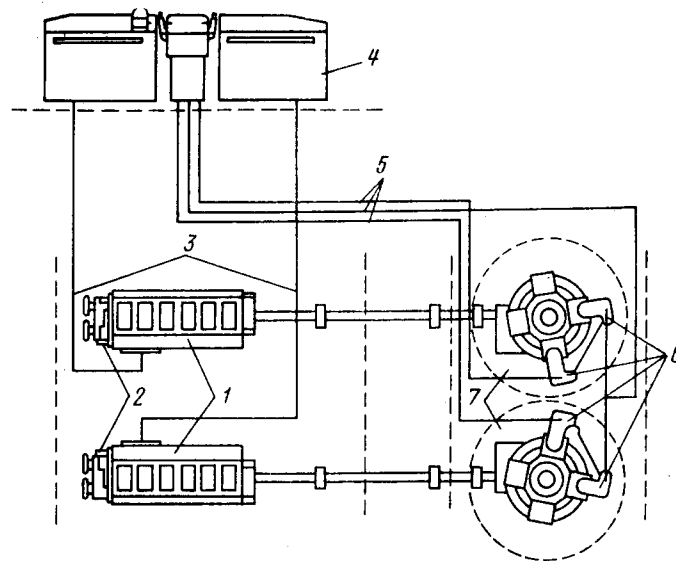


Рис. 97. Структурная схема управления главной энергетической установкой портового буксира-кантовщика *Марс*.
1 — главный двигатель; 2 — местный пост управления; 3 — электрокабель; 4 — пульт дистанционного управления; 5 — тяги; 6 — местное управление на движителях; 7 — крыльчатый движитель.

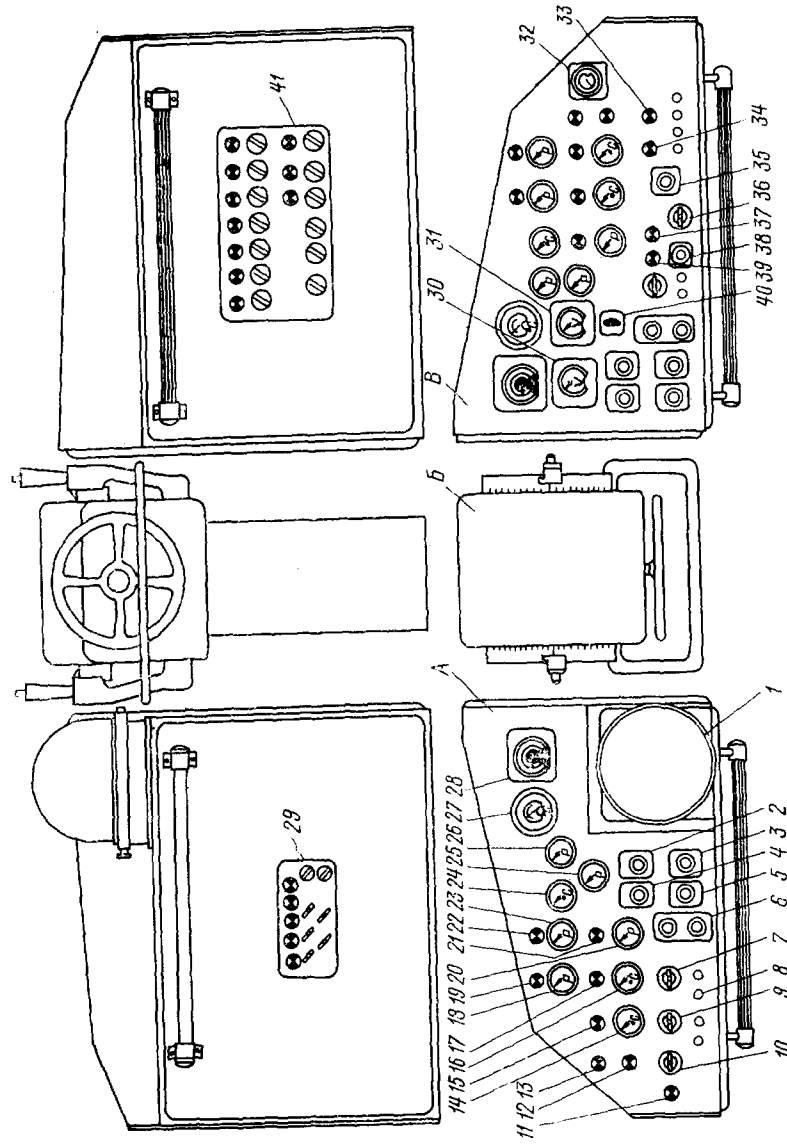
гов и тяг, а при нарушении нормальной работы системы дистанционного управления — непосредственным воздействием на ходовой и рулевой сервомоторы, расположенные на движителях.

Пульт дистанционного управления и контроля за работой энергетической установки, размещенный в ходовой рубке, состоит из трех секций (рис. 98).

Принципиальная схема пульта предельно проста и не требует каких-либо специальных пояснений. В качестве датчиков, обеспечивающих работу схемы АПС главных двигателей и движителей, применены реле типа КР и РДК.

Более чем шестилетний опыт эксплуатации буксиров типа *Марс* показал, что выполненный на них объем автоматизации достаточен для обслуживания энергетической установки без постоянной вахты в машинном отделении и эффективного внедрения бригадного метода обслуживания.

Рис. 98. Пульт дистанционного управления главной энергетической установкой буксир-кантовщика Марс из ходовой рубки.



А — левая часть пульта управления; Б — пост управления крыльчатой мш двигателями; В — правая часть пульта управления.
 1 — магнитный компас;
 2 — кнопка увеличения частоты вращения главного двигателя; 3 — кнопка уменьшения частоты вращения; 4 — резервная кнопка управления; 5 — кнопка аварийной остановки главного двигателя; 6 — кнопки управления газодвигателем; 7 — выключатель сервомотора; 8 — предохранитель; 9 — выключатель питания пульта; 10 — выключатель сигнала лампы нормального питания пульта; 11 — сигнальная лампа питания пульта; 12 — напряжением 24 В; 13, 15, 17, 21 — аварийная сигнализация главного двигателя; 14 — указатель температуры выходящей воды; 16 — указатель температуры выходящего масла; 18 — указатель давления масла в двигателе; 19 и 22 — аварийно-предупредительная сигнализация о давлении масла в двигателях; 20 — указатель температуры выходящего масла двигателя; 21 — указатель температуры выхлопных газов; 28 — датчик давления воды в уплотнении двигателя; 29 — коммутатор сигнальных огней (аварийный); 30 — стеньга (аварийный); 31 — датчик температуры заполнения фокальной цистерны; 32 — датчик температуры в цистерне пресной воды; 33 — сигнализация токовоспрекающего насоса; 34 — указатель минимального уровня воды в отсеке; 35 — кнопка отключения аварийного уровня воды в отсеке; 36 — выключатель звукового сигнала в отсеке; 37 — сигнализация аварийного уровня воды в отсеке; 38 — кнопка отключения звукового сигнала в отсеке; 39 — датчик температуры охлаждающей воды в отсеке; 40 — датчик температуры охлаждающей воды в отсеке; 41 — коммутатор сигнальных огней (основной).

В задачу комплексной автоматизации энергетической установки морского портового буксира с ВРШ типа *Сатурн* входит обеспечение работы главных и вспомогательных механизмов, трубопроводов и систем без несения вахты в машинном отделении при управлении судном из ходовой рубки.

Для указанной цели на буксире предусмотрены: система дистанционного управления ВРШ, система дистанционного автоматизированного управления главными двигателями (ДАУ), система дистанционного управления (вспомогательным дизель-генератором) судовой электростанцией, система дистанционного управления рулевыми машинами, система сигнализации и автоматизации вспомогательных механизмов, трубопроводов и систем.

Структурная схема управления главной энергетической установкой буксира показана на рис. 99, пульт управления — на рис. 100.

В целом комплекс систем дистанционного автоматизированного управления энергетической установкой и средствами судовождения, примененный на морских портовых буксирах типа *Сатурн*, известен под названием «Вахта-М».

Надежность действия системы «Вахта-М» в значительной степени обусловлена тем, что при создании ее были использованы элементы систем управления главными двигателями, ВРШ, дизель-генератором, серийно выпускаемые отечественной промышленностью. Более чем двухлетний опыт эксплуатации буксира типа *Сатурн* с системой «Вахта-М» свидетельствует о рациональном уровне объема автоматизации энергетической установки и удовлетворительной надежности ее работы.

Стремление наиболее полно использовать на буксирах преимущество установок с ВРШ — возможность отбора полной мощности от дизеля при изменяющихся условиях плавания и минимальном часовом расходе топлива, привело к созданию схем управления двумя параметрами посредством одной рукоятки.

Установить такой оптимальный режим можно только с помощью заранее рассчитанной программы или путем поиска. Это означает, что для поддержания минимального расхода топлива, т. е. максимальной экономичности гребной установки, необходимо принять программный или экстремальный автоматический регулятор.

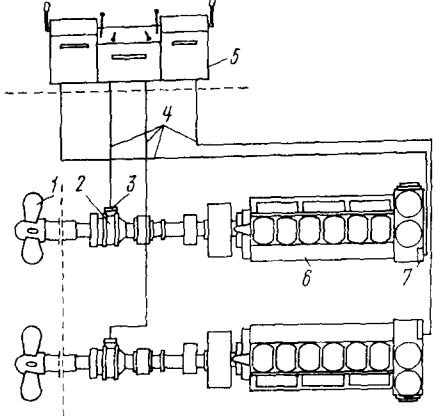


Рис. 99. Структурная схема управления главной энергетической установкой портового буксира-кантовщика типа *Сатурн*.

1 — ВРШ; 2 — механизм изменения шага (МИШ); 3 — местный пост управления МИШ; 4 — система дистанционного управления; 5 — дистанционный пульт управления; 6 — главный двигатель; 7 — местный пост управления.

Основными параметрами, характеризующими работу дизельной установки с ВРШ, являются скорость судна v , мощность двигателя N , частота вращения гребного винта n и его шаговое отношение H/D ; дополнительным параметром служит часовой расход топлива. Все эти параметры нелинейны и в ряде случаев неоднозначны.

Программа регулирования гребной установки с ВРШ может быть выбрана по любым из указанных параметров; выбор ди-

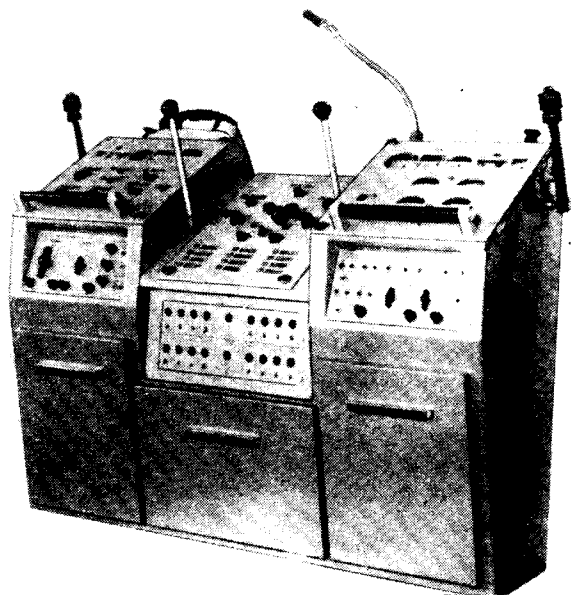


Рис. 100. Общий вид пульта дистанционного управления.

туется только теми требованиями, которые предъявляются к гребной установке. Фирмой КаМеВа была предложена система дистанционного управления с жесткой программой зависимости $N=f(n)$. Система управления с такой зависимостью осуществлена, например, на буксирах-спасателях типа *Алдан* и *Памир*.

Следует иметь в виду, что соотношение между частотой вращения и шагом движителя, заложенное в виде жесткой программы в систему управления энергетической установкой, оптимально только для одного из режимов движения судна при заданных внешних условиях.

Корректировка программы $N=f(n)$ может осуществляться с помощью ручной либо автоматической коррекции.

Если при управлении энергетической установкой реализовать программную зависимость эффективной мощности двигателя от частоты вращения $N=f(n)$, то при всех ходовых режимах буксира

работа установки будет протекать в режиме минимального расхода топлива на милю пути.

В связи с необходимостью защиты главного двигателя от перегрузки программная зависимость $N=f(n)$ практически соответствует зависимости перемещения топливной рейки двигателя от задаваемой частоты вращения $P=f(n)$.

Выбор указанной программы определяется следующим: рейка двигателя быстро реагирует на изменение нагрузки, что особенно важно для защиты от перегрузки при реверсе ВРШ; при выходе из строя одного или нескольких цилиндров двигателя сигнал датчика рейки свидетельствует об увеличении нагрузки работающих цилиндров — это позволяет защитить последние от перегрузки; датчик рейки в отличие от датчиков других параметров, характеризующих косвенно нагрузку дизеля (крутящий момент, температура выхлопных газов, расход топлива), прост и надежен. Это датчик линейного перемещения.

Оптимальная программа $P=f(n)$ может реализоваться в два этапа: а) задается жесткая программа ВРШ и частота вращения двигателя (поворотом маневровой рукоятки пульта управления); б) корректируется шаг ВРШ и, как следствие этого, изменяется перемещение рейки двигателя до его соответствия значениям программы $P=f(n)$.

Для системы дистанционного управления с указанной программной зависимостью в качестве сигнала о частоте вращения целесообразно принять команду по частоте вращения, что позволит существенно упростить систему управления и повысит ее динамические качества.

Коррекция шага ВРШ может вводиться автоматически (п-регулирование) или вручную. Использование п-регулятора системы «Старт» позволяет произвести необходимую настройку динамических качеств системы на переходных режимах.

Система совместного дистанционного автоматического управления главным двигателем и ВРШ, спроектированная для портового

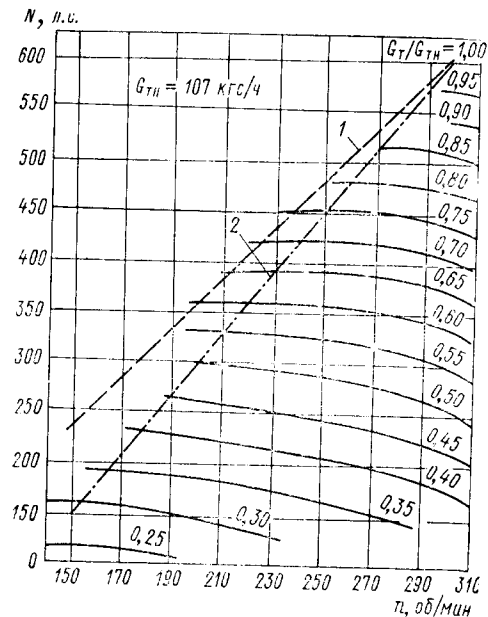


Рис. 101. График топливных характеристик двигателя 6Д30/50-4.
1 — заградительная характеристика; 2 — принятая программа управления — $N=f(n)$.
 G_T — расход топлива; G_{TH} — расход топлива при номинальной мощности.

буксира типа *Reid*, выполнена в соответствии с оптимальной программой $N=f(n)$, единой для всех режимов. Коррекция шага ВРШ осуществляется автоматически.

График указанной программы (рис. 101) представляет прямую линию, соединяющую точку номинальной мощности $N=600$ л. с. при 300 об/мин и точку $N=150$ л. с. при 150 об/мин. Целесообразность подобной программы для портового буксира была показана выше.

По принятой оптимальной зависимости $N=f(n)$ и графикам загрузки дизеля на различных режимах хода построена зависимость шагового отношения H/D ВРШ от частоты вращения ВРШ и от

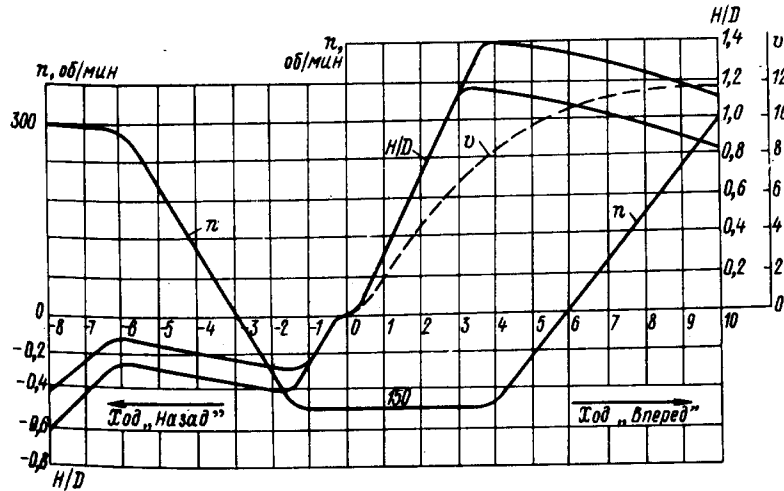


Рис. 102. График совместного управления двигателем и ВРШ портового буксира-кантовщика типа *Reid*.

положения маневровой рукоятки на пульте управления. Программный график показан на рис. 102.

Верхняя ветвь на переднем ходу является базовой для построения профиля кулачка ВРШ и соответствует режиму свободного хода. Нижняя ветвь отвечает наибольшей коррекции шага при швартовном режиме. На заднем ходу — наоборот. Для всех возможных режимов хода требуются промежуточные значения коррекции шага.

При неисправности системы дистанционного управления коррекция шага ВРШ вводится вручную с помощью головки маневровой рукоятки до тех пор, пока стрелка указателя нагрузки не совпадает с делением шкалы, соответствующей оптимальной нагрузке и отсутствию перегрузки.

Структурная схема системы дистанционного управления показана на рис. 103.

Наиболее совершенные и перспективные — самонастраивающиеся системы дистанционного управления. Структурная схема такой системы управления показана на рис. 104. Самонастраиваю-

щиеся системы управления для любого режима работы судна методом поиска автоматически, без вмешательства оператора, устанавливают и поддерживают оптимальное значение частоты вращения и шага при максимальном к. п. д. установки или, что примерно то же самое, минимальный расход топлива на милю пройденного пути. При заданной скорости буксировки этот критерий равнозна-

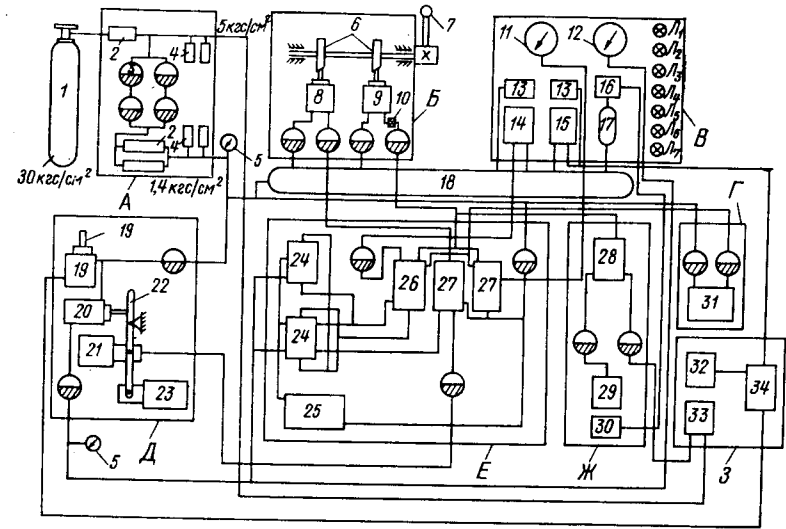


Рис. 103. Структурная схема совместного управления двигателем и ВРШ портового буксира-кантовщика типа *Reid*.

А — блок воздухоподготовки; Б — блок задания; В — блок сигнализации и управления; Г — блок датчика топливной рейки; Д — агрегат управления ВРШ; Е — блок позиционного реле; Ж — блок управления и регулирования; З — блок блокировки и запуска дизеля.

1 — воздушный баллон; 2 — редуктор воздушный; 3 — фильтр; 4 — клапан предохранительный; 5 — манометр; 6 — кулачок; 7 — рукоятка; 8 — датчик шага ВРШ; 9 — датчик частоты вращения дизеля; 10 — дроссель; 11 — манометр загрузки дизеля; 12 — манометр положения лопастей; 13 — пневмопреобразователь; 14 — тумблер отключения автоматизированного управления; 15 — тумблер отключения клапана блокировки и запуска дизеля; 16 — кнопка аварийной остановки дизеля; 17 — ресивер; 18 — коллектор воздушный; 19 — клапан положения лопастей; 20 — датчик положения лопастей; 21 — телемотор; 22 — узел обратной связи; 23 — гидроусилитель; 24 — элемент сравнения; 25 — датчик сравнения; 26 — пропорционально-интегральный (ПИ) регулятор; 27 — прибор простейших алгебраических операций; 28 — позиционное реле; 29 — сервомотор системы ДАУ-13; 30 — механизм аварийной остановки дизеля; 31 — датчик перемещения топливной рейки; 32 — клапан блокировки запуска дизеля; 33 — клапан отключения; 34 — клапан разрешения запуска дизеля.

Указатели световых сигналов: Л₁ — пульт включен; Л₂ — автоматика включена; Л₃ — работает резервный масляный насос; Л₄—Л₆ — включена подсветка шкал манометра и шкалы указателя положения рукоятки; Л₇ — поддерживается давление в гидросистеме ВРШ.

чен критерию минимума расхода топлива в единицу времени. Такая постановка задачи характерна для линейных буксиров. Возможна и оптимизация маневренных режимов буксира (разгон, торможение, реверс и т. д.). При наличии ВРШ можно из всех способов выполнения этих маневров выбрать такие, например, которые обеспечивают наибольшее быстроедействие. Для этого система

постов управления, установленных на центральном посту управления, в ходовой рубке и на верхнем мостике (рис. 105).

При нормальной эксплуатации управление ДГЭУ осуществляется из ходовой рубки (либо с верхнего мостика). В аварийном случае, при выходе из строя дистанционных постов управления или кабелей, соединяющих их со щитом ДГЭУ, управление производится из ЦПУ, а команда в ЦПУ из ходовой рубки передается

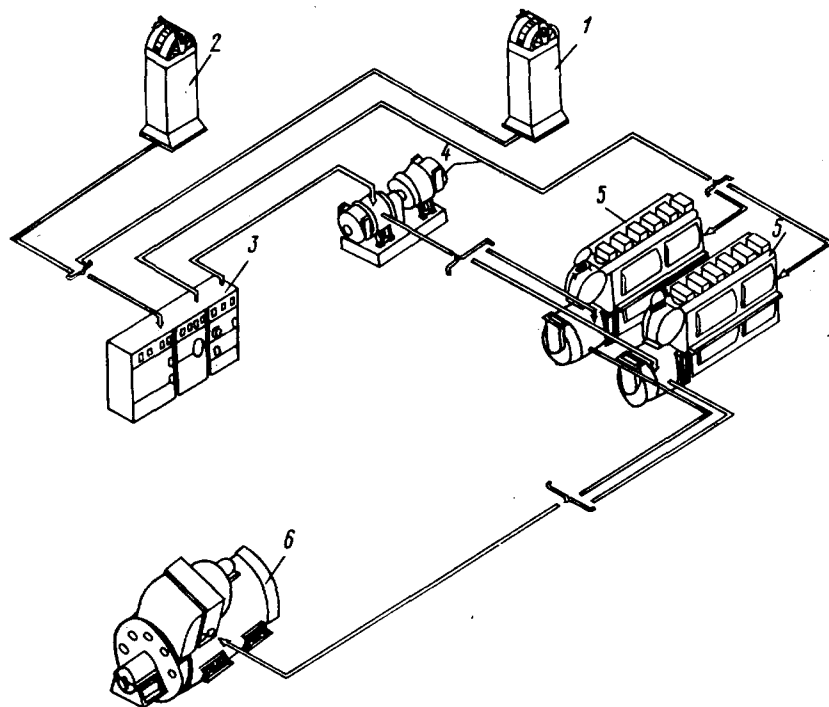


Рис. 105. Структурная схема управления гребной электрической установкой буксира типа *Иван Плюшкин*.

1 — пост управления на верхнем мостике; 2 — пост управления в ходовой рубке; 3 — щит ДГЭУ; 4 — возбудитель дизель-генераторов; 5 — главный дизель-генератор; 6 — гребной электродвигатель.

с помощью машинного телеграфа. Пуск и остановка главных дизель-генераторов осуществляются из дизель-генераторного отделения (ДГО), а изменение частоты вращения — как из ДГО, со щита включения, так и со щита ДГЭУ, установленного в ПУ.

Надежность систем автоматики. В результате широкого внедрения на буксирах средств дистанционного управления и автоматизации появился ряд пневматических, гидравлических, электрических и других посредников между человеком и обслуживаемыми им механизмами и устройствами. Поэтому безопасность плавания, сохранность буксира и буксируемого судна стала зависеть еще от одного класса технических устройств — средств автоматики. Пере-

Опасность отказов с учетом реальных условий

$$\lambda_i = ak_v \lambda_0, \quad (81)$$

где a — относительный коэффициент интенсивности отказов от температуры;

k_v — коэффициент вибрации для каждой группы оборудования (для судовой автоматики — III группа);

λ_0 — интенсивность отказов с учетом реальных условий, без учета механических воздействий.

Среднее время (в часах) исправной работы системы автоматики вычисляется по формулам

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_i} \text{ или } T_{cp} = \frac{t}{\ln P}. \quad (82)$$

Данные для определения указанных выше коэффициентов приведены в работе [9].

Наряду с количественной и качественной оценками, проблему надежности при автоматизации энергетической установки судна необходимо рассматривать с учетом и оценкой надежности правильных действий оператора. Под надежностью выполнения работ оператором понимается объективная уверенность в том, что работы по обслуживанию автоматического комплекса будут выполнены в заданный срок.

В настоящее время все больший интерес проявляется к «стыку» технических наук с науками о человеке, поскольку даже в полностью автоматизированных установках человек неизбежно выполняет работы по обслуживанию техники. С прогрессом науки и техники предъявляются все более жесткие требования к людям, участвующим в мероприятиях по обслуживанию автоматических устройств, а также растет значение последствий несвоевременного и неправильного выполнения оператором своих обязанностей. Все эти вопросы рассматриваются в специальной литературе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные в книге сведения о буксирных судах, методах выбора их основных характеристик и конструктивных элементов, отражают современное состояние буксиростроения. Однако непрерывно ведущийся исследовательский и конструкторский поиск рождает новые более рациональные, надежные и экономичные решения и даже новые типы буксирных судов. Расширяются районы плавания буксируемых и толкаемых составов, увеличиваются мощности буксиров и толкачей.

В последние годы за рубежом и в нашей стране появились работы, обосновывающие экономическую целесообразность и техническую возможность использования толкаемых составов для морских перевозок.

Начало новому возрождению и интенсивному развитию морских и трансокеанских перевозок грузов в крупнотоннажных баржах со сверхмощными буксирами было положено в прибрежных водах Атлантического и Тихоокеанского побережий США и Канады. Затем начались перевозки между портами США и Гавайских островов. В настоящее время этот возрожденный на новой технической основе и интенсивно развивающийся метод морских перевозок находит все более широкое распространение в Европе, Австралии, Новой Гвинее, Японии и других странах.

Морские и океанские буксиры, осуществляющие океанские буксировки, оборудованы как спасатели и имеют мощность, как правило, не менее 5000 л. с. Грузоподъемность сухогрузных барж составляет от 10 до 26 тыс. т., наливных — до 50 тыс. т. Скорость буксировки 10—14 уз. Планируется построить для европейского атлантического побережья баржу дедвейтом 30 тыс. т, а для Великих Озер США — саморазгружающуюся баржу дедвейтом 52 тыс. т для перевозки руды. Эту баржу будет водить буксир мощностью 14 000 л. с. Планируется строительство и других сверхмощных буксиров.

Чтобы ведомые на буксире баржи устойчиво держались на курсе следования, их оборудуют стабилизаторами курса. Последние создают значительное дополнительное сопротивление, достигающее при высоких скоростях буксировки $\sim 1/3$ полного сопротивления. Исключить сопротивление стабилизаторов и буксирного троса, а также снизить суммарное сопротивление корпусов буксира и баржи можно, только если перейти от буксировки к толканию. Поэтому появились проекты и опытные рейсы морских толкаемых составов. Разработан ряд толкаемых составов из одной баржи и толкача, много вариантов стыковки и соединения их между собой. Например, система «Артубар» — перевозка грузов при сочленении буксира с баржей — допускает движение состава в океане. Построены оборудованные по этой системе составы из толкача-буксира мощностью 6000 л. с. и баржи дедвейтом 38 тыс. т, имеющей в кормовой оконечности вырез для носовой части толкача; из толкача-буксира мощностью 5800 л. с. и баржи дедвейтом 27 тыс. т; из толкача-буксира мощностью 3500 л. с. и баржи дедвейтом 12 тыс. т.

Основным видом сцепки толкачей-буксиров с баржами служит кормовой вырез в корпусе баржи для носовой оконечности или половины длины толкача и амортизированные сцепные устройства, обеспечивающие судам одну или две степени свободы при движении состава на волнении. Разработанные и запатентованные сцепные устройства, в основном шарнирного типа, по данным зарубежных источников, обеспечивают при толкании барж на волнении достаточную надежность сцепки.

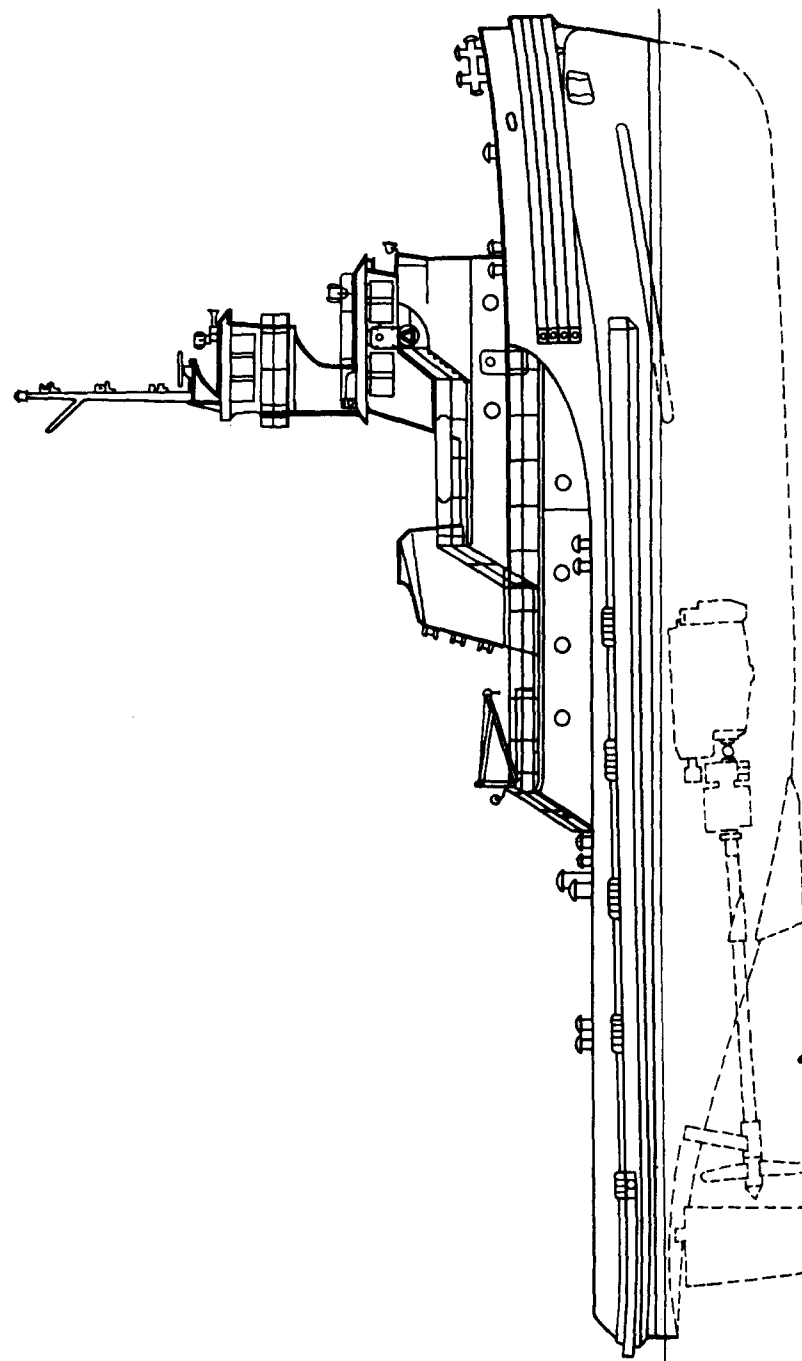


Рис. 106. Общий вид толкача-буксира с двумя ходовыми рубками.

В разработанной ливерпульскими специалистами системе «АТ», предусматривающей обслуживание одним толкачом-буксиром на линии-вертушке поочередно нескольких барж, применено шарнирное быстроразъемное соединение судов, обеспечивающее их свободное перемещение только в вертикальной плоскости.

Особенностью толкачей-буксиров, оборудованных для вождения морских высокооборотных барж, является наличие двух ходовых рубок (рис. 106). Верхняя используется для вождения баржи в балласте, при отсутствии обратной загрузки и перевозке крупногабаритных палубных грузов. Носовая оконечность толкача-буксира имеет специальную форму, удобную для сцепки и передачи упора кормовой оконечности баржи.

В связи с направлением в использовании толкаемых составов появляются и новые проблемы, требуются иные конструктивные решения, а также отработка типа морского толкача-буксира и сцепных устройств.

Ведутся исследовательские и проектные работы по созданию более мощных, чем существующие, буксиров-кантовщиков, океанских и прибрежных спасательных буксиров.

В разных странах исследуются вопросы увеличения мощности толкачей и толкачей-буксиров для внутренних водных путей, повышения грузоподъемности толкаемых составов. В частности, в США, где мощность толкачей достигала 9000 л. с., исследуется вопрос о целесообразности строительства толкачей мощностью 15000 л. с.

Ведутся проектные разработки по созданию мощных, маневренных и малогабаритных шлюзовых и рейдовых толкачей-буксиров, способных обеспечить проводку крупнотоннажных составов через шлюзы, их формирование и разводку судов состава по причалам.

1. Алферьев М. Я. Ходкость и управляемость судов. Сопротивление воды движению судов. М., «Транспорт», 1967.
2. Алчуджан Г. А. Мощные буксиры зарубежного флота. — Информационный сборник ЦНИИМФ, 1963, вып. 95, с. 52—67.
3. Алчуджан Г. А. Характерная авария буксирного судна, связанная с потерей остойчивости. — Информационный сборник ЦНИИМФ, 1964, вып. 123, с. 83—87.
4. Анализ аварий судов морского флота. — Бюллетень Главного управления мореплавания, М., «Транспорт», 1964, вып. 24, с. 1—58.
5. Аркенбоут Шоккер И. К., Ноербург Е. М., Воснак Е. И. Проектирование торговых судов. Пер. с англ. Л., Судпромгиз, 1959.
6. Арсеньев С. П. Выбор типов судов транспортного флота. — Труды ЦНИИЭВТ. М., «Транспорт», 1968, вып. 50, с. 1—139.
7. Басин А. М. и Анфимов В. Н. Гидродинамика судна. Л., «Речной транспорт», 1961.
8. Басин А. М. Ходкость и управляемость судов. Ч. I и II. М., «Транспорт», 1964.
9. Белов Ф. И., Соловейчик Ф. С. Вопросы надежности радиоэлектронной аппаратуры. М., Госэнергоиздат, 1961.
10. Берестецкий А. М. Гидродинамические характеристики буксирных судов при движении с большими углами дрейфа. — Труды Ленинградского института водного транспорта, 1972, вып. 138, с. 22—27.
11. Богданов Б. В. и Петров М. К. Морская буксировка. М., «Морской транспорт», 1955.
12. Богданов Б. В. Толкачи и баржи для толкания. Л., «Речной транспорт», 1959.
13. Богданов Б. В., Галковская М. Г. Секционные составы для вождения способом толкания. Л., «Речной транспорт», 1961.
14. Богданов Б. В. Морские и рейдовые баржи. Л., Судпромгиз, 1963.
15. Бродецкий Г. Е. Крен буксира при поперечном рывке троса. — Труды ЛИВТ, 1962, вып. 33, с. 32—42.
16. Быков В. М. Динамический крен буксирного судна при рывке буксирного троса. — Труды Таллинского политехнического института, 1955, вып. 61, с. 17—26.
17. Ваганов Г. И. Секционные составы. М., «Транспорт», 1967.

18. Васильев А. В., Белоглазов В. И. Управляемость винтового судна. М., «Транспорт», 1966.
19. Веледницкий И. О. Сопротивление воды движению толкаемых составов. М., «Транспорт», 1965.
20. Великосельский Н. Д., Климов А. С., Шмаков М. Г. Судовые устройства толкаемых составов. Л., Судпромгиз, 1958.
21. Вицинский В. В., Страхов А. П. Основы проектирования судов внутреннего плавания. Л., «Судостроение», 1970.
22. Власов А. А. Речные водометные суда. Л., «Речной транспорт», 1962.
23. Войткунский Я. И., Першиц Р. Я. и Титов И. А. Справочник по теории корабля. Л., Судпромгиз, 1960.
24. Войткунский Я. И., Скворцов В. Я., Ткачук Г. Н. Исследования рывка буксирного троса на моделях буксиров большой мощности. — Труды ЛКИ, 1964, вып. 43, с. 27—40.
25. Войткунский Я. И. и Мейлунас В. Ф. Исследование гидродинамических характеристик судна при движении лагом и вращении вокруг вертикальной оси. — Труды ЛКИ, 1954, вып. 14, с. 74—82.
26. Временные требования к судам внутреннего плавания по обеспечению ремонта их промышленными методами. М., «Транспорт», 1964 (Министерство Речного флота РСФСР).
27. Временная методика расчета ледовых нагрузок речных ледоколов и требования к постройке их корпусов. РТМ50-10—68. М., «Транспорт», 1969.
28. Временные правила производства судовых тяговых и скоростных расчетов. Л., «Речной транспорт», 1961.
29. Временные требования к проектированию и приемке противошумового комплекса на судах внутреннего плавания. РТМ-50-2—65. М., «Транспорт», 1967.
30. Временные требования по расчетной проверке вибрационной прочности корпусов и нормы вибрации судовых конструкций. М., «Транспорт», 1966 (Речной Регистр РСФСР).
31. Глинин Б. Я., Яворский А. Г. Автоматизация судовых электроэнергетических установок. М., «Транспорт», 1966.
32. Губанов В. Е., Васильев К. А., Завьялов А. С. Судовые системы. Л., Речиздат, 1951.
33. Горашенко И. М. Специфические условия установки крыльчатых движителей на судах. — «Судостроение», 1967, № 6, с. 13—16.
34. Гурович А. Н., Родионов А. А., Асиновский В. И., Гринберг Д. А. Судовые устройства. Л., «Судостроение», 1967.
35. Гурович А. Н., Родионов А. А. Проектирование спасательных и пожарных судов. Л., «Судостроение», 1971.
36. Звонков В. В., Фомкинский Л. И. Судовые тяговые и скоростные расчеты. Л., «Речной транспорт», 1959.
37. Иванов В. М., Асиновский В. И., Луковников А. А. О расчете сопротивления буксиров. — В сб.: Материалы по обмену производственно-техническим опытом проектирования морских судов. Л., «Судостроение», 1967, вып. 3, с. 32—36.
38. Казменко В. Д. Морская практика для инженера-судоводителя. М., «Морской транспорт», 1962.
39. Кацман Ф. М., Кудреватый Г. М. Конструирование винторулевых комплексов морских судов. Л., Судпромгиз, 1963.
40. Козлов К. С. Теоретическое исследование работы буксирного судна. — Сб. работ по обмену производственно-техническим опытом по вопросам проектирования морских судов. Ленинградское бассейновое правление научно-технического общества водного транспорта. Л., 1963, вып. 1, с. 5—135.
41. Корреляционный анализ работы портовых буксиров. — Сб. трудов Союзморпроекта, 1966, 11/17, с. 27—63.
42. Лаврентьев В. М. Исследование движения судна при косом рывке буксирного троса. — Труды ЦНИИМФ, 1966, вып. 72, с. 3—31.
43. Лаврентьев В. М. Нормирование остойчивости буксирных судов по рывку буксирного троса. — Труды ЦНИИМФ, 1958, вып. 15, с. 3—21.
44. Луговский В. В. Анализ аварий, связанных с потерей остойчивости судов. — Бюллетень ММФ, М., «Морской транспорт», 1958, № 9, с. 3—26.
45. Мунро-Смит Р. Проектирование буксиров. — «Судостроитель и судовой машиностроитель». Т. 69, 1962, № 650, с. 62—71.
46. Никифоровский Н. Н. и Порневский Б. И. Судовые электрические станции. М., «Транспорт», 1964.
47. Ногид Л. М. Проектирование морских судов. Ч. 1. Методика определения элементов проектируемого судна. Л., «Судостроение», 1964.
48. Ногид Л. М. Остойчивость судна и его поведение на взволнованном море. Л., «Судостроение», 1967.
49. Осоловский А. К. Морские и портовые буксиры. Л. — М., «Морской транспорт», 1948.
50. Панов В. А. Судовые электростанции и расчеты их мощности. Л., «Судостроение», 1965.
51. Правила классификации и постройки морских судов. М., «Транспорт», 1970 (Регистр СССР).
52. Правила постройки стальных судов внутреннего плавания. М., «Транспорт», 1969 (Речной Регистр РСФСР).
53. Рыжов Л. М., Васильев А. В. Основы гидродинамики толкаемых составов. Л., «Речной транспорт», 1961.
54. Санитарные правила для морских судов СССР. М., «Транспорт», 1964 (Министерство здравоохранения СССР).
55. Санитарные правила для речных и озерных судов СССР. М., «Транспорт», 1965 (Министерство здравоохранения СССР).
56. Сиверцев И. Н. Расчет и проектирование судовых конструкций. М., «Транспорт», 1968.
57. Сторожев А. Ф., Мейер Н. Ф. Автосцепы речных судов. М., «Транспорт», 1970.
58. Слуцкий А. В. Показатели технического совершенства морских портовых буксиров-каитовщиков. — Труды ЦНИИМФ, 1972, вып. 156, с. 99—106.
59. Требования техники безопасности к судам внутреннего плавания. РТМ 50-3—65. М., «Транспорт», 1967 (Министерство речного флота РСФСР).
60. Требования к объему оборудования средствами комплексной автоматизации и механизации судов внутреннего плавания с дизельными силовыми установками. М., «Транспорт», 1967 (Министерство речного флота СССР).
61. Требования к постройке судов ледового плавания и их классификация. Л., 1965 (Арктический и антарктический научно-исследовательский институт).
62. Чувиковский В. С. и Палий О. М. Основы теории надежности судовых конструкций. Л., «Судостроение», 1965.

63. Шмаков М. Г., Климов А. С. Якорные и швартовные устройства. Л., «Судостроение», 1964.
64. Шмаков М. Г. Рулевые устройства судов. Л., «Судостроение», 1968.
65. Шмаков М. Г. Буксирные устройства судов. Л., «Судостроение», 1966.
66. Шмаков М. Г. Спасательные устройства судов. Л., «Судостроение», 1970.
67. Шмаков М. Г. Судовые устройства. М., «Транспорт», 1970.
68. Шприцын В. Н. Судовые валогенераторы. Л., «Судостроение», 1965.
69. Яковлев М. С. Исследование формы корпуса ледоколов. ГИИВТ, 1962.
70. Яконовский С. В. Выбор потребной тяги при разработке технического задания на проектирование портовых буксиров. — Сб. работ по обмену производственно-техническим опытом по вопросам проектирования морских судов. Ленинградское бассейновое правление научно-технического общества водного транспорта Л., 1963, вып. 1, с. 136—186.
71. Beyen H. und von der Stein N. 3000-PS-Dreischraubenschubboot „Oranje I“ für einen 11000-t — „Schubverband auf dem Niederrhein“. — „Schiff und Hafen“, 1971, 23, Heft 3, ss. 179—190.
72. Caldwell A. Screw Tug Design. London, 1946.
73. Clark R. General-purpose tugs: trends in design and performance. — „Ship and Boat Builder Internat.“, 1966, vol. 19, No. 2, pp. 24—27.
74. Grieg P. Modern Harbour Tug Design. — „The Motor Ship“, 1960, vol. 40, No. 475, pp. 436—439.
75. Garside J. V., Naval Architect. Modern diesel tugs. — „Tugs“. A Supplement to the issue of „Ship and Boat Builder International“, 1966, No. 2, pp. 54—57.
76. Munro-Smith R. Tug Design. — „The Shipbuilder and Marine Engine Builder“, 1962, vol. 69, No. 650, pp. 47—53.
77. Muhs K. Schubschiffahrt in der DDR mit Stromschubschiffen vom VEB Jachtwerft Berlin. — „Seewirtschaft“, 1970, 2, Heft 9, ss. 677—681.
78. Ort A. Die Lärmbekämpfung bei Schubbooten. — „Hansa“, 1970, 107, April, Sondernummer, ss. 584—588.
79. Rhein-Schubboot „Pierre Bronsse“. — „Schiff und Hafen“, 1970, 22, Heft 6, ss. 609—610.
80. Roach C. D. Tugboat Design. — „Transactions of the Soc. of Nav. Arch. and Mar. Eng.“, 1954, vol. 62, pp. 593—642.
81. Schiffbautechnisches Handbuch. Band 2, VEB, Verlag Technik, Berlin, 1964.
82. Schäle E. Der Schubverkehr auf dem Rhein und seinen Nebenwasserstrassen bis zur Donau. — „Schiff und Hafen“, 1971, 23, Heft 5, ss. 381—390.
83. Thieme H. Schleppversuche bei Queranströmung. — „Schiff und Hafen“, 1954, 6, Heft 6, ss. 350—359.

От авторов	3
Краткая историческая справка	4

Глава I

Современные буксирные суда

§ 1. Классификация буксирных судов	9
§ 2. Морские буксирные суда	12
§ 3. Буксирные суда внутреннего плавания	32
§ 4. Особенности работы буксиров	54
§ 5. Особенности работы толкачей и толкачей-буксиров	57

Глава II

Определение главных элементов

§ 6. Архитектура буксирного судна	62
§ 7. Выбор мощности и движительно-рулевого комплекса	65
§ 8. Тяговые характеристики	81
§ 9. Составляющие водоизмещения и положение центра тяжести	90
§ 10. Определение главных размерений и водоизмещения	98

Глава III

Форма корпуса и мореходные качества

§ 11. Коэффициенты полноты и форма корпуса	118
§ 12. Остойчивость	132
§ 13. Управляемость	135

Глава IV

Особенности конструкции корпуса и рубок

§ 14. Конструкция корпуса и рубок морских буксиров	143
§ 15. Конструкция корпусов и рубок буксирных судов внутреннего плавания	147

Глава V

Судовые устройства

§ 16. Якорные устройства	158
§ 17. Рулевые устройства	174
§ 18. Буксирные и швартовные устройства	179
§ 19. Сцепные устройства	185
§ 20. Спасательные и другие устройства	190

Глава VI

Судовые системы

§ 21. Трюмные системы	194
§ 22. Противопожарные системы	200
§ 23. Санитарные системы	217
§ 24. Вентиляция	224
§ 25. Системы отопления	226
§ 26. Кондиционирование воздуха	230
§ 27. Холодильные системы	232

Глава VII

Особенности энергетических установок буксирных судов

§ 28. Главная энергетическая установка	235
§ 29. Судовая электростанция	243
§ 30. Комплексная автоматизация энергетических установок. Надежность систем автоматки	249
Заключение	271
Указатель литературы	275

БУКСИРНЫЕ СУДА

(проектирование и конструкция)

Редактор *А. И. Кускова*
Технический редактор *А. И. Казаков*
Переплет художника *П. Т. Калужного*
Художественный редактор *В. А. Пурицкий*
Корректор *Л. Н. Степнова*

Сдано в набор 24 августа 1973 г. М-04048. Подписано к печати 29 января 1974 г. Формат 60×84^{3/16}. Бумага для глубокой печати. 17,5 печатных листов. 20,1 учетно-издательских листов. Издательский № 2678—72. Тираж 3500 экз. Заказ № 1712. Цена 1 руб. 30 коп.

Издательство «Судоостроение» 191065, Ленинград, ул. Гоголя, 8.

Ленинградская типография № 4 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 196126, Ленинград, Ф-126, Социалистическая ул., 14.