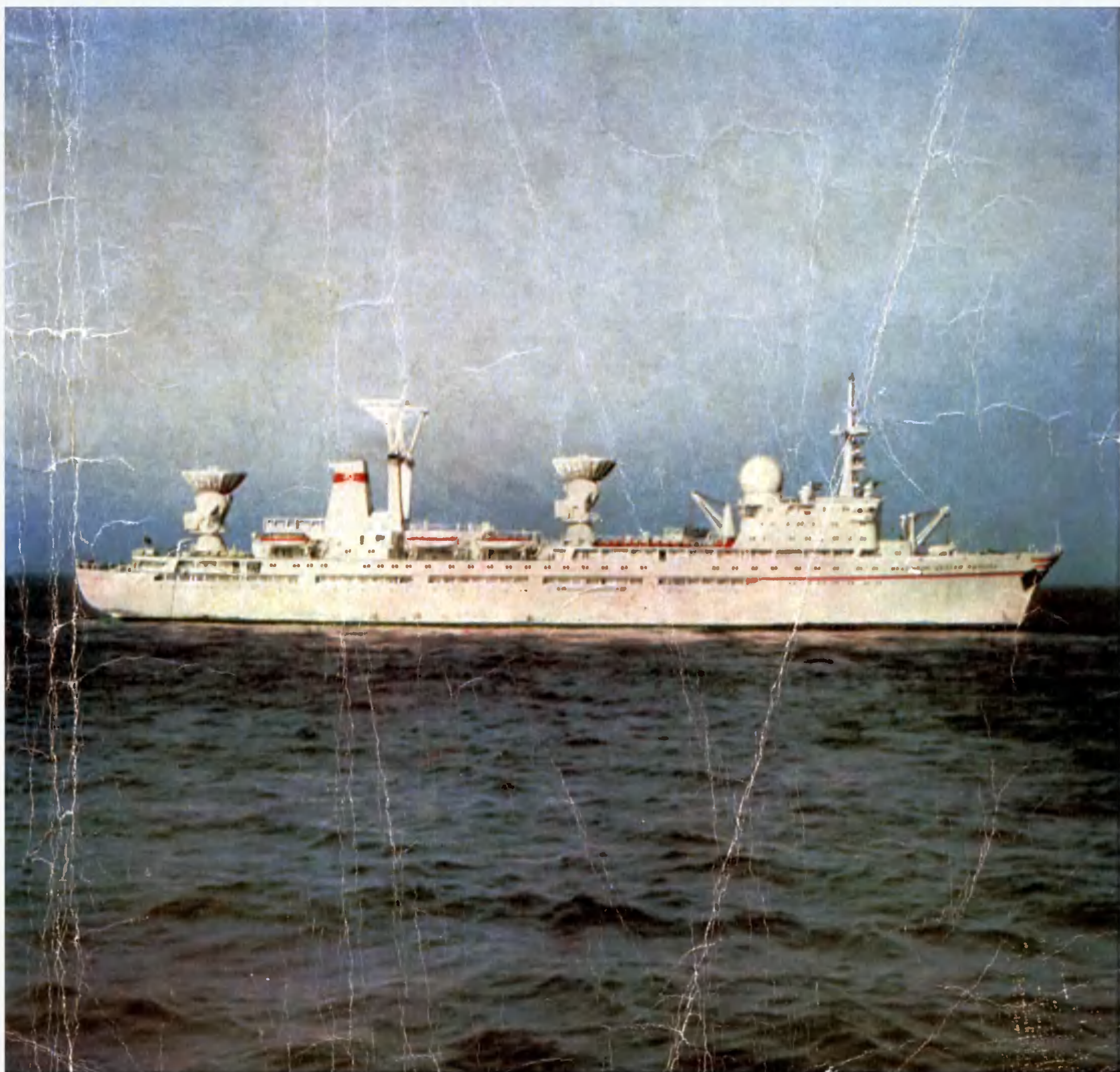


СУДОСТРОЕНИЕ

1971 МАРТ

3



СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ	3	Я. И. Цитрин. Морской портовый буксир-кантовщик мощностью 1200 л. с.
	6	Н. А. Кузнецов. Речной буксир-плотвод
	8	А. А. Гундобин, С. М. Дмитриев. Дальневосточный малый буксир
	10	В. В. Ашик, Б. А. Царев, И. В. Челпанов. Зависимость длины современных судов от их скорости
	13	В. Г. Фукалов, В. И. Мартыненко. Международные требования к противопожарной защите судов на подводных крыльях
	14	Н. И. Белавин. Летающие суда будущего
	21	Семинар по проблемам совершенствования мягких оболочек
СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ	23	В. В. Стефанович, Б. В. Комарницкий. Испытания воздушных систем охлаждения рефрижераторных судов
	26	В. И. Ведайко, Б. Л. Гринпресс, Г. Ф. Бердоносов, В. И. Пекарев. Перспективы применения отечественных винтовых компрессоров в судовых холодильных машинах
	29	А. С. Мартьянов. Определение коэффициента теплопередачи изоляции грузовых помещений рефрижераторов
СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ	31	Ф. М. Елистратов, Г. И. Белугин. О рациональном использовании судовых дизелей с турбонаддувом
	34	Д. С. Коднир, В. А. Садыков. Расчет несущей способности упорных гребней редукторов
СУДОВАЯ АВТОМАТИКА	40	Л. Г. Соболев, В. Б. Липис. Система автоматизации пропульсивной установки теплохода «Новомиргород»
	45	А. В. Ермолаев-Маковский. Влияние качки судна на аппаратуру УСЭППА
ЭЛЕКТРО И РАДИООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ	46	Н. В. Оболенский. Определение показателей надежности трубчатых электронагревателей
МОРСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ	50	А. Я. Кур. Проблема ЗИПа судовой радиоэлектронной аппаратуры
ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И МАШИНОСТРОЕНИЯ	53	Г. П. Арсенов, С. Т. Кротов, А. К. Линдерман. Исследование работы системы подачи присадочной проволоки при импульсно-дуговой сварке
РЕМОНТ И МОДЕРНИЗАЦИЯ СУДОВ	55	С. М. Беер. Вертикальный судоподъемник на короткоходовых гидродомкратах
	59	Л. Р. Дижур, В. А. Кенигстул, В. Г. Серый. Ультразвуковой контроль опорных буртов цилиндрических втулок дизелей
МАЛОТОННАЖНОЕ СУДОСТРОЕНИЕ	61	И. Г. Беккер, А. С. Залкинд. Быстроходный мелкосидящий катер
ВРЕМЯ, ЛЮДИ, СОБЫТИЯ	63	В. М. Канатчиков. Петрозаводу — 250 лет
	67	Р. М. Мельников. Развитие класса крейсеров
	73	Корабль мастера Скляева
	—	Маяк Даугавгрива
	74	Межведомственное совещание по совершенствованию управления производством
	22, 30, 39, 45, 49, 52, 62	По страницам книг и журналов

Contents

SHIP DESIGN	3	Y. I. Tsitrin. Sea-going harbour tug of 1200 h. p. for handling large tankers
	6	N. A. Kuznetsov. River rafter-tug
	8	A. A. Gundobin, S. M. Dmitriyev. Far Eastern small tug
	10	V. V. Ashik, B. A. Tsaryev, I. V. Chelpanov. Dependence of length of modern ships on their speed
	13	V. G. Fukalov, V. I. Martynenko. International requirements to the fire protection of hydrofoil boats
	14	N. I. Belavin. Flying ships of the future
	21	A seminar on the problems of improvement of elastic shells
SHIPBOARD SYSTEMS	23	V. V. Stephanovich, B. V. Komarnitsky. Tests of air cooling systems of refrigerated cargo ships
	26	V. I. Vedaiko, B. L. Grinpress, G. F. Berdonosov, V. I. Pekarev. Prospects of application of domestic screw compressors in marine refrigerating plants
	29	A. S. Martyanov. Determination of a heat transfer coefficient for the insulation of cargo compartments in refrigerated cargo vessels
SHIPBOARD POWER PLANTS	31	F. M. Yelistratov, G. I. Belugin. On the rational use of supercharged marine diesel engines
	34	D. S. Kodnir, V. A. Sadykov. Calculation of bearing capacity of thrust collars in reduction gears
SHIP AUTOMATION	40	L. G. Sobolyev, V. B. Lipis. An automation system for the propulsion plant of the m/s "Novomirgorod"
	45	A. V. Yermolayev-Makovsky. The influence of ship's roll on operation of pneumatic automation equipment
ELECTRICAL AND RADIO EQUIPMENT	46	N. V. Obolensky. Evaluation of reliability parameters of tubular electrical heaters
MARINE INSTRUMENTS	50	A. Y. Kour. The problem of spare parts for marine radio and electronic equipment
SHIP AND ENGINE BUILDING TECHNIQUES	53	G. P. Arsenov, S. T. Krotov, A. K. Linderman. Investigation of operation of filling wire feed system for pulsation-arc welding
SHIP REPAIR AND ALTERATION	55	S. M. Beer. Vertical ship lift on short-stroke hydraulic jacks
	59	L. R. Dizhur, V. A. Kenigstool, V. G. Seriy. Ultrasonic control of bearing collars of marine diesel engine cylinder liners
BOAT BUILDING	61	I. G. Bekker, A. S. Zalkind. High-speed shallow-draft launch
TIMES, PEOPLE, EVENTS	63	V. M. Kanatchikov. The Petrozavod shipyard is 250 years old
	67	R. M. Melnikov. Evolution of cruisers
	73	A ship built by Sklyayev
	—	Daugavgriva lighthouse
	74	A conference on the improvement of production control
	22, 30, 39, 45, 49, 52, 62	Magazines and books review



МОРСКОЙ ПОРТОВЫЙ БУКСИР-КАНТОВЩИК МОЩНОСТЬЮ 1200 л. с.

Я. И. ЦИТРИН

УДК 629.124.24:627.2

Советские буксиростроители за последние годы дали морскому флоту высокоэффективные портовые суда. Среди них выделяются морские портовые буксиры-кантовщики мощностью 1200 л. с. Этими судами пополняет отечественный флот ленинградский Петрозавод. Строятся они также и для экспорта.

Морской портовый буксир-кантовщик мощностью 1200 л. с. (рис. 1, 2) с двумя винтами регулируемого шага в поворотных направляющих насадках является новым типом в отечественном буксиростроении. Он предназначен для работы по вводу, выводу, перестановке и швартовке крупнотоннажных морских судов, в том числе и танкеров, в портах как на свободной воде, так и в ледовых условиях.

Буксир мощностью 1200 л. с. отличается высоким уровнем технической оснащенности. Средства автоматизации, сигнализации, дистанционного управления и контроля из ходовой рубки обеспечивают работу главных и вспомогательных двигателей без постоянной вахты в машинном отделении. Дистанционное управление пуском, остановкой и регулировкой частоты вращения главных двигателей, положением лопастей ВРШ и направляющими насадками предусмотрено из ходовой рубки с единого пульта судовождения. Пульт оснащен приборами контроля основных параметров работы главных двигателей и вспомогательных механизмов, а также световой и звуковой сигнализацией, предупреждающей об аварийном состоянии, перегрузке двигателей и выходе из строя судовых сигнальных огней. Эти принципиальные особенности буксира обеспечивают возможность бригадного (сменного) обслуживания судна вахтой из трех человек. Применение бригадного метода позволило по-новому решить вопросы общего расположения и компоновки помещений буксира с учетом получения минимальных размерений, что, в свою очередь, является особенно важным для его эксплуатации в ограниченных по площади акваториях портов.

Остойчивость буксира удовлетворяет «Нормам остойчивости» Регистра СССР для судов III категории. Проект в целом соответствует Правилам Регистра для портовых судов. Буксиры этого типа

строятся в соответствии с «Правилами классификации и постройки морских стальных судов» Регистра СССР на класс УЛ ★Р $\frac{4}{1}$ С (буксир).

Основные характеристики буксира

Длина, м:	
наибольшая	29,8
по КВЛ	28,2
Ширина по ВП, м	8,3
Высота борта, м	4,3
Осадка средняя по КВЛ, м	3,2
Водоизмещение при этой осадке, т	319
Скорость свободного хода при полном водоизмещении, уз.	12
Тяга на гаке при скорости хода 3 уз и полном водоизмещении, т	14

Корпус буксира цельносварной конструкции из стали марок ВМСтЗсп и 09Г2 имеет ледокольное образование носа и корму с подрезанным дейдвудом. Система набора — поперечная. Противоледовые усиления обшивки и набора обеспечивают достаточную прочность корпуса при работе в ледовых условиях.

Для уменьшения амплитуды качки на корпусе устанавливаются боковые кили. Защита винторулевого комплекса ото льда на переднем ходу обеспечивается тремя плавниками, приваренными к корпусу судна и жестко связанными по концам неподвижным полукольцом обтекаемого профиля. Кринолин, установленный на скуле в кормовой части корпуса, препятствует попаданию льда под корпус к насадкам. Для защиты гребных винтов ото льда на заднем ходу в кормовой части насадки имеют трехлопастные контрпропеллеры.

Корпус буксира оснащен отбойным устройством, включающим в себя резиновый привальный брус, состоящий из отдельных литых блоков, прикрепленных к борту на приварных шпильках, закрытых резиновыми пробками, а также носовой и кормовой мягкие кранцы с набивкой отходами пористой резины. Кранцы имеют металлическую и пеньковую оплетку. Судно снабжено двумя якорями Холла массой по 250 кг и электроручным брашпилем БЭР7-4.

Перекладка поворотных направляющих насадок (цельносварной конструкции с внутренним диаметром 1820 мм) осуществляется двумя электрическими секторными рулевыми машинами РЭРЗ-8 с максимальным крутящим моментом 3 тм и углом перекладки по 35° на каждый борт.

Откидной буксирный гак открытого типа на номинальное тяговое усилие 14 т установлен на капе машинного отделения. Он обеспечивает работу буксира на всех режимах. Тележка гака, соединенная со штырем при помощи штанги, перемещается с борта на борт по балке таврового сечения. Буксирный гак снабжен гидравлическим затвором и авто-



Рис. 1. Морской портовый буксир-кантовщик мощностью 1200 л. с.

матом отдачи троса на предельных углах крена, а также тросовой проводкой отдачи буксирного троса из ходовой рубки.

Спасательное устройство состоит из надувных плотов ПСН-6М вместимостью 6 чел. каждый. Плоты смонтированы в металлических контейнерах на стеллажах-сбрасывателях, снабженных автоматами для самовсплытия.

Архитектура буксира в целом отвечает современным требованиям, гарантирует удобство и безопасность работы команды. Нижняя рубка на верхней палубе и ходовая рубка смещены к носовой части корпуса. Для удобства обслуживания в ходовой рубке устроены два ряда иллюминаторов, обеспечивающих хорошие условия одновременного наблюдения за кормовой и носовой частями палубы и за буксируемым судном.

Тепловая изоляция судовых помещений и декоративная зашивка выполняется из несгораемых и трудносгораемых материалов. На судне предусмотрены каюта отдыха, служебная каюта, столовая с буфетом и санблок.

Главная энергетическая установка состоит из двух нереверсивных двигателей 6Д30/50-4, оборудованных системой автоматизированного дистанционного управления и контроля, работающих каждый на свой винт регулируемого шага. Эффективная мощность главных двигателей составляет 2×600 л. с. при 300 об/мин. Запасы топлива, воды

и масла обеспечивают работу главных двигателей на полную мощность в течение 150 ч. В качестве движителей используются гребные винты регулируемого шага диаметром 1,8 м с пневмогидравлическим приводом поворота лопастей. Валы работают в капролоновых подшипниках.

В составе вспомогательной котельной установки — автоматизированный отопительный агрегат КОАВ-68, включающий водогрейный котел производительностью 68 000 ккал/ч, топливный насос и вентилятор с приводом от одного электродвигателя.

Для тушения пожара на судне предусмотрены водяная система, система пенотушения и станция жидкостного тушения СЖБ. Кроме этого, для подачи больших масс воды, тушения пожара на других судах или береговых сооружениях используется противопожарная спасательная система. Для нее предусмотрен мотонасос ДПЖН-220/105 производительностью $220 \text{ м}^3/\text{ч}$ при напоре 105 м. От насоса подача воды может быть обеспечена к лафетному стволу на ходовом мостике, пятиклапанной коробке у кормовой стенки рубки или смесителю пенотушения.

Для обеспечения потребителей электроэнергией на буксирах установлены вспомогательный дизель-генератор и валогенератор с приводом от валопровода правого борта мощностью по 25 квт каждый.

Для двусторонней связи буксира с портом установлена радиотелефонная станция УКВ Р-609МЛ.

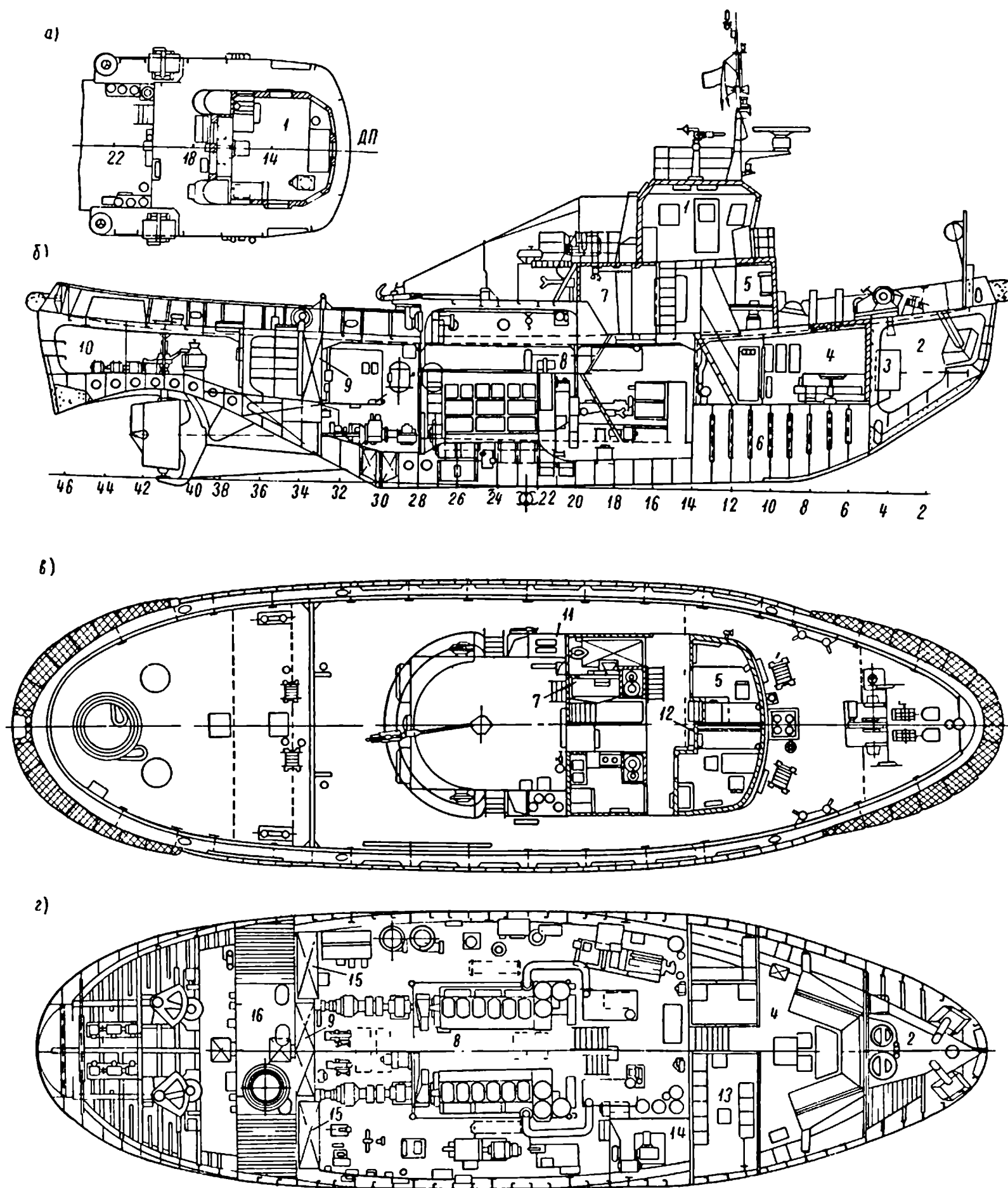


Рис. 2. Продольный разрез и планы портового буксира: а — ходовой мостик; б — продольный разрез; в — верхняя палуба; г — трюм.

1 — ходовая рубка; 2 — шкиперская; 3 — цепной ящик; 4 — каюта для отдыха; 5 — служебная каюта; 6 — топливо; 7 — душевая; 8 — машинное отделение; 9 — расходная топливная цистерна; 10 — помещение рулевых машин; 11 — аккумуляторная; 12 — раздевальная; 13 — помещение для прозодежды; 14 — вспомогательный котел; 15 — цистерна пресной воды; 16 — тросовая кладовая.

Симплексная связь буксира с портом и другими судами, а также дуплексная связь с различными береговыми абонентами портовой и городской телефонной сети осуществляется с помощью УКВ-радиостанции «Корабль-3». Для громкоговорящей связи из ходовой рубки используется аппаратура комплекта «Березка».

Плавание в узкостях в условиях плохой видимости обеспечивается навигационной радиолокационной станцией «Донец-2».

В настоящее время морские буксиры-кантовщики мощностью 1200 л. с. работают во многих портах в различных климатических условиях и заслужили высокую оценку эксплуатационников.

РЕЧНОЙ БУКСИР-ПЛОТОВОД

Н. А. КУЗНЕЦОВ

УДК 629.124.22

Конструкторы ленинградского ЦТКБ Министерства речного флота РСФСР разработали проект специализированного буксира, предназначенного для вождения составов плотов, объемом до 40 000 м³ на внутренних водоемах с ограниченными глубинами (рис. 1). Буксир спроектирован на класс «Р» речного Регистра РСФСР и характеризуется следующими главными размерениями и основными элементами: длина 38,8 м, ширина 7,8 м, высота борта 2,5 м, осадка 1,3 м, водоизмещение 180 т, автономность 10 сут. (максимальная 14 сут.), экипаж 10 чел. (предусмотрено два запасных места). Мощность главных двигателей (600 л.с.) обеспечивает буксиру тяговое усилие на швартовах до 8000 кгс.

Новый буксир отличается рядом конструктивных особенностей, обусловленных его назначением как плотовода. К этим особенностям относятся повышенная прочность корпуса, специальное защитное ограждение движительно-рулевого комплекса, наличие буксирного устройства с двумя лебедками и специальными битенгами, увеличение объема топливных бункеров, рассчитанных на медленное движение плотосостава. Кроме того, на буксире предусмотрены запасные каютные места для лиц, сопровождающих плоты, усилено якорное устройство, установлены средства связи с буксируемым плотом, использованы специальные гребные винты, рассчитанные на пониженную скорость хода.

Жилые помещения буксира объединены в одном блоке, расположенном в носовой части корпуса, а отсек моторного отделения, имеющий звукоизолированную выгородку, смещен в корму (рис. 2).

Между жилыми помещениями и моторным отделением размещены топливные танки и против шумовой коффердам. Часть жилых помещений, а также хозяйственно-бытовые и санитарные помещения размещены в надстройке, расположенной в носовой части судна. Принятая компоновка позволила отделить жилые, служебные и бытовые помещения от источников шума и соединить их внутренними переходами; удалось сократить длину гребных валов и предельно снизить центр тяжести буксирного устройства с целью уменьшения кренящего момента от рывка буксирного троса. В результате коэффициент запаса остойчивости по рывку оказался равным 1,2.

В буксирном устройстве использованы гидроприводные лебедки конструкции ЦТКБ с тяговым усилием по 3000 кгс и с держащей способностью по 12 т. В дальнейшем они будут заменены аналогичными лебедками с тяговым усилием 6000 кгс. Наличие двух лебедок позволяет удлинять буксирные тросы после прохождения перекатов и крутых изгибов пути, а также дает возможность маневрировать плотосоставом при сохранении прямолинейного курса буксира. Как показали испытания, использование плотоводного комплекса, состоящего из двух буксирных лебедок, сокращает время проводки плотосостава в среднем на 15% и способствует снижению аварийных потерь леса.

В качестве резервного плотоводного средства в буксирном устройстве предусмотрены специальные битенги Протасова с тормозными устройствами, позволяющие вести плот на двух буксирных тросах. При необходимости вождения барж на коротких пробегах предусмотрена возможность замены плотоводных битенгов на буксирный гак силами экипажа.

Два руля балансирующего типа, установленные на подпятниках за направляющими насадками, управляются рулевой машиной с гидроприводом. Подача

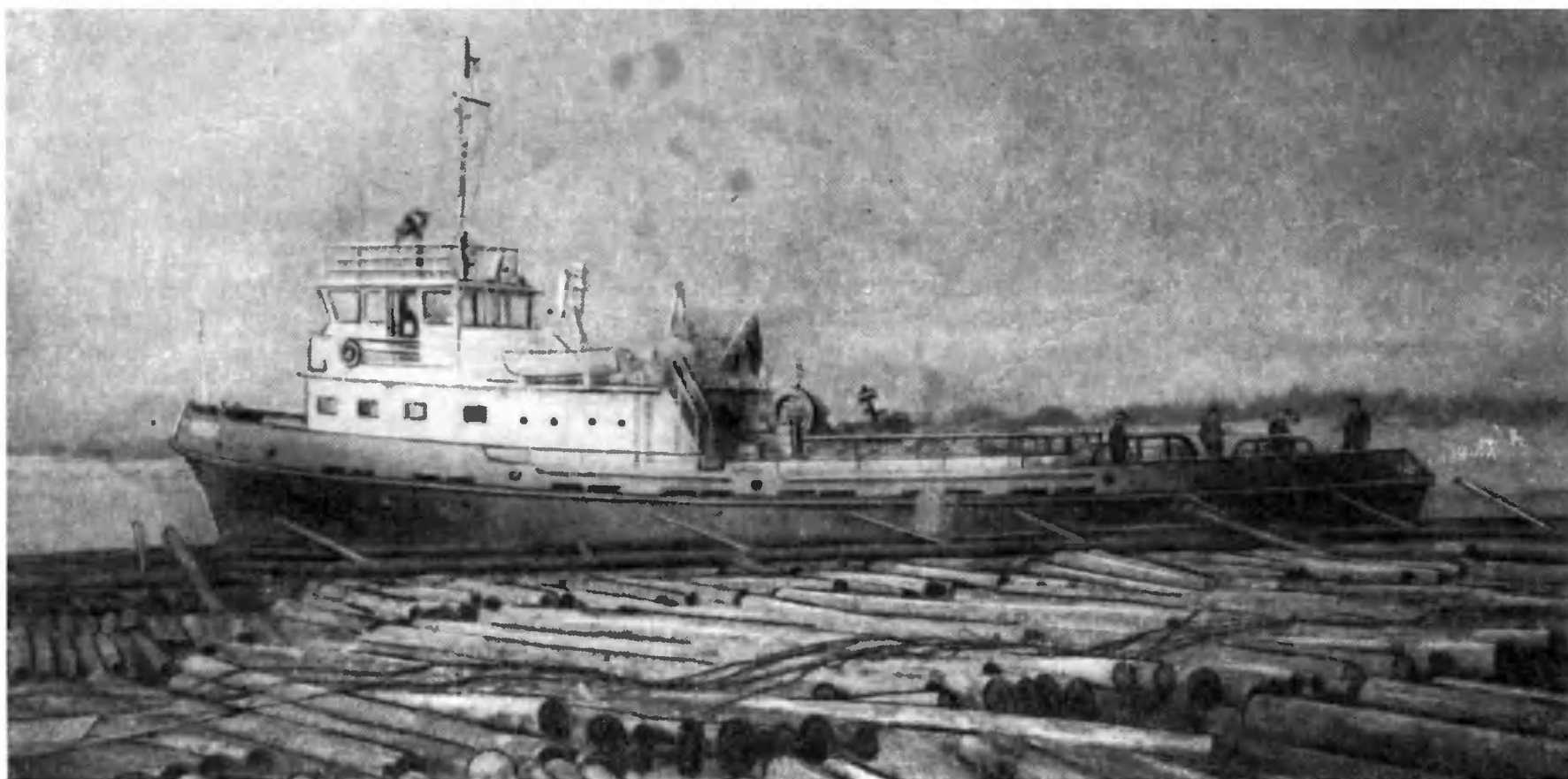


Рис. 1. Общий вид речного буксира-плотовода.

масла в гидропривод осуществляется двумя гидро-насосами, один из которых навешен на главный двигатель, а другой имеет автономный электропривод. Для связи буксира с плотосоставом служат две рабочие шлюпки. Одна из шлюпок снабжена подвесным лодочным мотором. Спуск и подъем шлюпок осуществляется одним человеком.

Якорное устройство буксира усилено за счет использования якорей повышенного веса с увеличенной длиной якорных цепей. Благодаря этому обеспечивается возможность разворота плотосостава против течения и подвода его к берегу. Один из якорей оборудован системой дистанционной отдачи.

В качестве главных двигателей на судне используются отечественные дизели с наддувом марки 8ЧНСП $\frac{18}{22}$ мощностью по 300 л.с. при 750 об/мин. Двигатели снабжены реверс-редукторами с передаточным числом (на передний ход) 2,5. В качестве источников электроэнергии применяются дизель-генератор мощностью 50 кВт, валогенератор на 20 кВт и аккумуляторные батареи. Род тока переменный, напряжение 220 в. В сеть аварийного освещения и сигнальных огней подается ток напряжением 24 в. Принятая схема работы судовой электростанции обеспечивает переключение нагрузки с валогенератора на дизель-генератор без перерыва в питании потребителей, а также параллельную работу генераторов.

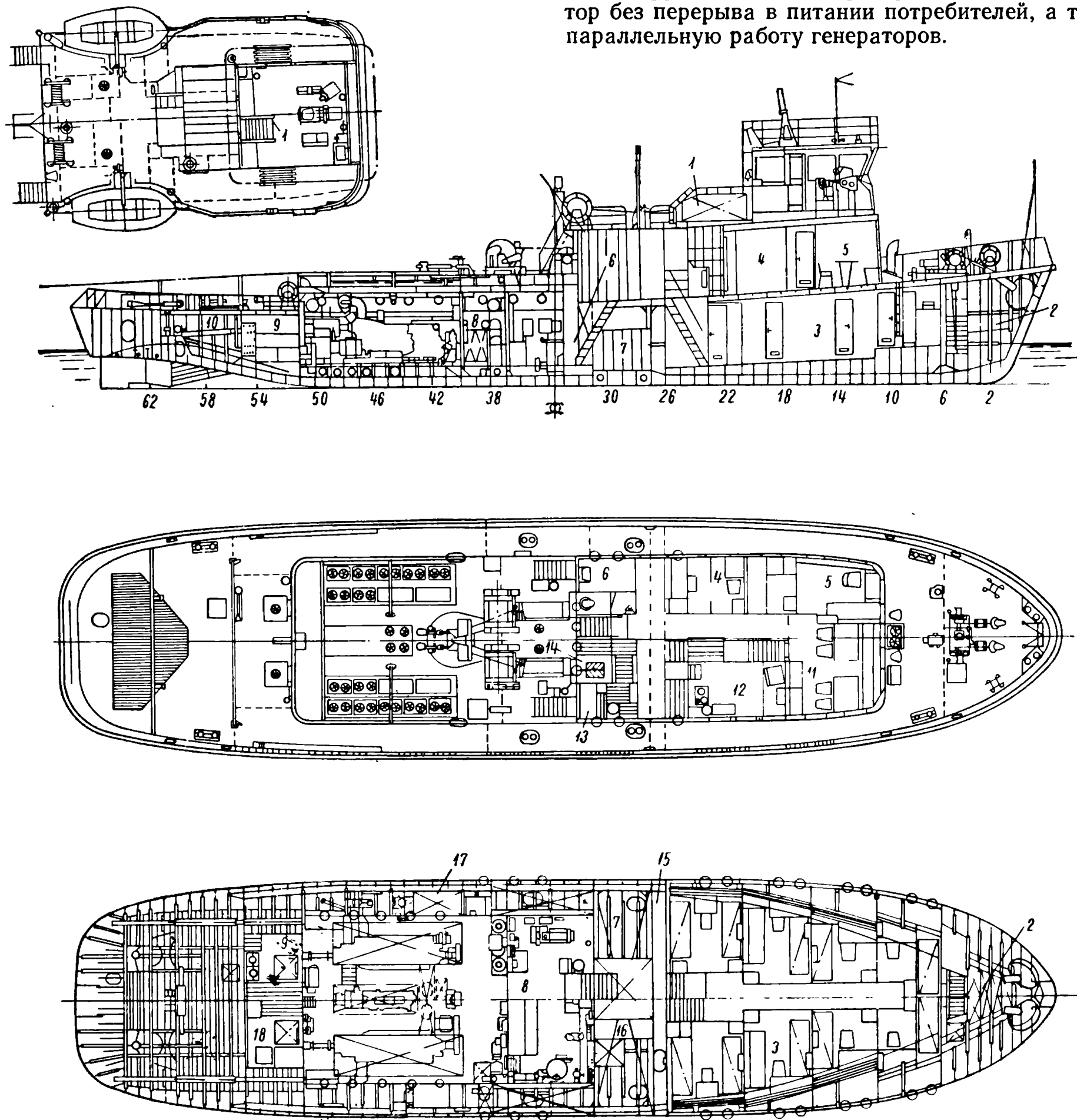


Рис. 2. Продольный разрез и планы речного буксира-плотовода.

1 — рулевая рубка; 2 — форпик; 3 — жилые помещения; 4 — каюта кока; 5 — каюта капитана-механика; 6 — санитарный блок; 7 — цистерна основного запаса топлива; 8 — моторное отделение; 9 — шкиперская кладовая; 10 — помещение рулевых машин; 11 — кают-компания; 12 — камбуз; 13 — прачечная; 14 — душевая; 15 — коффердам; 16 — цистерна расходного топлива; 17 — масляная цистерна; 18 — провизионная кладовая.

Энергетическая установка судна оборудована средствами комплексной автоматизации, обеспечивающими эксплуатацию буксира без постоянной вахты в машинном отделении.

Известный интерес представляют выхлопные трубопроводы главных двигателей, выведенные в атмосферу в кормовой части судна несколько выше ватерлинии. В выходные колена трубопровода введено орошение, гасящее искры и снижающее температуру выхлопных газов. На выхлопном трубопроводе одного двигателя установлен глушитель, на другом — автоматизированный утилизационный котел. Охлаждение главных двигателей осуществляется по двухконтурной схеме.

Внутренние помещения судна имеют естествен-

ную и искусственную вентиляцию. Предусмотрен калориферный подогрев воздуха, поступающего в жилые помещения в холодное время года. Водяная система отопления получает горячую воду от автоматизированного отопительного котла, работающего на жидком топливе. Радиооборудование судна состоит из трех радиостанций, обеспечивающих дальнюю связь, ближнюю диспетчерскую и командно-вещательную связь. Для нужд экипажа установлены электрорадиола и телевизионный приемник.

Комитет по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР принял решение о выдаче ЦТКБ и авторам проекта свидетельства на промышленный образец речного буксира-плотовода.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ МАЛЫЙ БУКСИР

А. А. ГУНДОБИН, С. М. ДМИТРИЕВ

УДК 629.124.2

В прошлом году во Владивостоке после всесторонних испытаний сдан в эксплуатацию новый малый морской буксир. Этот проект вобрал в себя все лучшее, что достигнуто дальневосточным буксиростроением за 35 лет. Он завершает эволюцию дальневосточных малых буксиров, первый образец которых был создан в 1926 г.

Первый дальневосточный буксир представлял собой стальное однопалубное клепаное судно с удлиненным баком, рубкой и капом над машинным отделением. Он предназначался для буксировки промысловых и вспомогательных судов водоизмещением до 200 т и мог эксплуатироваться в прибрежном и рейдовом плавании с удалением от порта-убежища не более, чем на 20 миль.

В 1930 г. по инициативе и под руководством профессора В. П. Вологодина на Дальзаводе во Владивостоке была начата постройка первых в нашей стране цельносварных судов. Первым таким судном стал буксирный катер типа «ЖС» (рис. 1). Опыт постройки цельносварных судов показал большие преимущества электросварки перед клепкой. Так, вес сварного корпуса снизился по сравнению с клепаным на 22%. Трудозатраты на постройку сварного буксира уменьшились в 1,5 раза. Применение электросварки позволило начать на Дальзаводе скоростное строительство судов. Разработку технологии поточно-позиционного метода постройки буксиров выполнил инженер В. Д. Мацкевич (ныне профессор Ленинградского кораблестроительного института). Примерно в это же время был спроектирован второй цельносварной буксир, отличающийся от первого ломаными обводами корпуса. Начиная с 1931 г., Дальзавод построил серию этих буксиров, получивших индекс «ЖСЛ». Интересно отметить, что сравнительные испытания моделей с плавными и ломаными обводами корпуса показали преимущество ломаных обводов. Буксиры с ломаными обводами хорошо показали себя в эксплуатации и использовались вплоть до 1950 г.

С 1939 г. началась постройка судов новой серии. Проект буксира типа «ЖС» был полностью переработан, сохранились лишь его обводы, размеры и архитектура (таблица). Только Петропавловской верфью на Камчатке по этому же проекту с 1943 по 1949 г. было построено 160 буксиров. Эти буксиры имели дополнительные ледовые подкрепления носовой оконечности для плавания в битом льду и улучшенные условия обитаемости для экипажа. В частности была обеспечена возможность сообщения между жилым кубриком, бытовыми помещениями, ходовой рубкой и машинным отделением без выхода на верхнюю палубу. На буксирах устанавливались двигатели иностранных марок и отечественные двигатели марки «М-17» мощностью 70 л.с., а позже типов «Камчадал» мощностью 50 л.с. и ЗД6 мощностью 150 л.с.

К 1950 г. область применения малых буксиров значительно расширилась. Они использовались после незначительных переделок как заводские катера многоцелевого назначения, развозные портовые, посыльные, пожарные и лоцманские катера. В годы Великой Отечественной войны частично буксиры были переоборудованы в посыльные суда, суда охраны рейдов и базовые тральщики.

В 1949 г. в связи с выходом новых правил Морского Регистра СССР пришлось переработать проект заново. Архитектура, размеры, обводы, внутреннее устройство в основном остались прежними. В 1963 г. был разработан но-



Рис. 1. Модель первого в СССР цельносварного судна — буксирного катера типа «ЖС».

Сравнительные элементы и характеристики дальневосточных малых буксиров

Элементы и характеристики	Проекты					1969 г.
	Ж* (1926 г.)	ЖС* (1930 г.)	ЖС* (1939 г.)	ЖС* (1949 г.)	КЖ* (1963 г.)	
Длина наибольшая, м	17,37	17,37	17,31	17,23	17,56	17,56
Длина между перпендикулярами, м	16,0	16,0	16,16	16,16	16,16	16,16
Ширина, м	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Высота борта, м	1,93	1,93	1,93	1,92	2,16	2,16
Осадка, м	1,14	1,14	1,15	1,15	1,39	1,39
Коэффициент общей полноты, δ	0,414	0,414	0,414	0,414	0,48	0,48
Водоизмещение, т	30	30	31,0	30,0	40,9	40,63
Мощность дизеля, л. с.	50	50	70—150	150	150	150
Скорость свободного хода, уз	8	8	8—9,5	9,56	9,4	9,4
Тяга на гаке, кгс	1000	1000	до 1250	1250	1200	1200
Экипаж, чел.	6	6	6	6	8	5
Автономность по запасам пресной воды, сут.	*	*	9	9	3	3
Запасы топлива, т	2,5	2,7	2,7	2,53	3,07	3,02

* Данные отсутствуют.

вый проект малого морского буксира для Тихоокеанского бассейна. Буксир, получивший индекс «КЖ», представлял собой цельносварное судно с размерениями, обводами корпуса и принципами общего расположения, аналогичными прототипу. Изменилась лишь внешняя архитектура, в частности, повышена высота борта за счет поднятия верхней палубы до палубы полубака. В надстройке судна был предусмотрен коридор, позволяющий проходить в любое помещение (кроме форпика и ахтерпика) без выхода на открытую палубу. Имелся аварийный выход на крышу рубки, мачта выполнена заваливающейся. В качестве главного двигателя использовался дизель ЗДбс мощностью 150 л. с. Одним из главных преимуществ судна являлась возможность его транспортировки по железной дороге с демонтированной рубкой.

Всего было построено около 150 буксиров типа «КЖ» (рис. 2). На одном из них использовалась рубка, изготовленная из стеклопластика.

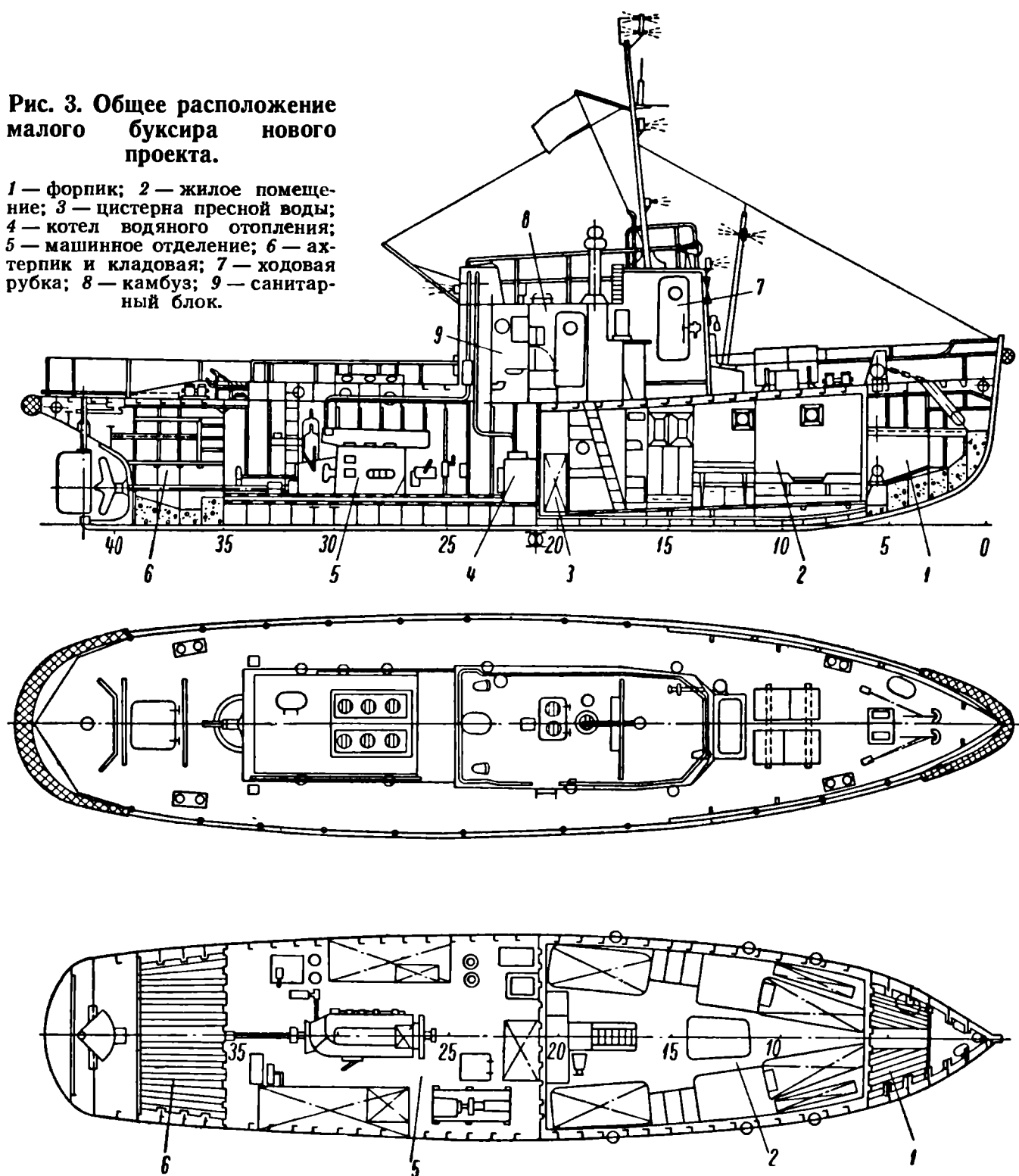
В 1969 г. проект «КЖ» подвергся коренной переработке. В результате было создано более совершенное судно (рис. 3), имеющее те же главные размерения, скорость хода и дальность плавания. Расположение помещений и водонепроницаемых переборок в корпусе осталось, по сравнению с буксиром типа «КЖ», неизменным. Днищевый набор, а также днищевые пояса наружной обшивки корпуса



Рис. 2. Буксиры проекта «КЖ».

Рис. 3. Общее расположение малого буксира нового проекта.

1 — форпик; 2 — жилое помещение; 3 — цистерна пресной воды; 4 — котел водяного отопления; 5 — машинное отделение; 6 — актерпик и кладовая; 7 — ходовая рубка; 8 — камбуз; 9 — санитарный блок.



утолщены, изменена конфигурация ходовой рубки с целью улучшения обзора, вместо штуртросовой

ЗАВИСИМОСТЬ ДЛИНЫ СОВРЕМЕННЫХ СУДОВ ОТ ИХ СКОРОСТИ

В. В. АШИК, Б. А. ЦАРЕВ, И. В. ЧЕЛПАНОВ

УДК 629.12.07:532

Одной из важнейших задач проектирования судна является определение его наивыгоднейшей длины. Из всех элементов судна именно длина в наибольшей степени влияет на его эксплуатационно-экономические показатели.

В существующей практике проектирования длины судна определяется прежде всего в зависимости от скорости. Как правило, при этом пользуются формулами В. Л. Поздюнина [1] или Л. М. Ногида [2], предложенными много лет назад. Одним из недостатков упомянутых формул является отсутствие в них указаний на возможные пределы изменения длины при данной скорости. Это явилось причиной некоторых пессимистических высказываний по по-

проводки в рулевом устройстве применен валиковый привод. Буксирный гак перенесен к кормовой стенке капа машинного отделения, установлен унифицированный ручной брашпиль. За счет совмещения профессий и применения дистанционного управления главным двигателем команду буксира удалось сократить до 5 чел. Двигатель ЗД6с заменен на более совершенный ЗД6Н-150, имеющий на 200 ч больший моторесурс. После сдачи головного образца начато строительство серии аналогичных буксиров.

В заключение необходимо отметить, что за прошедшие 35 лет отечественное буксиростроение на Дальнем Востоке прошло большой путь технического развития. По существу определился особый тип малого буксирного катера многоцелевого назначения, играющий значительную роль в освоении побережья и в развитии народного хозяйства Дальнего Востока.

ЛИТЕРАТУРА

Вологдин В. П. Постройка первого электросварного катера на Дальзаводе. Владивосток, 1931.

Гундобин А. А. Первые в СССР цельносварные суда. «Морской флот», 1951, № 4.

Дальзавод — пионер промышленного применения электросварки в СССР (сборник статей). Владивосток, 1967.

воду формул подобного типа [3]—[7]. Кроме того, за прошедшее время характеристики судов заметно изменились, что также дает основание проверить, не нуждаются ли рассматриваемые формулы в корректировке.

Для этой цели авторами были проанализированы характеристики судов, построенных после 1950 г. Анализ показал, что за последние десятилетия размерения и скорости судов возрастали в неодинаковой степени. Как можно видеть из рис. 1, характер изменения скоростей сухогрузных и наливных судов за 30 лет практически был одинаков. За этот период длина сухогрузных судов увеличилась на 20—25%, а танкеров — более чем в два раза. В результате этого наблюдается качественное различие в изменении относительных скоростей: у сухогрузных судов числа Фруда возросли, а у танкеров — в среднем, снизились. Соответственно у сухогрузных судов коэффициент общей полноты уменьшился примерно на 10—15%, а у танкеров он примерно на столько же возрос. Выяснилось

также, что изменение характеристик судов для массовых грузов происходит так же, как у танкеров, а у рефрижераторных судов — как у сухогрузных. Увеличение размеров судов вступает в противоречие с глубинами фарватеров и длиной построечных мест. Вследствие этого повышение грузоподъемности практически осуществляется при ограничении осадки и длины судна за счет относительного увеличения ширины, высоты борта и коэффициента общей полноты.

Для выяснения связи между относительной длиной и расчетной скоростью (скоростью на испытании) современных судов рассмотрим график (рис. 2), относящийся к водоизмещающим судам всех типов, построенным после 1950 г. Из статистической обработки графика может быть получена зависимость

$$l = \frac{L}{\sqrt[3]{V}} = 3,4 \pm \Delta l + 0,15v, \quad (1)$$

Рис. 1. Динамика изменения осредненных элементов морских судов.

1 — сухогрузные суда; 2 — танкеры.

где l — относительная длина;
 L — длина судна между перпендикулярами;
 V — объемное водоизмещение судна;
 v — расчетная скорость в узлах;
 $\Delta l = 1,4$ — наибольшее абсолютное отклонение от относительной длины от среднего значения.

Значения относительной длины, определенные по формуле Л. М. Ногида

$$l = 2,33v^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

и по формуле В. Л. Поздюнина

$$l = (7,2 \div 7,95) \left(\frac{v}{v+2} \right)^2, \quad (3)$$

не вполне совпадают со средними данными графика. Вместе с тем формула Л. М. Ногида достаточно хорошо учитывает общий характер изменения относительной длины от скорости для судов со скоростями до 24 уз.

Рассматривая на графике (рис. 2) точки, соответствующие одному типу судна, можно установить, что они близки к значениям, определяемым по формуле В. Л. Поздюнина. Это позволяет сделать вывод, что данная формула отражает более консервативные тенденции изменения средней величины l внутри каждого из типов судов.

Для аналитического выражения графических данных рис. 2 была использована зависимость вида

$$l_i = (K_i \pm \varepsilon_i) v^{m_i}, \quad (4)$$

где K_i — коэффициент, определяемый путем обработки статистических данных;

ε_i — соответствующее среднее квадратичное или наибольшее отклонение (в зависимости от необходимости получить результат в большем или меньшем диапазоне);

m_i — задаваемый показатель степени (вблизи получаемого статистически, но являющийся простой дробью для удобства практических инженерных расчетов с использованием логарифмической линейки).

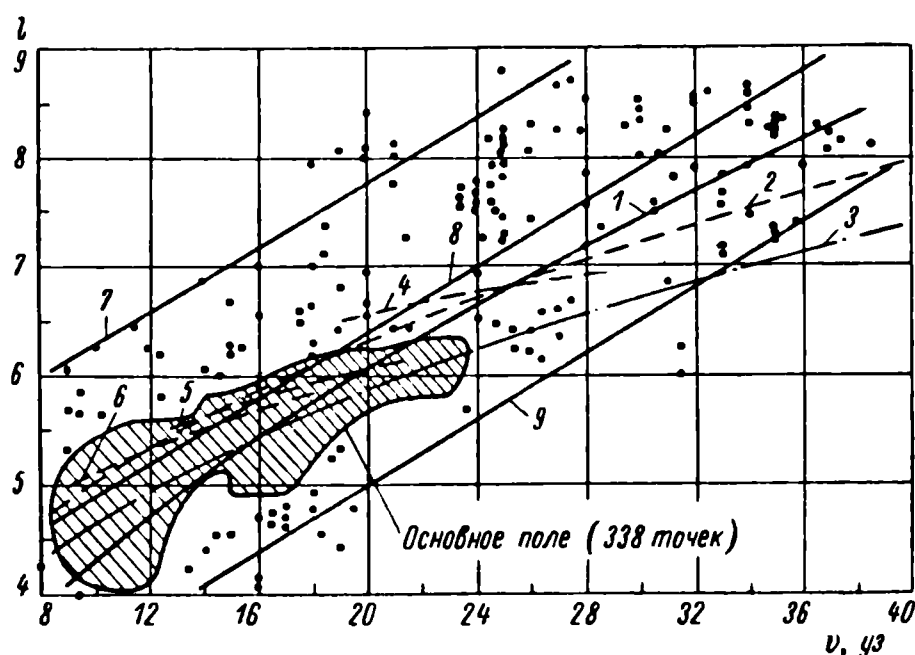
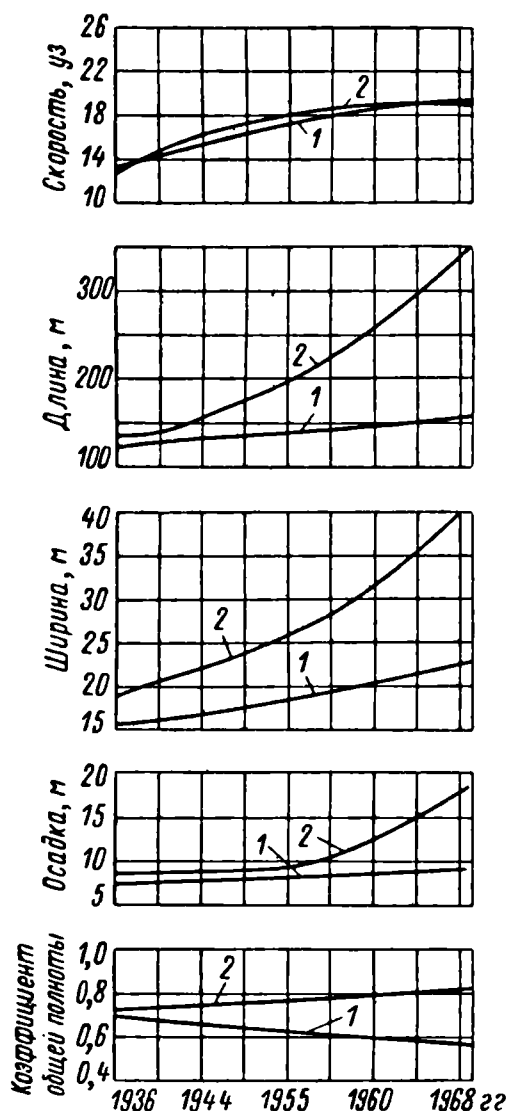


Рис. 2. Кривые $l=f(v)$, вычисленные по следующим формулам: $l=1,36v^{1/2}$ (1); Ногида, $l=2,33v^{1/3}$ (2); Ногида с исправленным коэффициентом, $l=2,16v^{1/3}$ (3); Поздюнина при $C=7,95$ (4); Поздюнина при $C=7,35$ (5); Поздюнина при $C=7,2$ (6); $l=4,8+0,15v$ (7); $l=3,4+0,15v$ (8); $l=2,0+0,15v$ (9).

Формула Л. М. Ногида (2) является частным случаем зависимости (4) при $K=2,33$, $\varepsilon=0$ и $m=1/3$.

После определения по методу наименьших квадратов средних значений коэффициентов и их дисперсий авторами при $m=1/3$ получено $K=2,16$, $\varepsilon=0,08$, в связи с чем формула Л. М. Ногида с исправленным коэффициентом может использоваться (при $v \leq 16$ уз) в виде

$$l = (2,16 \pm 0,08) v^{\frac{1}{3}}. \quad (2')$$

Для других рациональных значений m_i получены следующие формулы, в которые включены средние квадратичные отклонения:

$$l_1 = (1,36 \pm 0,2) v^{\frac{1}{2}}, \quad (5)$$

$$l_2 = (2,74 \pm 0,54) v^{\frac{1}{4}}, \quad (6)$$

$$l_3 = (2,0 \pm 0,34) v^{\frac{3}{8}}. \quad (7)$$

Анализ положения и характер кривых, построенных по формулам (5), (6) и (7), показывает, что наиболее точно отражает характер изменения от-

носительной длины как функции скорости зависимость (5). Кривые, соответствующие формулам (6) и (7), дают приемлемые результаты только при $v < 16$ уз и $v < 24$ уз соответственно. График (рис. 2) показывает значительные колебания относительной длины при данной скорости в результате воздействия неучтенных факторов. Об этом же

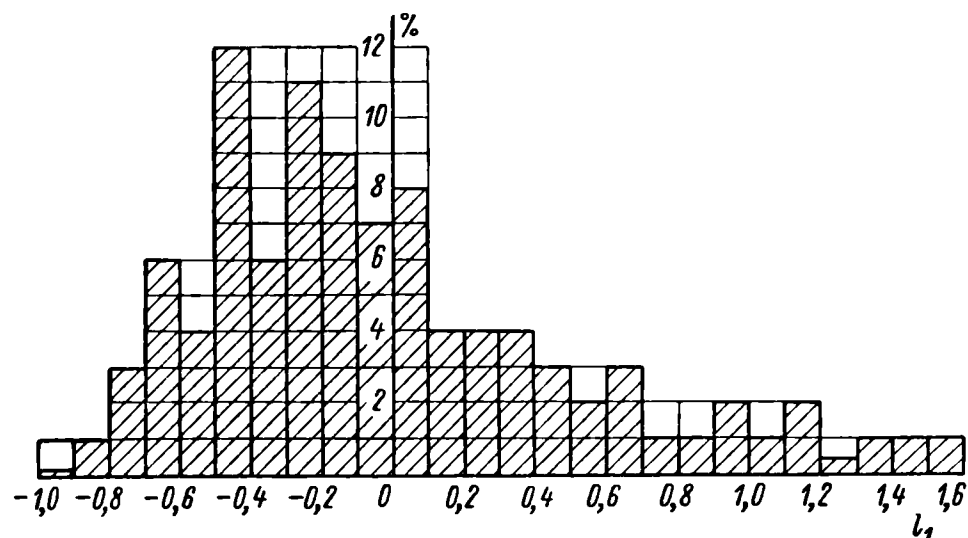


Рис. 3. Гистограмма абсолютных отклонений относительной длины от средних значений при использовании формулы (5).

говорит и гистограмма для зависимости (5), показанная на рис. 3. Так при $v = 16$ уз величина относительной длины колеблется в пределах от 4,64 до 6,24 (см. рис. 2). Учитывая это, для некоторых типов судов были выведены зависимости вида

$$l_i = a_i \pm \epsilon_i + b_i v, \quad (8)$$

где a_i и b_i — коэффициенты, получаемые путем обработки статистических данных.

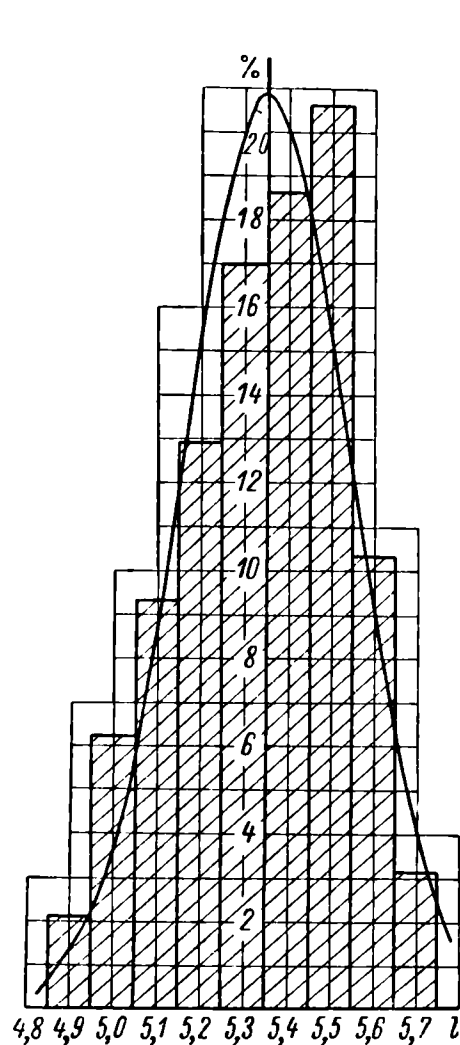


Рис. 4. Гистограмма и кривая распределения величин относительных длин танкеров.

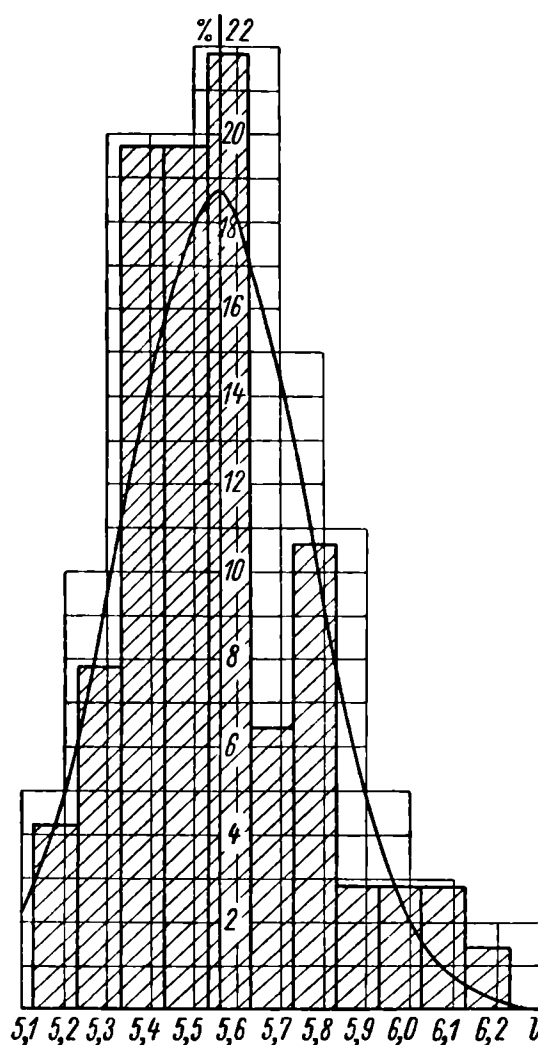


Рис. 5. Гистограмма и кривая распределения величин относительных длин сухогрузных судов.

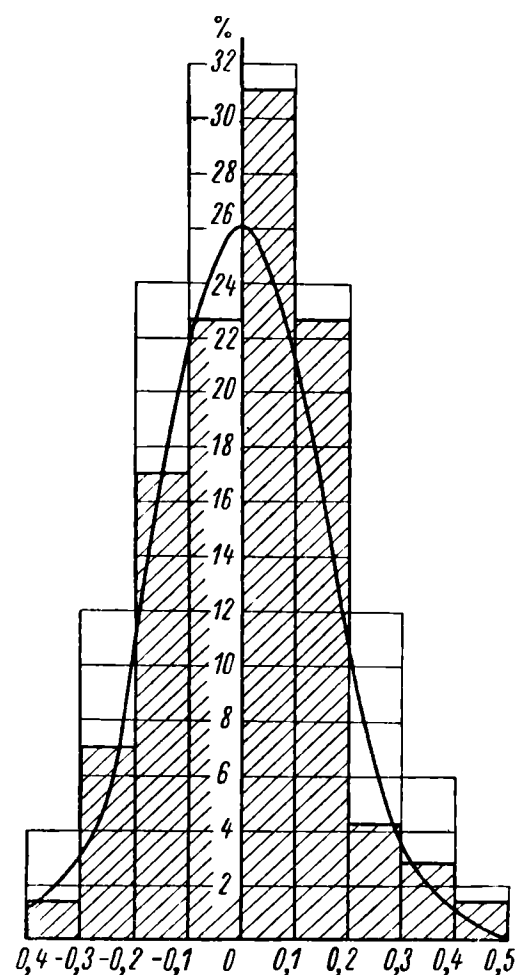


Рис. 6. Гистограмма и кривая распределения абсолютных отклонений относительной длины сухогрузных судов от средних значений при использовании формулы (10).

Для танкеров относительная длина оказалась независимой от скорости ($b=0$) и может определяться по формуле

$$l_4 = 5,35 \pm 0,4, \quad (9)$$

для сухогрузных судов —

$$l_5 = 4,47 \pm 0,3 + 0,06v, \quad (10)$$

для рефрижераторных судов —

$$l_6 = 3,86 \pm 0,1v, \quad (11)$$

для пассажирских судов —

$$l_7 = 4,62 \pm 0,5 + 0,075v. \quad (12)$$

На рис. 4 и 5 показаны гистограммы и соответствующие им кривые распределения относительных длин танкеров и сухогрузных судов, а на рис. 6 — гистограмма и соответствующая ей кривая распределения абсолютных отклонений от средних значений относительной длины сухогрузных судов при использовании формулы (10).

Введение в формулы (5) — (12) пределов изменения величин позволяет судить не только непосредственно по графикам, но и по аналитическим выражениям о допустимых вариантах проектных характеристик. Это дает возможность обоснованно назначать пределы изменения характеристик при использовании метода вариаций в проектировании судов, в частности в машинных расчетах.

Из рассмотренного материала можно сделать следующие выводы:

1. Анализ статистических данных по современным судам позволяет рекомендовать для прибли-

женного определения относительной длины в широком диапазоне скоростей формулу (5).

2. Для определения относительной длины при $v < 16$ уз может быть использована формула Л. М. Ногида с исправленным коэффициентом (2').

3. Формулы (9)—(12) могут быть рекомендованы для определения относительной длины танкеров, сухогрузных, рефрижераторных и пассажирских судов.

4. Введение в формулы (4)—(12) пределов изменения коэффициента позволяет судить о точности определения относительной длины. Пределы изменения относительной длины могут быть использованы в методе вариаций.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЕ СУДОВ НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ

В. Г. ФУКАЛОВ, В. И. МАРТЫНЕНКО

УДК 629.125.8.06:628.74

До последнего времени проблемам противопожарной защиты судов на подводных крыльях (СПК) уделялось недостаточное внимание. Одна из главных причин этого заключалась в том, что на первых этапах развития СПК первоочередными задачами являлись вопросы выбора конструкции, а также аэро- и гидродинамических качеств корпусов судов и подводных крыльев, выбора типа и мощности главного двигателя и других механизмов, вопросы повышения комфортабельности этих судов и т. д.

Вследствие недостаточности мер противопожарной защиты на СПК бывали случаи пожаров. Например, на одном из СПК в результате короткого замыкания фидера аккумуляторных батарей низкого напряжения возник пожар в машинном отделении. Это произошло из-за того, что система электропитания на судне была однопроводной. Замыкание вызвало местный нагрев, в результате возникновения вольтовой дуги загорелась изоляция кабеля, а затем изоляция и окраска машинного отделения. Дюралевая палуба машинного отделения проплавилась и дым проник в пассажирский салон. На другом СПК пожар возник в носовом пассажирском салоне.

Основными требованиями, вытекающими из анализа пожаров на СПК и обеспечивающими необходимую степень пожарной безопасности, являются правильный выбор материалов для корпуса судна, изоляции, декоративной зашивки и отделки помещений, мебели, безопасное хранение и использование топлива, устройство противопожарных переборок и палуб, снабжение судна средствами пожаротушения, обеспечение безопасности путей эвакуации и т. д.

Проблемы соблюдения пожарной безопасности СПК приобрели большое международное значение. Подкомитет по противопожарной защите судов Межправительственной морской консультативной организации (ИМКО) на протяжении нескольких лет разрабатывал требования пожарной безопасности для СПК. В декабре 1968 г. Подкомитетом были одобрены рекомендации по обеспечению пожарной безопасности СПК. В 1969 г. на VI сессии Ассамблеи ИМКО были одобрены правила пожарной безопасности для СПК. Эти правила вошли неотъемлемой частью в Международную конвенцию по охране человеческой жизни на море 1960 г. В 1970 г. органы классификации и надзора социалистических

1. Поздунин В. Л. Теория проектирования судов, вып. 2, изд. ЛКИ, Л., 1939.

2. Ногид Л. М. Теория проектирования судов. Л., Судпромгиз, 1955.

3. Ногид Л. М. Методология и методы проектирования судов. Труды ВНИТОСС, т. 1, вып. 2. М., 1934.

4. Ашик В. В. Применение формул Эйлера для определения положения метацентра по высоте. «Судостроение», 1966, № 2.

5. Ашик В. В. Замечания по выбору коэффициента общей полноты грузовых лайнеров. «Судостроение», 1966, № 10.

6. Ашик В. В. Развитие теории проектирования судов на кораблестроительном факультете ЛКИ. Труды ЛКИ, XV.

7. Линдблад А. Проектирование обводов транспортных судов. Пер. с англ. Л., изд-во «Судостроение», 1965.

стран издали бюллетень дополнений и изменений № 1 к контрольным экземплярам согласованных правил классификации и постройки морских судов. Этот бюллетень содержит текст новой главы (2.7 «Суда на подводных крыльях»), входящей в часть VI правил «Противопожарная защита». Таким образом, эти правила становятся обязательными для всех строящихся СПК. Нужно отметить, что, как правило, при выполнении требований пожарной безопасности не происходит заметного увеличения веса судна.

Правила противопожарной защиты распространяются на СПК, предназначенные для перевозки не менее 12 и не более 200 пассажиров с удалением от порта-убежища на расстояние не более 50 миль. Корпус судна должен выполняться из оговоренных правилами негорючих материалов, обладающих необходимыми конструктивными качествами. Для отечественных СПК, не совершающих заграничных рейсов по согласованию с Регистром СССР, корпус может изготавливаться из трудновоспламеняющегося стеклопластика. Согласно упомянутым выше дополнениям к правилам Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1960 г., корпус и надстройки СПК могут изготавливаться из материалов, равноценных стали. Это означает, что если корпус выполнен, например, из алюминиевых сплавов, то он должен иметь противопожарную изоляцию такой величины, чтобы при стандартном испытании на огнестойкость испытываемый образец имел такой же предел огнестойкости, какой требовался бы в данном месте судна и для стальной конструкции. В практике зарубежного судостроения это достигается применением для противопожарной изоляции негорючих материалов, которые одновременно выполняют роль тепловой и звуковой изоляции (например, стеклянная или минеральная вата). Для противопожарной защиты жилых помещений и путей эвакуации необходимо, чтобы следующие переборки и палубы отвечали требованиям, предъявляемым к конструкциям типа А-30: переборки, отделяющие жилые помещения и аварийные выходы от машинных помещений; палубы, отделяющие места посадки в спасательные плоты от помещений, где имеется опасность

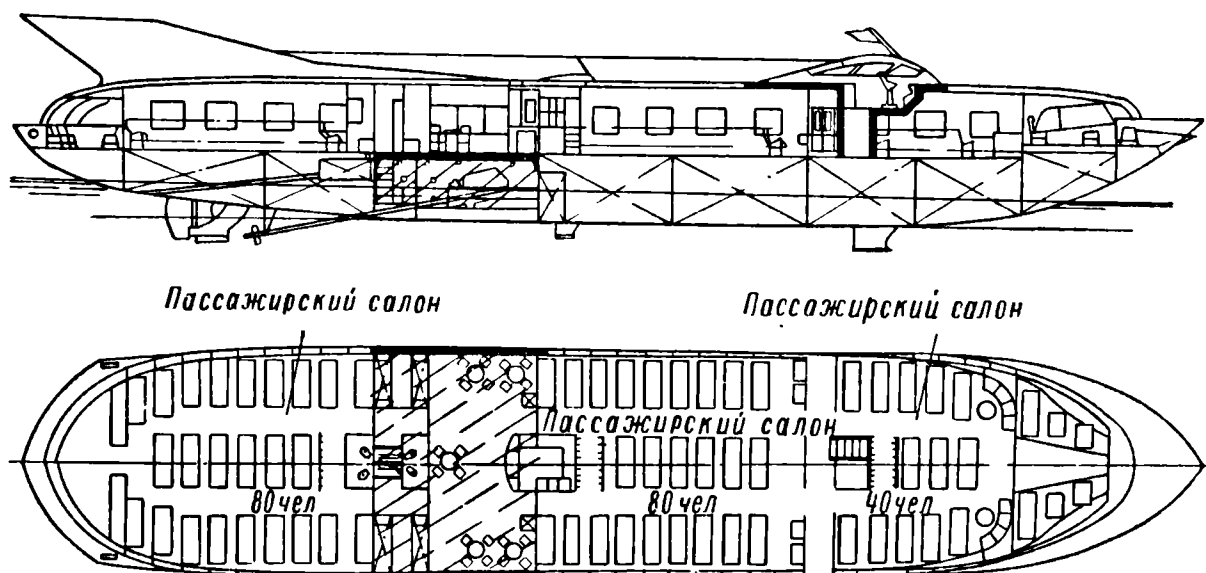


Схема расположения противопожарной изоляции на СПК.

— огнестойкие переборки и палубы; — — — изоляция подволока;
—□—□— изоляция бортов.

возникновения пожара; переборки и палубы, отделяющие посты управления от смежных жилых и машинных помещений.

Поскольку при пожаре в машинных помещениях наблюдается проплавление палубы или бортов судна, то верхние перекрытия и борта в районе от уровня, отстоящего на 200 мм ниже ватерлинии в водоизмещающем положении СПК до верхнего перекрытия помещения, должны также удовлетворять требованиям, предъявляемым к конструкциям типа А-30 (рисунок). В отличие от перекрытий типа А-30, устанавливаемых на водоизмещающих судах, стандартное огневое испытание перекрытий для СПК допускается выполнять в течение 30 мин. вместо обычных требуемых 60 мин. Конструкции из алюминиевых сплавов следует покрыть изоляцией такой величины, чтобы температура этой металлической основы к концу стандартного испытания огнестойкости не превысила первоначальную более чем на 200°С. Изоляцию машинных помещений на СПК с корпусом из алюминиевого сплава следует устанавливать внутри, при этом поверхность изоляции должна быть непроницаемой для топлива, масел и их паров. Всю тепловую, звуковую и противопожарную изоляцию на судне следует выполнять из негорючих материалов, которые в минимальной мере выделяют дым и токсичные газы при пожаре. Обрешетник, подволоку и зашивку переборок и бортов необходимо изготавливать из негорючих материалов. Облицовка и отделка поверхностей должна выполняться, по крайней мере, из трудновоспламеняющихся материалов. Письменные столы, платяные шкафы, а также каркасы прочей мебели следует изготавливать только из негорючих материалов. Для облицовки мебели можно применять фанеру или другие горючие материалы толщиной не более 2 мм. Покрытия палуб, а также занавеси и шторы должны изготавливаться из трудновоспламеняемых материалов.

В том случае, когда в целях обеспечения запаса плавучести приходится использовать горючие материалы, через соответствующие отсеки нельзя прокладывать незащищенные электрические кабели, топливные или масляные трубопроводы и т. д. Помещения для пассажиров должны иметь не менее двух выходов, расположенных таким образом, чтобы была исключена возможность их одновременного блокирования.

Для вентиляционных каналов машинных помещений необходимо предусматривать средства их закрытия из смежных отсеков. Вентиляторы, обслуживающие машинные помещения, должны быть оборудованы устройствами, позволяющими выключать их из других помещений. Вентиляционные каналы машинных помещений не следует прокладывать через жилые помещения, а вентиляционные каналы жилых помещений — через машинные. Если все же такая необходимость возникает, то участки каналов на всем протяжении смежного помещения необходимо изолировать так, чтобы они удовлетворяли требованиям, предъявляемым к конструкциям типа А-30. Вместо изоляции на канале допустима установка автоматической противопожарной заслонки из негорючего материала.

На СПК не следует применять однопроводную электрическую систему с использованием корпуса в качестве обратного

провода. Аккумуляторные батареи необходимо размещать так, чтобы каждая из них находилась в отдельном вентилируемом отсеке. Топливные цистерны не должны устанавливаться у переборки, смежной с жилым помещением. Необходимо, чтобы отсек с топливными цистернами хорошо вентилировался. Практика показала, что топливные цистерны нецелесообразно размещать в машинных отделениях. Если этого не избежать, то они должны быть изготовлены из стали и оборудованы быстрозапорными клапанами, управляемыми из другого помещения. Клапаны необходимо устанавливать так, чтобы перекрыть любой трубопровод, из которого может произойти утечка топлива в машинное помещение. Топливные и масляные трубопроводы следует изготавливать из стали или другого равноценного по огнестойкости материала.

Согласно решению Ассамблеи ИМКО на СПК допускается применять топливо, имеющее температуру вспышки паров не менее 43°С. Однако при этом топливные отсеки должны хорошо вентилироваться. Необходимо принимать и другие меры пожарной безопасности. Правило 110 части «Н» Конвенции 1970 г. (поправки, принятые V сессией Ассамблеи ИМКО 25 октября 1967 г.) в качестве одной из таких мер упоминает поддержание температуры в отсеках, где хранится или используется топливо, на уровне 10°С ниже его температуры вспышки.

Машинное помещение должно оборудоваться автоматической системой обнаружения пожара. Для борьбы с огнем в этом помещении необходимо предусматривать углекислотную систему пожаротушения или систему СЖБ. Пуск системы в действие должен производиться из безопасного места вне машинного помещения. Систему необходимо оборудовать звуковой сигнализацией пуска в действие.

На СПК должен использоваться стационарный пожарный насос с приводом от независимого источника механической энергии. В частности, можно предусмотреть привод насоса от главного двигателя. В этом случае должна быть обеспечена возможность работы насоса при отсутствии хода СПК. При безвахтенном обслуживании машинного отделения необходимо предусмотреть возможность дистанционного пуска насоса и подачу воды в пожарный трубопровод из другого помещения. Вне машинного помещения необходимо устанавливать аварийный пожарный насос, который допустимо использовать и как осушительный. Для подачи воды в любую часть судна следует предусматривать пожарные рожки, ручные огнетушители и рукава по нормам Регистра СССР.

В заключение необходимо отметить, что выполнение международных требований по противопожарной защите СПК в полной мере обеспечит максимальную пожарную безопасность пассажиров и экипажа этих судов.

ЛИТЕРАТУРА

Бюллетень дополнений и изменений к контрольным экземплярам Согласованных правил классификации и постройки морских судов. Вып. 1, 1970.

Recommendation on fire safety measures for hydrofoil boats. Resolution 183 (VI), adopted on 28 October 1969. IMCO, 6th session of the Assembly (London).

ЛЕТАЮЩИЕ СУДА БУДУЩЕГО

Н. И. БЕЛАВИН

УДК 629.124.9.039.011.17

Название «летающие суда» с полным основанием можно отнести к весьма перспективным морским транспортным средствам, использующим при движении эффект близости опорной поверхности (экрана). Эти аппараты, известные специалистам как «экранопланы», вот уже в течение ряда лет привлекают внимание судостроителей. И хотя экранопланы пока еще находятся в стадии экспериментов, интересно познакомиться с историей их создания и современным состоянием зарубежных работ в этой области. Обзорную статью на эту тему подготовил по просьбе редакции автор книги «Экранопланы» (изд-во «Судостроение», 1968) Н. И. Белавин.

Как известно, повышение скорости движения является наиболее эффективным средством улучшения технико-экономических показателей любого вида транспорта. История развития транспорта является, по сути дела, историей борьбы за скорость. В последние 15—20 лет скорости почти всех видов транспортных средств увеличились в несколько раз. Исключение составляют водоизмещающие речные и морские суда, скорость которых за указанный период повысилась всего на 20—25%.

Главной причиной отставания водного транспорта в борьбе за скорость является необходимость резкого повышения мощности энергетических установок. Действительно, у водоизмещающих судов мощность главных двигателей с повышением скорости должна возрастать значительно быстрее, чем у других транспортных средств. Не будет преувеличением сказать, что возможности увеличения мощности судовых двигателей для дальнейшего повышения скорости судов весьма ограничены и к настоящему времени, несмотря даже

на создание атомных энергетических установок, в основном, исчерпаны.

Дальнейшее участие судов в соревновании за скорость, а следовательно, и за повышение рентабельности морских и речных перевозок возможно лишь за счет принципиально новых путей. Наиболее радикально эта проблема решается путем подъема корпуса судна из воды с помощью подводных крыльев или искусственно создаваемой воздушной подушки. Представителями семейства судов, использующих динамические принципы поддержания, являются широко известные в настоящее время суда на подводных крыльях (СПК) и суда на воздушной подушке (СВП).

Значительно сложнее оказалось реализовать наиболее эффективный путь резкого увеличения скорости на воде — путь использования судном влияния близости водной поверхности. Дело в том, что этот эффект начинает сказываться только на высоких скоростях и при обязательном условии — наличии корпуса, спроектированного с учетом аэродинамических законов. Такое судно — экраноплан — по форме уже значительно отличается от обычных морских судов.

Один из первых экранопланов был построен в начале 30-х годов финским инженером Т. Каарио. Зимой 1932 г. над замерзшей поверхностью озера он испытал экраноплан, буксируемый аэросанями. В 1935—1936 гг. Т. Каарио построил новый аппарат, уже оборудованный двигателем с воздушным винтом. В последующие годы изобретатель построил еще ряд экранопланов, пытаясь с каждым новым образцом совершенствовать их конструкцию. Последнюю модификацию с достаточно эффективным стартовым устройством («Аэросани № 8» — см. таблицу) Т. Каарио испытал уже в 1960—1962 гг.

В начале 30-х годов идея создания экранопланов заинтересовала и наших отечественных специалистов. Так, в то время крупный советский инженер и изобретатель П. И. Гроховской разработал проект транспортного экраноплана-амфибии по схеме летающее крыло (рис. 1). Важно отметить, что основные черты первого аппарата П. И. Гроховского нашли свое воплощение в конструкциях современных экранопланов, спроектированных за рубежом.

В 40-х годах эксперименты по созданию экранопланов под руководством Н. Троек проводились в Швеции. Им были построены два самоходных пилотируемых экраноплана, выполненных по схеме «летающее крыло». Они представляли собой катамараны с несущим крылом малого удлинения, установленным на два поплавка. Первый экраноплан Н. Троек

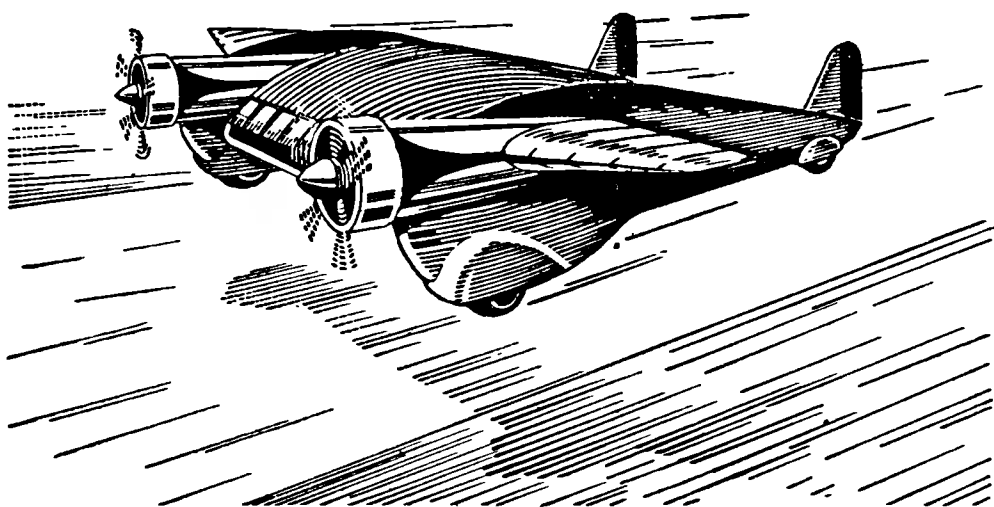


Рис. 1. Проект транспортного экраноплана П. И. Гроховского.

массой 3 т был оборудован двумя авиационными двигателями и воздушными винтами. Затем по этой же схеме Н. Троек построил и испытал одноместный экраноплан «Эйрбоут» массой 0,6 т.

В послевоенные годы особенно широко работы по созданию экранопланов развернулись в США, где в них приняли

участие крупные промышленные фирмы и ряд специалистов других стран, например, А. Липпиш из ФРГ, Х. Вейланд из Швейцарии и др. Одним из первых в США проблемой создания экранопланов заинтересовался авиаконструктор У. Бертельсен. Начиная с 1958 г., им были построены и испытаны экранопланы серии «Аркоптер» — GEM-1, GEM-2 и GEM-3 массой от 0,4 до 1,1 т. Эти аппараты, выполненные в основном по общей схеме, рассчитаны соответственно на одного, двух и четырех человек и оборудованы весьма сложной системой старта. Почти одновременно с У. Бертельсеном

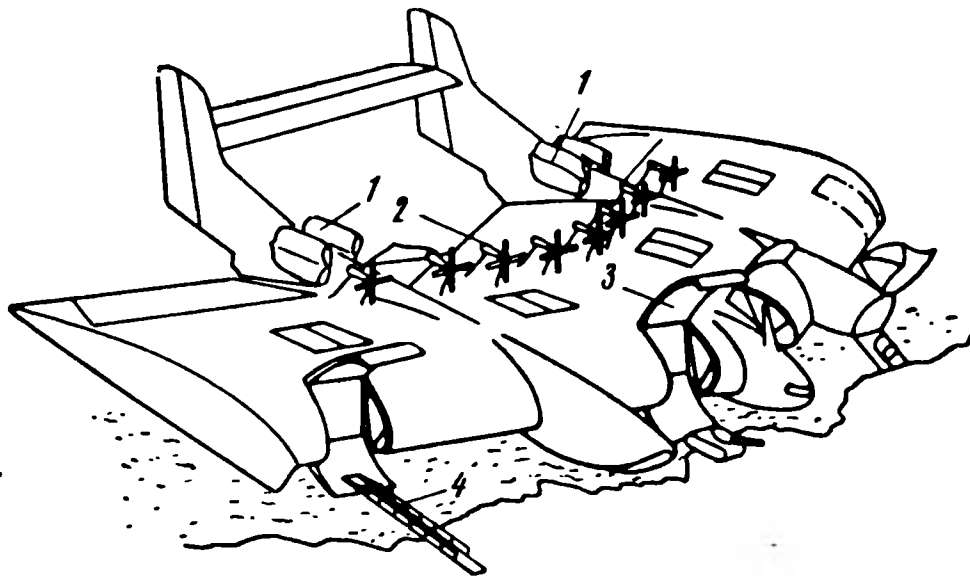


Рис. 2. Проект транспортного экраноплана В. Б. Корягина. 1 — стартовые двигатели; 2 — маршевые двигатели; 3 — грузовые лацпорты; 4 — аппарат.

начал эксперименты и строительство опытного экраноплана инженер Н. Дискинсон. В 1962 г. им был построен и успешно испытан двухместный аппарат, выполненный по схеме «летающее крыло». Экраноплан оборудован авиационным двигателем с толкающим воздушным винтом.

С 1960 г. на разработке и постройке опытных экранопланов в США стала специализироваться известная авиационная компания Локхид. Под руководством одного из ведущих специалистов компании В. Б. Корягина были спроектированы и построены три экраноплана. В 1963 г. на базе небольшого серийного катера с подвесным двигателем группа В. Б. Корягина создала двухместную летающую лодку с крылом, оборудованную так называемыми концевыми «шайбами», уменьшающими перетекание воздуха из-под крыла (зоны повышенного давления) вверх. Третья модификация катера В. Б. Корягина является, по-видимому, наиболее удачной. В 1965 г. компанией Локхид был разработан проект транспортного экраноплана массой 18,1 т, выполненного по «самолетной» схеме. Экраноплан оборудован носовой аппарелью и отличается сравнительно высоко установленными на воздушных стабилизаторах двигателями. В 1965 г. В. Б. Корягин запатентовал во Франции проект крупного транспортного экраноплана, также выполненного по «самолетной» схеме с двумя лодками (рис. 2). Грузы размещаются как в корпусах аппарата, так и в его крыле, снабженном специальными лацпортами и аппарелями.

В эти же годы в США над созданием экранопланов работал известный швейцарский конструктор специальных скоростных катеров на воздушной подушке Х. Вейланд. После испытаний маломасштабных моделей под его руководством в 1963 г. был построен самоходный пилотируемый аппарат «Малый Вейландкрафт» массой 4,3 т — прообраз разработанного им проекта трансконтинентального пассажирского экраноплана «Большой Вейландкрафт» массой 1000 т (рис. 3). Оба

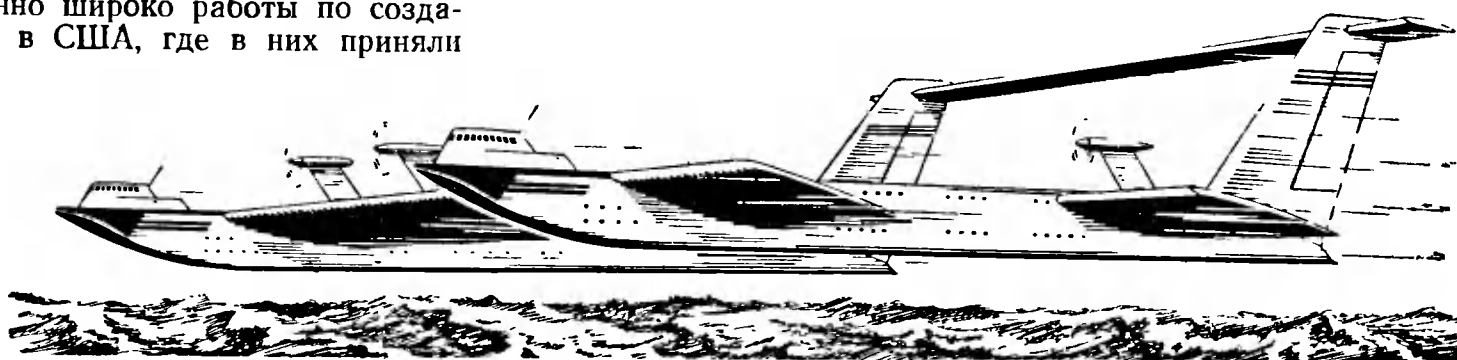


Рис. 3. Проект трансатлантического экраноплана Х. Вейланда.

Основные характеристики экспериментальных экранопланов

Название аппарата (страна, автор проекта)	Год постройки или завершения проекта	Аэродинами- ческая схема	Экипаж или пас- сажиромест- ность, чел.	Масса, кг	Полезная нагруз- ка, кг	Весовая отдача, %	Скорость полета, км/ч	Мощность энер- гетической уста- новки, л. с.	Энерговооружен- ность, л. с./т	Аэродинамиче- ское качество	Тип двигателя	Стартовые устройства	Система продоль- ной ста- билизации
Экраноплан Т. Каа- рио	1935	„Летающее крыло“	1	*	80	*	22,4	1×16	*	*	Воздушный винт	Струя воз- душного винта	Стабили- зирую- щие пло- скости
«Аэросани № 8» (Финляндия, Т. Каа- рио)	1962	То же	1	400— 500	100— 160	20— 37	80	1×50	100— 110	*	То же		
Экраноплан И. Тро- енга	1938	„ „	4	3 000	*	*	111	2×100	*	*	Воздушные винты	Закрылки	*
«Эйрбоут» (Шве- ция, И. Троенг)	1939	„ „	1	600	100	17	*	1×60	100	*	Гребной винт	„	Подвод- ное кры- ло
«Аркоптер» GEM-1 (США, У. Бертель- сен)	1960	Близкая к „летающе- му крылу“	1	410	80	20	50— 85	1×65	160	11,4	Воздушный винт	„	Воздуш- ный ста- билиза- тор
«Аркоптер» GEM-2 (США, У. Бертель- сен)	1961	То же	2	640	120	19	139	1×115	180	*	То же	„	То же
«Аркоптер» GEM-3 (США, У. Бертель- сен)	1962	„ „	4	1 140	320	28	130	1×150	130	*	„ „	„	„ „
Экраноплан компа- нии Локхид (США)	1963	Близкая к „самолет- ной“	2	630	200	25	83	1 50	80	14	Гребной винт	„	Гидро- лыжи
«Клиппер» (США, В. Б. Корягин)	1965	То же	2	440	200	*	110	1×75	170	19	То же	Закрылки и „шайбы“	Закрыл- ки
Экраноплан компа- нии Локхид (США, проект)	1965	„Самолет- ная“	*	18 100	*	*	325	2×1375	152	23— 24	Воздушный винт	*	То же
Экраноплан Н. Ди- скинсона (США)	1963	„Летающее крыло“	2	500	200	40	139	1×190	380	*	То же	Закрылки	„ „
Пилотируемая мо- дель «Малый Вей- ландкрафт» (США, Х. Вейланд)	1964	Близкая к „самолет- ной“ (крылья „тандем“)	1	4 300	*	*	148	2×260	120	*	„ „	Гидролыжи	Воздуш- ный ста- билиза- тор
«Эйрфойлбоут Х-112» (США, А. Липпиш)	1964	„Самолет- ная“	1—2	330	160	48	143	1×25	76	23	„ „	Закрылки, струя воз- душного винта	То же
«Колумбия» (США, проект)	1964	„Летающее крыло“	120— 150	100 000	40 000	40	185	6×2210	136	24	„ „	Система поддува	Закрыл- ки
Пилотируемая мо- дель экраноплана «Колумбия» (США)	1966	То же	1	*	*	*	*	*	*	*	Воздушные винты	То же	То же
«Большой Вейланд- крафт», проект (США, Х. Вейланд)	1964	Близкая к „самолет- ной“ (крылья „тандем“)	3 000	100 000	240 000	*	185	10×20000	200	*	Воздушный винт	*	Воздуш- ный ста- билиза- тор
КАГ-3 (Япония, фирма Кавасаки)	1963	„Летающее крыло“	2	600	200	33	110	80	133	12	Гребной винт	Закрылки	То же
ОИИМФ-2 (СССР, группа Ю. А. Буд- ницкого)	1965	То же	1	420— 450	80— 100	18— 19	110	2×18	80— 90	*	Воздушный винт	Струя воз- душного винта, за- крылки	„ „

* Данные не публиковались.

эти экранопланы представляют собой катамараны с двумя несущими крыльями большого удлинения, расположенными одно за другим. В марте 1964 г. во время первых летных испытаний на озере Солтон в Калифорнии модель разбилась, конкретную причину аварии установить не удалось.

В 1963 г. Х. Вейланд запатентовал в США проект транспортного экраноплана, по своей аэродинамической и конструктивной компоновке сходного с предыдущим аппаратом. Для уменьшения во время разбега гидродинамического сопротивления на аппарате применена воздушная подушка (рис. 4). С начала 60-х годов весьма значительные исследования в области создания экранопланов в США проводит А. Липпиш. Работая в фирме Коллинг Рэйдио над созданием скоростных катеров, он в 1963 г. построил одноместный экраноплан «Эйрфойлбоут Х-112», выполненный по «самолетной» схеме. В 1967 г. А. Липпиш запатентовал проект крупного транспортного экраноплана, по своей конструкции близкого к современным самолетам (рис. 5).

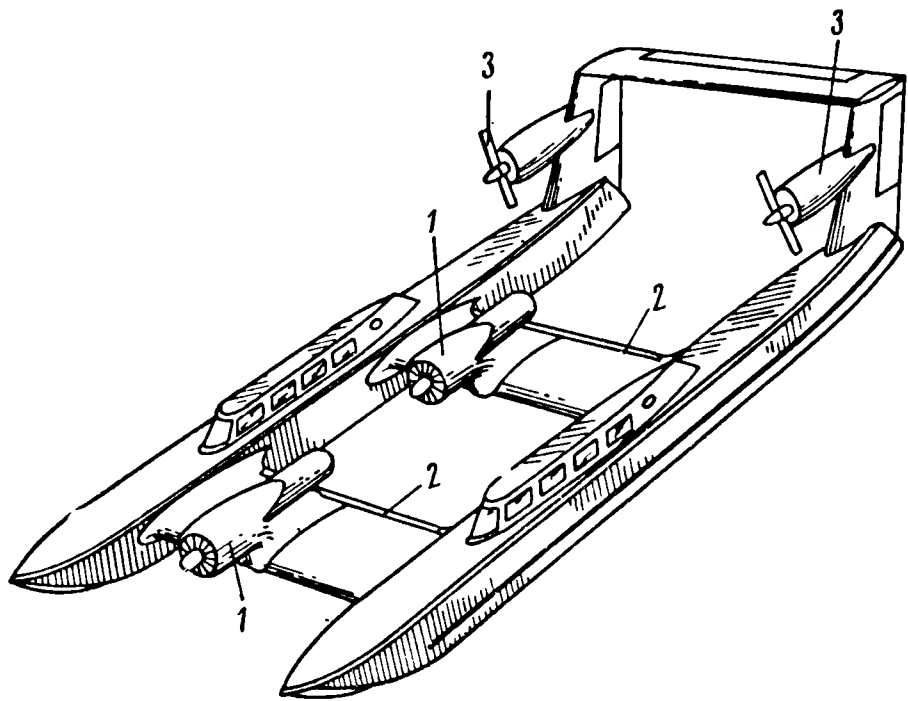


Рис. 4. Проект экраноплана Х. Вейланда с устройством для создания воздушной подушки на время разбега.

1 — двигатели с вентиляторами, создающими воздушную подушку; 2 — поворотные заслонки на крыльях, ограничивающие воздушную подушку; 3 — маршевые двигатели.

Одним из наиболее крупных экранопланов, спроектированных в США, является транспортный экраноплан «Колумбия» массой 100 т (рис. 6). По замыслу конструкторов, экраноплан «Колумбия» должен быть выполнен по схеме «летаю-

щее крыло» с оригинальной системой старта, создающей воздушную подушку.

Одновременно с американцами с начала 60-х годов работы в области создания экранопланов начала японская фир-

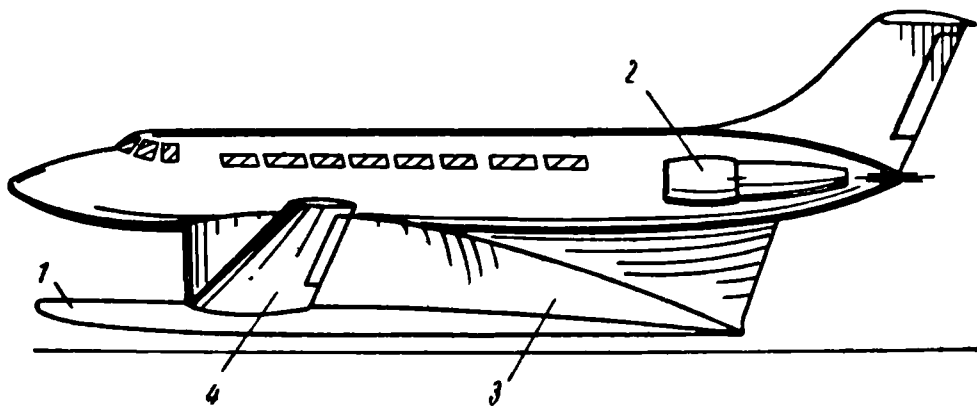


Рис. 5. Проект транспортного экраноплана А. Липпиша.

1 — поплавок (концевая «шайба»); 2 — турбореактивные двигатели; 3 — корневая часть крыла; 4 — крыло.

ма Kawasaki. После модельных испытаний в аэродинамической трубе и гидроканале ею были разработаны два экраноплана массой по 0,6 т — «КАГ-1» и «КАГ-2», выполненные по схеме «летающее крыло». В 1963 г. на базе «КАГ-2» фирма построила и испытала аппарат «КАГ-3» (рис. 7). Экранопланы типа «КАГ» представляют собой катамараны с несущим крылом малого удлинения и мощным подвесным мотором.

С 1963 г. работы по созданию небольших одноместных экранопланов ведет Одесский институт инженеров морского флота (ОИИМФ). Конструкторская группа института под руководством Ю. Д. Будницкого создала три модификации экранопланов, довольно сильно отличающихся друг от друга по аэродинамическим и конструктивным характеристикам, но выполненных по общей схеме «летающего крыла» (рис. 8).

Такие качества экранопланов, как большая скорость, возможность выхода на берег, неуязвимость по отношению к минно-торпедному оружию и т. д. не могли не привлечь к ним внимания военных специалистов. Так, в 1966 г. по заказу ВМС США американская компания Джеренал Дайнемикс, известная своими работами в области создания атомных подводных лодок, разработала проект экраноплана-ракетносца массой 300 т (рис. 9). Особенностью экраноплана является изменяемая в полете геометрия крыла и устройства для создания воздушной подушки. В 1967 г. этой же компанией был разработан и запатентован проект патрульного катера-экрaноплана с ракетными и обычными артиллерийскими установками (рис. 10). Представляет интерес проект противо-

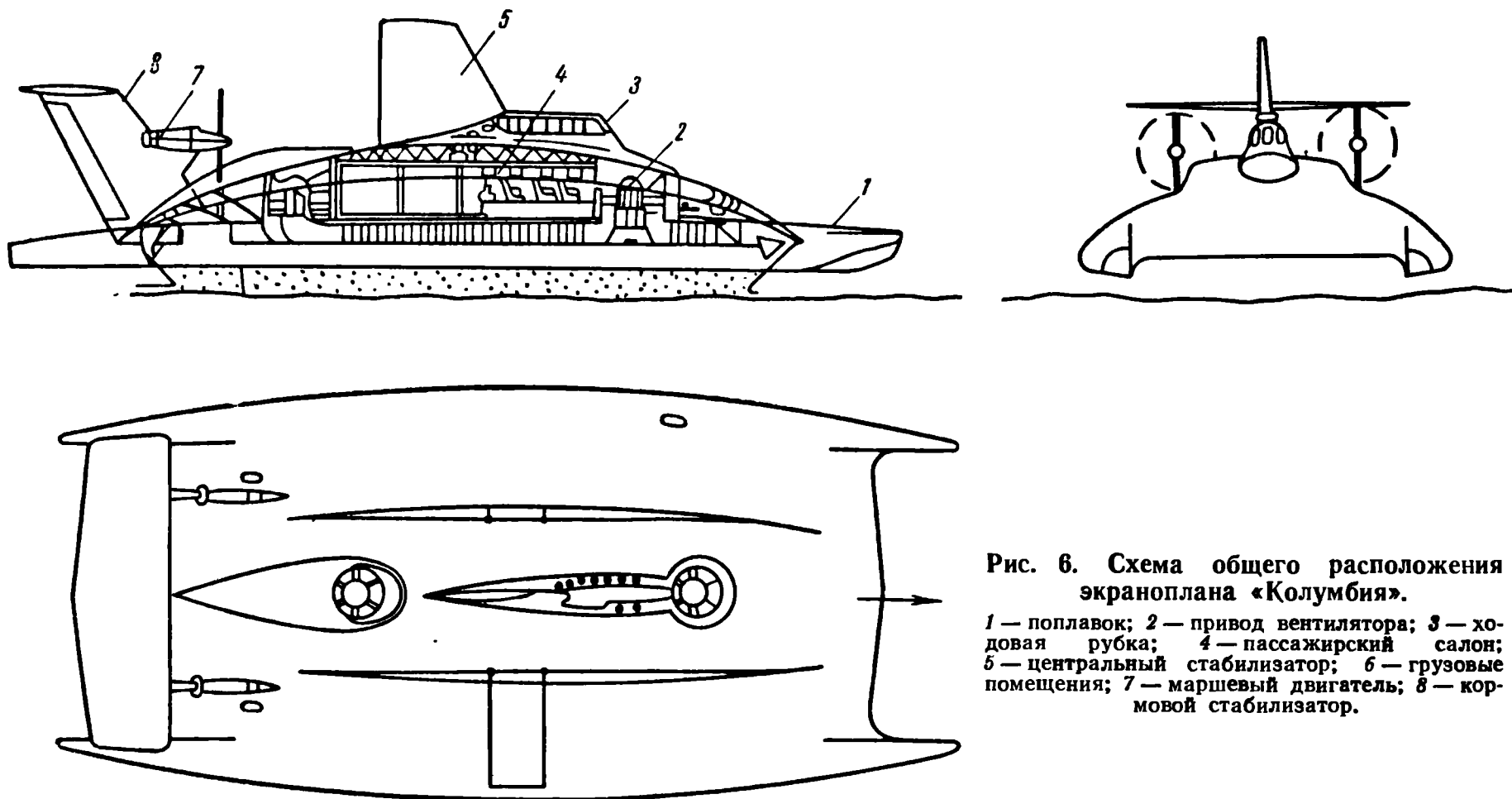


Рис. 6. Схема общего расположения экраноплана «Колумбия».

1 — поплавок; 2 — привод вентилятора; 3 — ходовая рубка; 4 — пассажирский салон; 5 — центральный стабилизатор; 6 — грузовые помещения; 7 — маршевый двигатель; 8 — кормовой стабилизатор.

лодочного корабля-экраноплана «Лоубой», предложенный американской компанией Боинг. Экраноплан спроектирован по «самолетной» схеме и отличается от аналогичных проектов тем, что предназначен для старта с сухопутных аэродромов.

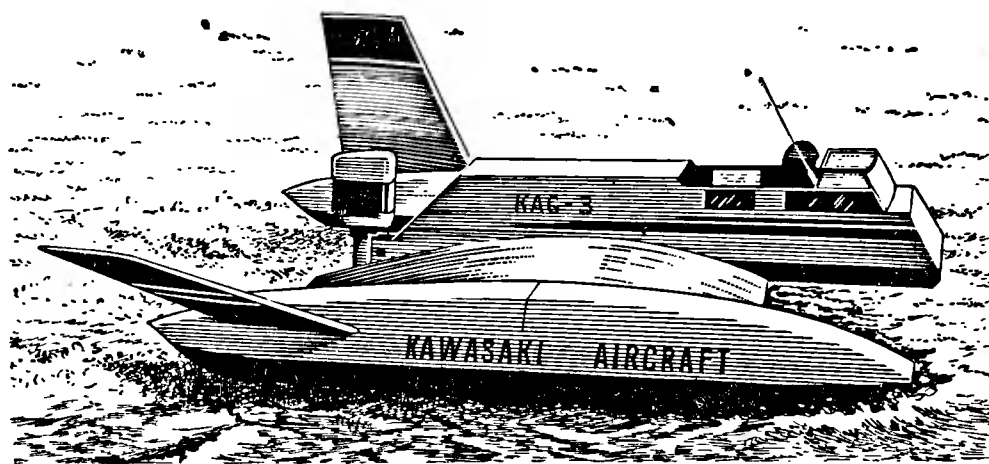


Рис. 7. Японский экраноплан «KAG-3».

Для ВМС США разработаны также проекты противолодочного и транспортно-десантного кораблей-экранопланов, выполненных по схеме «летающее крыло». Проектом предусмотрена возможность полета этих экранопланов и вне зоны влияния экрана (до высоты 2000 м).



Рис. 8. Экраноплан Одесского института инженеров морского флота «ОИИМФ-2».

В 1964 г. английским специалистом А. П. Педриком был запатентован проект крупного экраноплана-авианосца, выполненного по схеме «летающее крыло». На авианосце предусмотрено базирование 20—30 самолетов. Приведенные данные указывают на возможность создания в будущем экранопланов боевого назначения.

Весьма близкими к экранопланам являются суда на подводных крыльях с так называемой воздушной разгрузкой. Эти аппараты наряду с воздушными оборудуются подводными крыльями, обеспечивающими старт и стабилизацию при движении на расчетном режиме (рис. 11). В последние годы создано несколько проектов подобных кораблей. В 1959 г. итальянец Д. Велли предложил проект, в котором подъемная сила воздушного крыла, разгружая при движении корабля подводные крылья, позволит весьма существенно повысить скорость движения. Роль подводных крыльев сводится в данном случае к обеспечению выхода аппарата на расчетный режим и к его надежной стабилизации во время движения.

В основе создания экранопланов лежит идея использования резкого повышения подъемной силы крыла и его аэродинамического качества при движении вблизи водной поверхности (или ровной поверхности суши). Из рис. 12 видно, что

при уменьшении относительной высоты полета крыла ($\bar{h} = \frac{h}{b}$,

где h — высота полета, b — хорда крыла) с единицы до 0,1 его аэродинамическое качество повышается в полтора-два раза и более. Примерно в такой же степени увеличивается аэродинамическое качество всего экраноплана. По типу аэрогидродинамической компоновки (взаимному расположению корпуса, крыльев, поплавков) экранопланы можно разделить

на две группы: выполненные по схеме «летающее крыло» (рис. 13) и по «самолетной» (фюзеляжной) схеме (рис. 14). К первой, наиболее многочисленной группе относятся экранопланы Т. Каарио, И. Тронга, У. Бертельсена, Н. Дискинсона, японской фирмы Кавасаки, Одесского института инженеров морского флота и др. Почти все они выполнены по принципу катамарана, т. е. имеют несущее крыло (или систему крыльев) и две концевых «шайбы» (поплавка). Из построенных экранопланов только «Эйрфойлбоут Х-112» А. Липпиша имеет явно выраженную «самолетную» схему компоновки. Примерно по такой же схеме спроектированы экранопланы Х. Вейланда, В. Б. Корягина, компании Локхид и некоторые другие.

Как правило, современные экранопланы оборудуются крыльями малого удлинения, величина которого колеблется в пределах от 0,75—1,0 («KAG-3», «Колумбия») до 1,7—4,6 («Эйрфойлбоут Х-112»). При выборе оптимального удлинения крыла учитываются следующие соображения: с увеличением удлинения аэродинамическое качество крыла возрастает, однако при этом ухудшаются мореходные качества экраноплана; с другой стороны, повышение аэродинамического качества крыла можно обеспечить и за счет снижения относительной высоты полета $\bar{h}$, что требует увеличения хорды, т. е. соответствующего уменьшения удлинения крыла. Таким образом, достаточные значения аэродинамического качества можно получить и при небольшом удлинении крыла за счет снижения величины $\bar{h}$. В этом случае удастся обеспечить экраноплану и высокие мореходные качества.

Крылья всех современных экранопланов оборудуются концевыми «шайбами». На экранопланах, спроектированных по схеме «летающее крыло», роль концевых «шайб» выполняют поплавки. Применение концевых «шайб» повышает аэродинамическое качество аппарата в полтора-два раза и более.

Быстрый рост аэродинамического качества «летающих судов» с уменьшением относительной высоты полета позволяет предположить, что будущее этого транспортного средства связано с экранопланами крупных размеров. На небольших аппаратах повышение аэродинамического качества возможно лишь в идеальных штилевых условиях и при весьма малой высоте полета.

В качестве движителей на большинстве экранопланов ис-

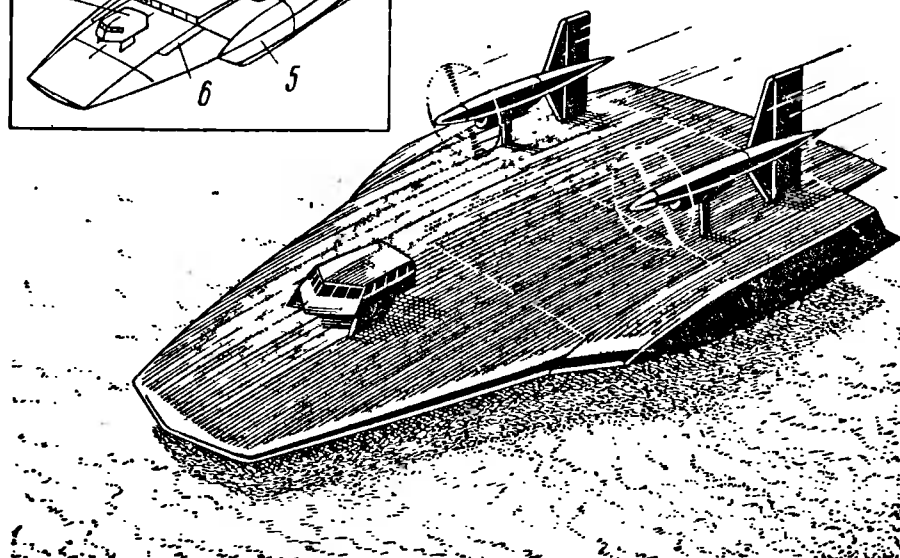
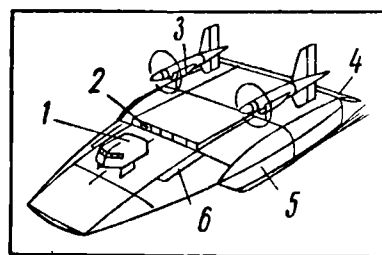


Рис. 9. Модель и схематическое изображение экраноплана-ракетоносца, спроектированного для ВМС США.

1 — кабина экипажа; 2 — воздухозаборник стартовых двигателей; 3 — маршевые двигатели; 4 — поворотный закрылок; 5 — концевые «шайбы»; 6 — крышки люков ракетных установок.

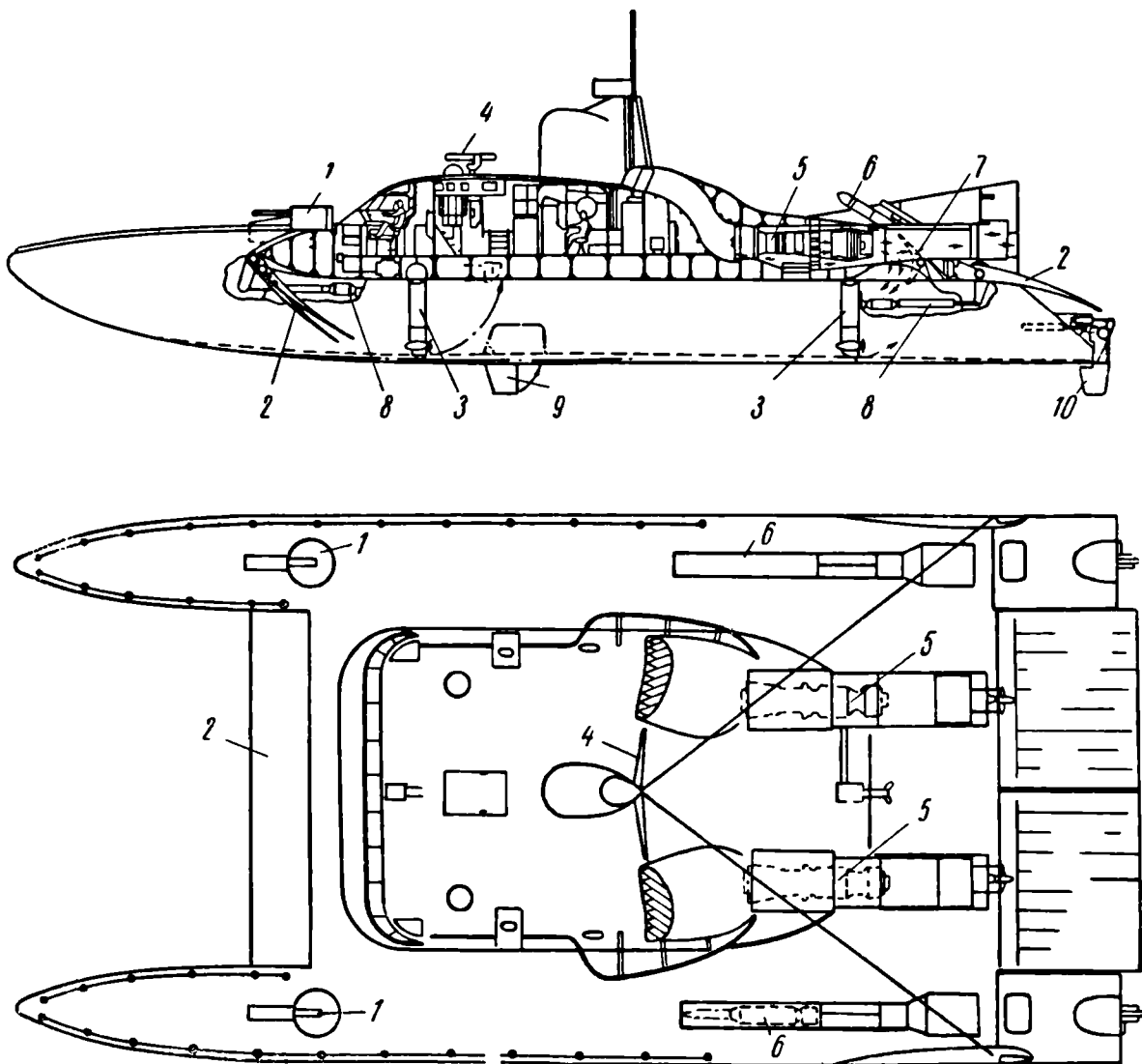


Рис. 10. Схема общего расположения патрульного катера-экраноплана компании Джeneral Дайнемикс.

1 — артустановка; 2 — поворотная заслонка; 3 — выдвижные колонки гребных винтов; 4 — антенный пост радиолокационной станции; 5 — газотурбинные двигатели; 6 — ракетные установки; 7 — поворотная заслонка, направляющая газовую струю под крыло или в выхлопное сопло; 8 — гидропривод воздушной заслонки; 9 — убирающийся подводный стабилизатор; 10 — руль.

нейших элементов экраноплана, в значительной степени определяющих его технико-экономические, эксплуатационные и мореходные качества, является стартовое устройство, обеспечивающее выход аппарата на расчетный режим полета. В результате буксировочных испытаний моделей экранопланов было установлено, что максимальное сопротивление их движению при разгоне возникает на скоростях около 40—60% от скорости отрыва. Натурные испытания экраноплана А. Липпиша «Эйрфойлбоут X-112» показали, что его сопротивление при выходе на расчетный режим меняется в 2,5—3,5 раза, при этом аэродинамическое качество колеблется от 7,7 до 23. Еще меньшие значения аэродинамического качества на критической скорости (4,0—5,3) получены при модельных и натурных испытаниях японского экраноплана «КАГ-3».

Таким образом только для преодоления максимума сопротивления при разбеге экраноплана мощность двигателей должна в 2,5—3,5 раза превышать мощность, потребную для поддержания нормального режима полета. Естественно, что необходимость установки на экранопланах двигателей большой мощности является пока серьезной проблемой для проектировщиков.

Улучшение стартовых характеристик экранопланов достигается применением специальных устройств. К ним относятся закрылки, гидролыжи и системы, создающие воздушную смазку. Помимо повышения аэрогидродинамического качества в момент разбега аппарата, стартовые устройства способствуют также уменьшению посадочных перегрузок.

Экранопланы пока еще характеризуются сравнительно невысокими скоростями движения (50—80 уз), что объясняется, как правило, их низкими аэродинамическими характеристиками и недостаточной энерговооруженностью. В проектах крупных перспективных экранопланов предусматриваются значительно более высокие скорости полета.

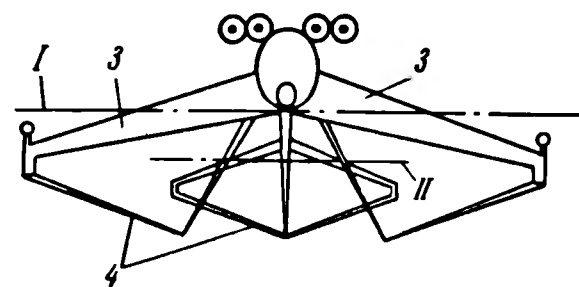
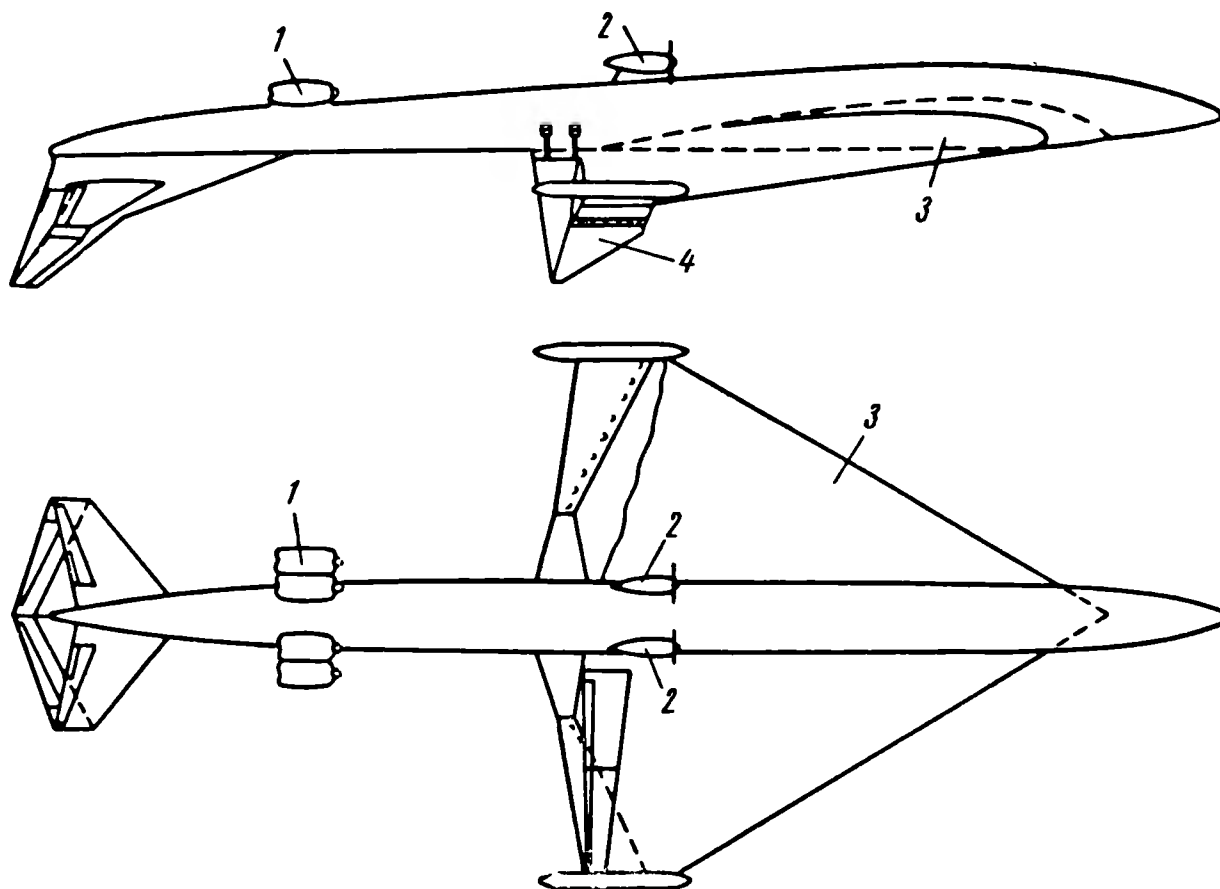


Рис. 11. Итальянский проект судна на подводных крыльях с воздушной разгрузкой.

1 — стартовые двигатели; 2 — маршевые двигатели; 3 — воздушные крылья; 4 — подводные крылья.
I — ватерлиния на стоянке; II — ватерлиния на расчетном режиме полета.

пользуются воздушные винты, хотя на некоторых все еще находят применение гребные винты. Обычно на «летающих судах» устанавливаются поршневые двигатели, в новых проектах уже предусматриваются газовые турбины. Одним из важ-

Уже у первых весьма несовершенных аппаратов аэродинамическое качество в 3—4 раза превышает значение у глиссирующих катеров, в два раза у СПК и в полтора раза у современных самолетов. В то же время значение аэро-

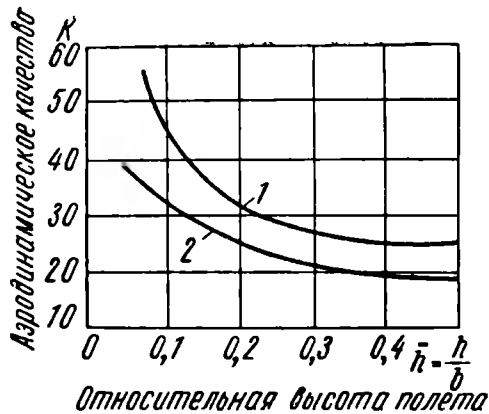


Рис. 12. Зависимость аэродинамического качества крыла от расстояния его до экрана.

1 — крыло с концевыми «шайбами» (поплавками); 2 — крыло без «шайб».

динамического качества определяет потребную для движения мощность энергетической установки ($N = \frac{G \cdot V}{75 \cdot K}$), ее вес и расход топлива. Для глиссирующего катера или СВП требуется приблизительно втрое-вчетверо большая мощность, чем для экраноплана той же массы, что, естественно, приводит при одинаковом запасе топлива к сокращению времени движения на расчетном режиме. Если же учесть, что скорости полета экраноплана значительно выше, чем у глиссирующего катера, СПК или СВП, то выигрыш в дальности его движения получается еще более значительным. Но, к сожалению, снижение аэрогидродинамического качества экраноплана в момент старта существенно уменьшает все эти его преимущества.

Серьезной проблемой, возникающей при проектировании экранопланов, является обеспечение управляемости этих аппаратов. Одним из средств решения этой проблемы служит оборудование экранопланов воздушными рулями, обычно устанавливаемыми в струе воздушного винта. Для обеспечения горизонтальной стабилизации практически все экранопланы оборудуются рулем высоты или закрылком, стабилизация аппаратов в вертикальной плоскости на циркуляции обеспечивается с помощью элеронов, выполняющих иногда одновременно и функции рулей высоты. Поперечную устойчивость экранопланов в нормальном режиме обеспечить значительно проще за счет самого эффекта экрана. Поскольку при крене происходит резкое увеличение подъемной силы на консоли крыла, приближающегося к экранирующей поверхности, то возникает восстанавливающий момент, который и выравнивает экраноплан. Зависимости ходового качества различных транспортных средств от скорости их движения (рис. 15) показывают, что существует довольно значительная область, в которой могут использоваться лишь экранопланы и частично автомобили. Таким образом, с помощью экранопланов в будущем возможно освоение чрезвычайно обширной зоны скоростей, практически недоступных для других транспортных средств.

В качестве еще одного критерия эффективности экранопланов может служить удельная мощность или энерговооруженность. Перспективные аппараты при значении аэрогидродинамического качества 25—30 и скорости полета 200—300 уз могут иметь энерговооруженность 20—70 л.с./т. Существующие экспериментальные аппараты имеют энерговооруженность в пределах 75—380 л.с./т. Благодаря более высоким

значениям аэрогидродинамического качества перспективные экранопланы на эксплуатационном режиме могут обладать в два-три раза меньшей мощностью главных двигателей, чем близкие к ним по скоростям вертолеты и самолеты. Однако в момент старта происходит резкое снижение аэродинамиче-

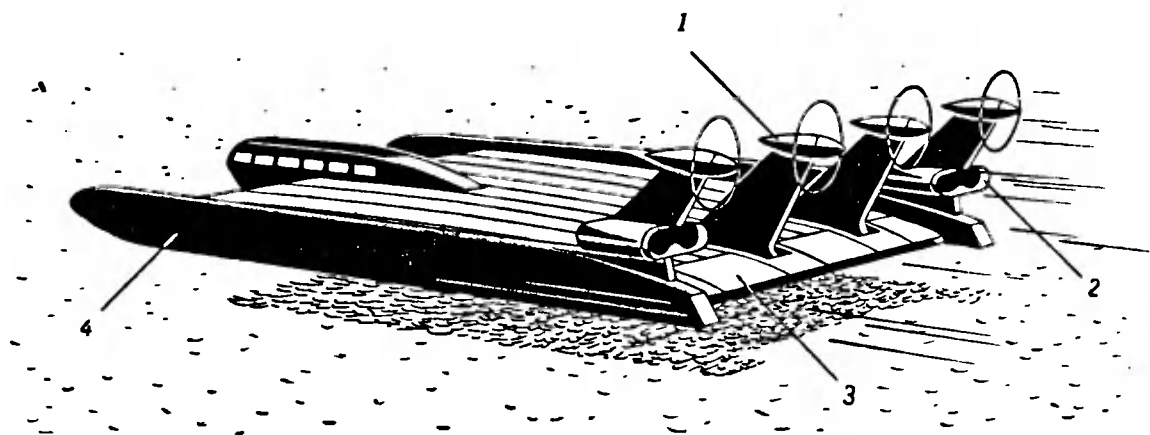


Рис. 13. Проект экраноплана, выполненного по схеме «летающее крыло».

1 — маршевые двигатели; 2 — стартовые двигатели; 3 — закрылки; 4 — концевые «шайбы» (поплавки).

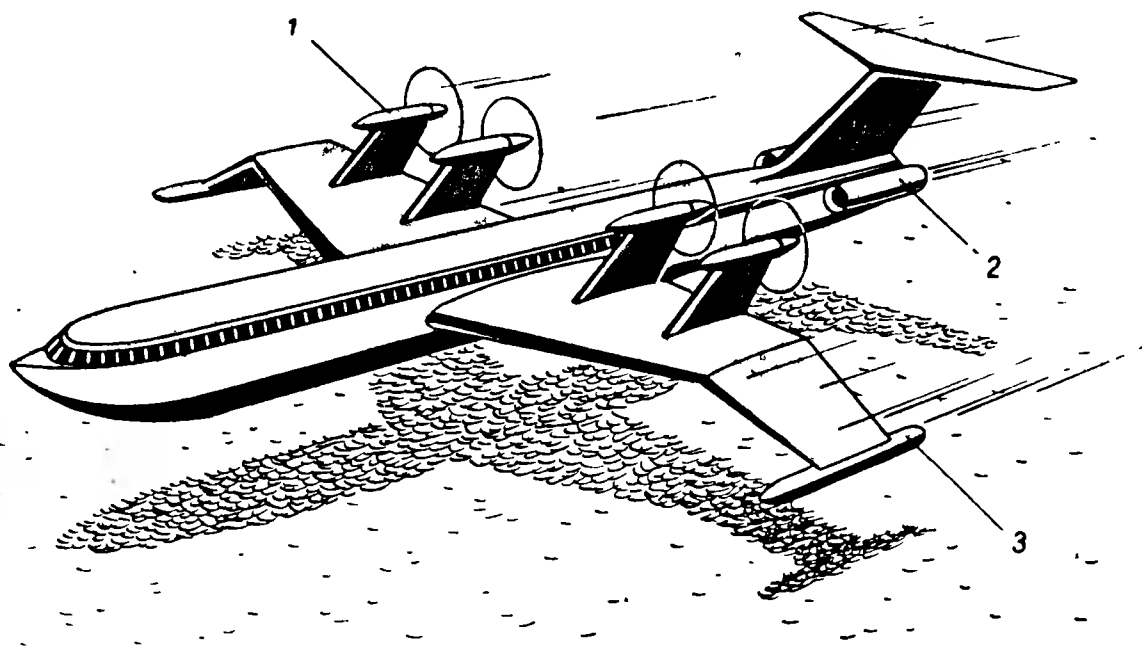


Рис. 14. Проект экраноплана, выполненного по «самолетной» (фюзеляжной) схеме.

1 — маршевые двигатели; 2 — стартовые двигатели; 3 — концевые «шайбы» (поплавки).

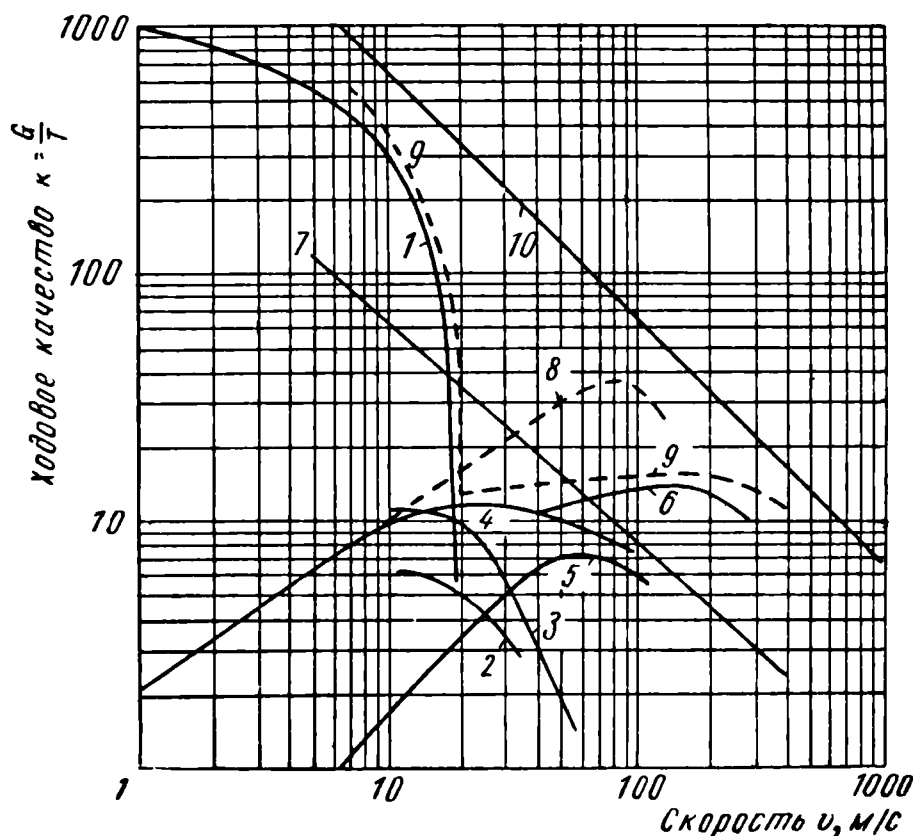


Рис. 15. Зависимость ходового качества транспортных средств от скорости их движения.

1 — вертолеты; 2 — глиссирующие суда; 3 — СПК; 4 — СВП; 5 — самолеты; 6 — кривая, ограничивающая область применения экранопланов; 7 — экранопланы; 8 — автомобили; 9 — водоизмещающие суда; 10 — предел скорости, отвечающий равенству $KV=6700$.

ского качества, что требует увеличения мощности стартовых двигателей.

Экономическая эффективность любого транспортного средства во многом зависит от его весовой отдачи, или отно-

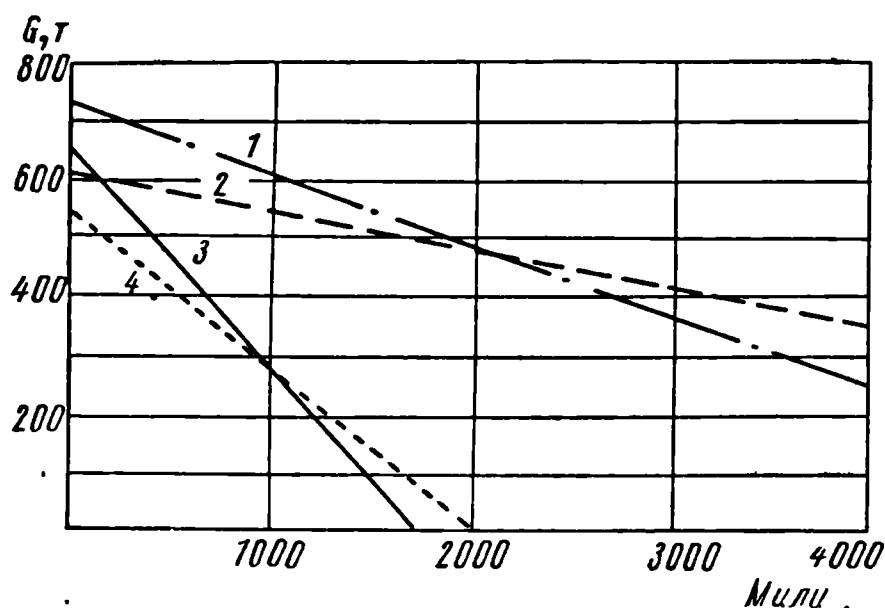


Рис. 16. Зависимость полезной нагрузки от протяженности рейса для аппаратов массой 1000 т.

1 — СВП со скегами; 2 — экраноплан; 3 — СВП с сопловой схемой; 4 — судно с «воздушной смазкой».

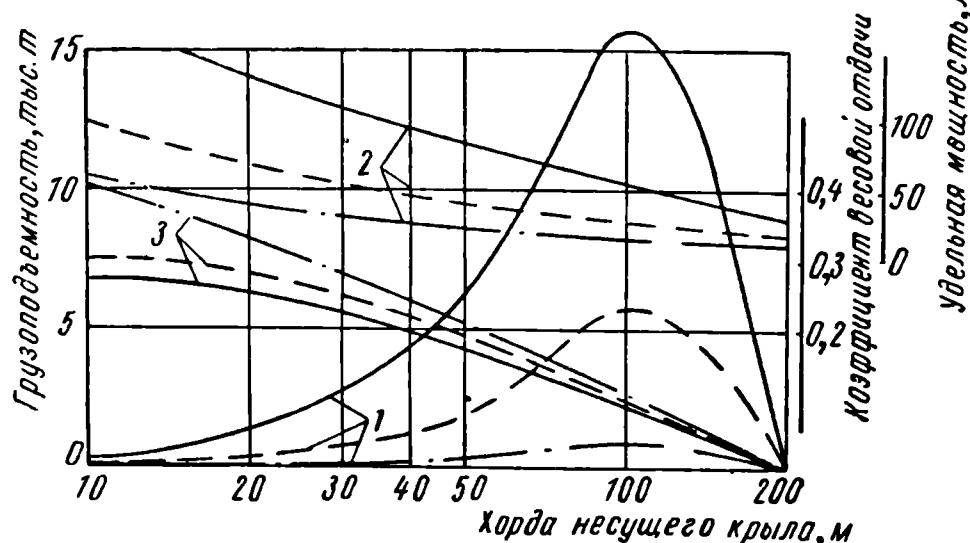


Рис. 17. Зависимость основных характеристик экраноплана от величины хорды несущего крыла.

1 — грузоподъемность; 2 — весовая отдача; 3 — удельная мощность энергетической установки.
— скорость полета 740 км/ч; - - - 370 км/ч; ····· 185 км/ч.

сительной грузоподъемности. Оказывается, что полезная нагрузка экранопланов при расчетной протяженности рейса 1000 миль вдвое больше, чем у СВП и судов с «воздушной

смазкой» (рис. 16). При увеличении протяженности до 2000 миль вся грузоподъемность СВП будет использоваться на прием необходимых запасов топлива. Экраноплан в этом случае сможет принять еще 500 т груза.

Анализ экономической эффективности перспективных экранопланов показывает, что с увеличением их размеров при постоянном значении абсолютной высоты полета полезная нагрузка аппаратов существенно возрастает, а потребная мощность маршевых двигателей снижается (рис. 17). Дальнейшее увеличение размеров экранопланов при значении хорды крыла более 90—100 м приводит к снижению весовой отдачи, но их транспортная эффективность при этом может по-прежнему повышаться. С ростом размерений экраноплана существенно повышается его экономическая эффективность. Однако и эта характеристика после достижения максимума при определенных значениях размерений начинает снижаться. Поэтому в интересах экономической эффективности не всегда оправдано стремление к более высоким значениям аэродинамического качества за счет дальнейшего увеличения хорды крыла.

Приведенный обзор основных особенностей экранопланов и ориентировочной оценки их экономической эффективности позволяет считать, что уровень современных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ может обеспечить решение значительной части сложных проблем, связанных с созданием этих аппаратов. Поэтому не исключена возможность, что уже в ближайшее десятилетие будут построены экономичные экранопланы, обладающие высокими эксплуатационными качествами.

ЛИТЕРАТУРА

- Белавин Н. И. Экранопланы. Л., изд-во «Судостроение», 1968.
Кааро Т. Принципы действия аппаратов, использующих влияние близости земли. Symposium on Ground Effect Phenomena, X, 1959.
Липпиш А. М. Аппараты на динамической воздушной подушке. Flight, VI, 1964.
Корягин В. Б. и др. К решению проблемы движения с большими скоростями над водой. Society of Automotive Engineers, Reports № 650629, VIII, 1966.
Мак К. В. Состояние и тенденции развития аппаратов, использующих эффект влияния близости опорной поверхности. Luftfahrttechnik und Raumfahrttechnik, 1963, № 11.
Пашин В. М. Экономическая эффективность экранопланов в зависимости от их размеров. «Судостроение», 1966, № 5.
Пипко Д. Экранопланы. «Наука и жизнь», 1966, № 1.
Фильдинг Р. Ж. Экономическая эффективность различных судов на воздушной подушке. Hovering Craft and Hydrofoil, XI, 1965.
Эндо Ш. и др. Результаты модельных испытаний экраноплана KAG-3. Hovering Craft and Hydrofoil, 1964, № 11.
Jane's Surface Skimmer Systems, 1968/69—1969/70.
Jane's All the World's Aircrafts, 1960—1970.

Деятельность НТО

СЕМИНАР ПО ПРОБЛЕМАМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЯГКИХ ОБОЛОЧЕК

Четвертый семинар по проблемам совершенствования мягких оболочек, проведенный во Владивостоке Приморским краевым правлением НТО судпрома и кафедрой устройства судов ДВИМУ им. адмирала Г. И. Невельского, привлёк большое внимание специалистов. В докладе А. Л. Кошевого «Буксируемые эластичные емкости для жидких грузов» рассказывалось об опыте эксплуатации мягких оболочек за ру-

бежом. Доклад В. Э. Магулы был посвящен обобщению отечественного опыта создания мягких буксируемых емкостей. Большой интерес присутствовавших вызвал доклад А. С. Овсянникова о перспективах использования эластичных емкостей для транспортировки нефти в Обь-Иртышском бассейне. Б. И. Голод посвятил свое выступление проблемам остоичности эластичных емкостей, А. А. Гогешвили, Л. И. Ярина и др. — вопросам создания воздухоопорных и пневмокаркасных конструкций, ряд докладов был посвящен расчетам упругих элементов и физических характеристик пленочных материалов, прочности швов резино-тканевых конструкций, колебаний пневмооболочек и т. д.

В своих выступлениях участники семинара единодушно отмечали важность и перспективность работ по дальнейшему совершенствованию мягких оболочек различных назначений.

Б. И. Друзь, Н. И. Василенко

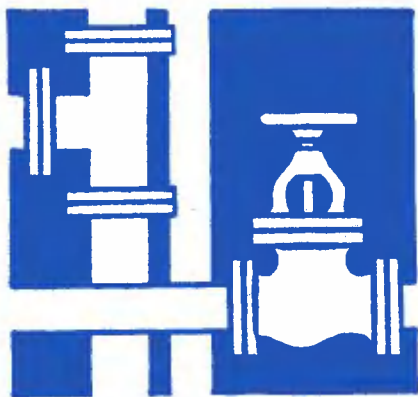
ПО СТРАНИЦАМ ЖУРНАЛОВ

UNDERSEA TECHNOLOGY. (1970, VII—IX, т. 11, № 7—9). На обложке июльского номера журнала (№ 7) помещена фотография американского нефтерудовоза «Марконафло Мёрчант» дедвейтом 51 050 т, приспособленного для погрузки и выгрузки руды потоком воды, прокачиваемым по специальному трубопроводу, проложенному на берегу. В отделе хроники сообщается о выдаче контракта в сумме 2,14 млрд. долл. компании Литтон на постройку 30 эскадренных миноносцев для ВМС США. Здесь же приводятся данные Международной сельскохозяйственной организации (ФАО) при ООН по годовому улову рыбы в 1969 г. Первое место занимает Япония (9,2 млн. т), второе Перу (8,9 млн. т), третье СССР (7,3 млн. т), четвертое КНР (5,8 млн. т), пятое США (2,5 млн. т) и шестое Норвегия (2,2 млн. т). Представляет интерес информация об испытаниях судна «Гломар Челленджер», оборудованного установкой для глубоководного бурения. Бортовая поисковая система обеспечивает возможность повторного попадания бура в скважину диаметром 30 см на глубине 3000 м. Сообщается об использовании в геологических исследованиях на шельфе Аляски привязного двухместного подводного аппарата «Гаппи», о восьмидневных испытаниях в барокамере при давлении 65 кгс/см² новой дыхательной системы «Эбалоун» и легководолазных костюмов, обогреваемых горячей водой, об авиационных методах термографирования поверхностных слоев в океане и т. д. В специальном материале рассказывается с предполагаемым созданием в США Национального управления по исследованию океана и атмосферы (NOAA — National Oceanic and Atmospheric Administration) со штатом 14 000 чел. и годовым бюджетом 320 млн. долл. Заканчивается номер кратким отчетом о подводном эксперименте в Оаху (Гавайские острова), во время которого шестеро акванавтов находились 5 суток в подводной лаборатории «Аэгир» (прежнее название «Хэбитат II»), установленной на глубине 158 м.

В отделе хроники августовского номера журнала (№ 8) опубликована информация о выдаче контракта компании Коллсман Инструмент Корпорейшн в сумме 3,8 млн. долл. на отработку комплекса скоростного автоматического картографирования морского дна (HYSURCH). Комплекс будет состоять из плавучей базы и небольших судов, оборудованных эхолотами, электронно-вычислительными машинами и приемопередающими устройствами. Комплекс рассчитан на картографирование 1000 кв. миль морского дна на глубине 180 м в течение недели. Сообщается о проведении фирмой Дик Эванс Ко 28-дневного эксперимента с пребыванием людей в барокамере под давлением, соответствующем глубине погружения 60 м. Как свидетельствует газета «Хьюстон Кроникл», компания Дж. Рэй Макдермотт, финансирующая этот эксперимент, израсходовала несколько миллионов долларов на сооружение подводного дома, предназначенного для установки на глубине 240 м. Представляет интерес информация об испытаниях в холодной воде индивидуальной замкнутой дыхательной системы Марк 10, рассчитанной на работу в течение шести часов на глубине 460 м при температуре воды минус 2°С. Масса дыхательной системы Марк 10 составляет 27,2 кг, стоимость

одного комплекса 7,4 тыс. долл. Внимание специалистов безусловно привлечет статья, в которой указывается на неудовлетворительное обеспечение спуско-подъемных операций подводных аппаратов. Известно, что наибольшую угрозу для подводного аппарата представляет момент пересечения границы двух сред. Автор статьи предлагает проект плавучего дока грузоподъемностью 50 т (применительно к исследовательской подводной лодке «Алюминот»), который позволит осуществлять спуск и подъем подводного аппарата в притопленном состоянии. В номере публикуется отчет о шестой ежегодной конференции Морского технологического общества США, состоявшейся в конце июня 1970 г. в Вашингтоне. Наиболее интересными были доклады, посвященные строящимся глубоководным аппаратам «Дипстар-20000» с глубиной погружения 6000 м (США), «Аржироне» на 600 м (Франция), «Курисио», «Иомиури», «Скинкай» (Япония). В последних материалах номера рассказывается о выдаче контракта компании Белл Эйрспэйс Дивижн оф Текстрон на постройку 150-тонного амфибийного десанто-высадочного судна на воздушной подушке и о погружениях с научно-исследовательскими целями американского глубоководного аппарата «Дип Квест».

В сентябрьском номере журнала (№ 9) сообщается о постройке японской компанией Кавасаки Индастри подводного аппарата с глубиной погружения 300 м. Длина аппарата составит 6,3 м, водоизмещение 6,6 т, максимальная скорость хода под водой 3,5 уз, экипаж 3 чел., срок окончания постройки — март 1971 г. В настоящее время компания проектирует подводный аппарат с глубиной погружения 1800 м. В отделе хроники помещена информация о спуске на воду первого в США океанографического судна-катамарана, получившего название «Хайес». Длина судна 75 м, ширина 23 м, экипаж 44 чел. (плюс 25 научных сотрудников), стоимость постройки 16 млн. долл. Здесь же сообщается о завершении испытаний американских подводных аппаратов «Си Клифф» и «Тёртл», во время которых они погружались на глубину 2000 м. Далее публикуется информация о введении в строй подводного аппарата «Дипстар-2000» с глубиной погружения 760 м и обслуживающего его судна — катамарана «Мидуайф». В статье, посвященной проблемам бурения нефтяных скважин в море, помещена фотография сферической погружающейся капсулы, созданной компанией Локхид Оффшор Петролеум Сервисез. Капсула рассчитана на глубину погружения 360 м. Большой интерес для специалистов представит обзор работ по освоению морских глубин во Франции. Здесь помещены фотографии макета французского научно-исследовательского центра по изучению океана на 400 ученых, намеченного к введению в строй в 1975 г., снимки крупнейшего французского океанографического судна «Жан Шарко» и подводного автомата, управляемого по проводам, «Теленот» с глубиной погружения 135 м (проектируется аналогичный аппарат с глубиной погружения 540 м). Автор обзора сообщает о проходящих сейчас испытаниях нового французского «ныряющего блюда», рассчитанного на глубину погружения 4,5 км. В конце номера публикуется информация о новых книгах («Справочник по подводным погружениям», «Морское право», «Гидронавтика» и «Дары моря в пищевой промышленности и фармацевтике»).



ИСПЫТАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ РЕФРИЖЕРАТОРНЫХ СУДОВ

В. В. СТЕФАНОВИЧ, Б. В. КОМАРНИЦКИЙ

УДК 621.573.001.4:629.123.44

Суда-фруктово́зы предназначены, как правило, также для перевозки мороженой продукции и поэтому оборудованы воздушными системами охлаждения. Последнее связано прежде всего с необходимостью обеспечить интенсивную циркуляцию воздуха в трюмах. Холодильные установки этих судов рассчитаны на поддержание в трюмах универсального температурного режима — от $+12$ до -18°C .

На современных фруктово́зах применяют преимущественно системы охлаждения следующих типов: вертикальные, горизонтальные, бесканальные и системы типа «Робсон». Опубликованные данные недостаточны для сопоставления и оценки воздушных систем различных типов. С целью определения основных характеристик наиболее распространенных воздушных систем охлаждения и их анализа были проведены испытания на рефрижераторах типов «Ветер» (система «Робсон») и «Матрос Кошка» (горизонтальная система). В результате испытаний были определены скорости воздуха в воздухопроводах и в объеме незагруженного трюма, распределение температуры воздуха и груза по объему трюма и энергетические характеристики систем.

На рис. 1 и 2 показаны принципиальные схемы испытываемых систем охлаждения, скорости воздуха в отдельных их элементах и направления циркуляции воздуха в трюмах. Основные конструктивные и энергетические характеристики систем даны в таблице [1].

Холодильная установка рефрижераторов типа «Ветер» аммиачная, двуступенчатая, рассольная. Осевые вентиляторы трюмов рассчитаны на создание кратности циркуляции воздуха от 40 до 80 в час. Регулирование производительности происходит путем изменения частоты вращения вентиляторов. Воздухоохладители имеют пластинчатые ребра.

На рефрижераторах типа «Матрос Кошка» холодильная установка аммиачная, одноступенчатая, с непосредственным испарением хладагента. Осевые вентиляторы создают кратность циркуляции воздуха в трюмах от 45 до 70 в час. Воздухоохладители гладкотрубные.

Скорость воздуха в трюмах измерялась анемометрами и пневмометрическими трубками. Средняя скорость воздуха в воздухопроводах системы «Робсон» составляла 6,0 м/сек при кратности циркуляции 42 в час. На выходе из распределительных отверстий рыбинсов скорость воздуха достаточно равномерна по всему объему трюма и находится в интервале 0,4—0,6 м/с; на высоте 0,5—0,7 м она уменьшается до 0,3—0,4 м/с. В верхней части трюма (0,7—2,2 м) скорость воздуха увеличивается по мере приближения к всасывающим отверстиям. Циркуляция воздуха по всему объему трюма достаточно равномерная, застойных зон нет.

В воздухопроводах горизонтальной системы средняя скорость воздуха составляла 9,8 м/с при кратности циркуляции 45 в час. При испытаниях заслонки отверстий нагнетательного и всасывающего воздухопроводов (размерами 350×220 мм) были полностью открыты. Скорость воздуха на выходе из отверстий нагнетательного воздухопровода изменялась по мере удаления от вентиляторов от 1,7 до 1,9 м/с. В основном объеме трюма скорость воздуха составляет 0,3—0,45 м/с. Траектории струй воздуха (рис. 2), выходящих из отверстий на начальном участке нагнетательного воздухопровода, довольно сильно отклонены от нормали. Это приводит к появлению застойных зон, указанных на ри-

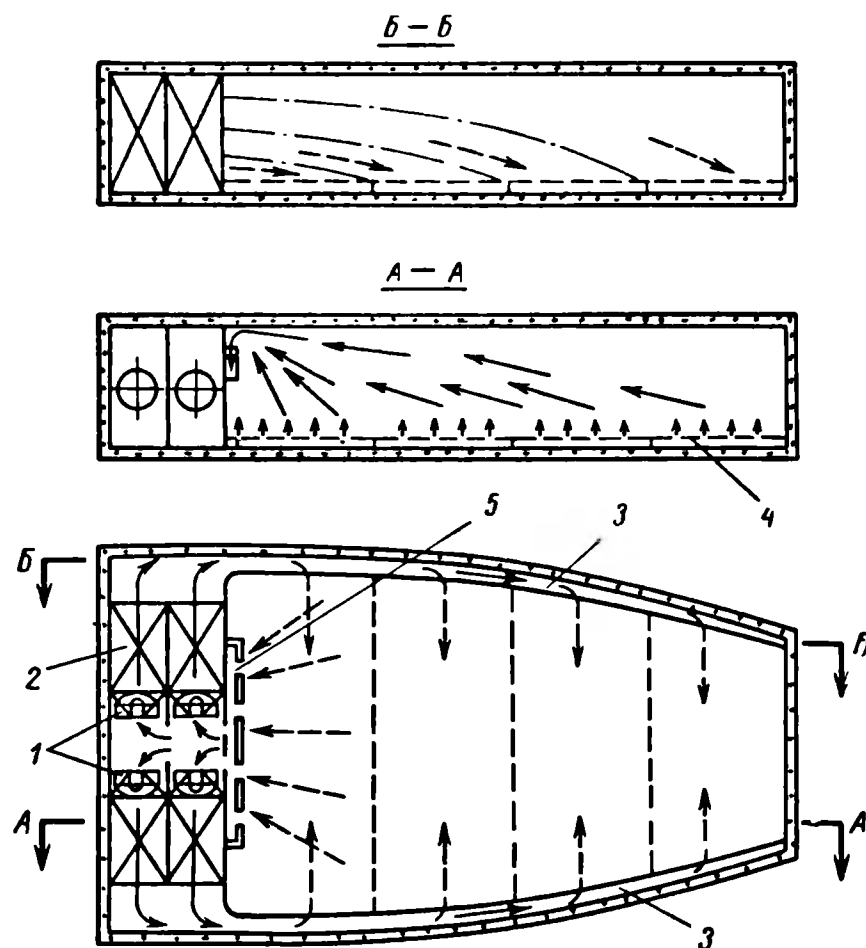


Рис. 1. Схема воздушной системы охлаждения «Робсон». 1 — вентилятор; 2 — воздухоохладитель; 3 — бортовые воздухопроводы; 4 — рыбинсы; 5 — всасывающие отверстия.

сунке, вообще характерных для горизонтальных систем.

Испытания по определению температурных полей в трюмах проводились в процессе предварительного охлаждения трюмов (незагруженный

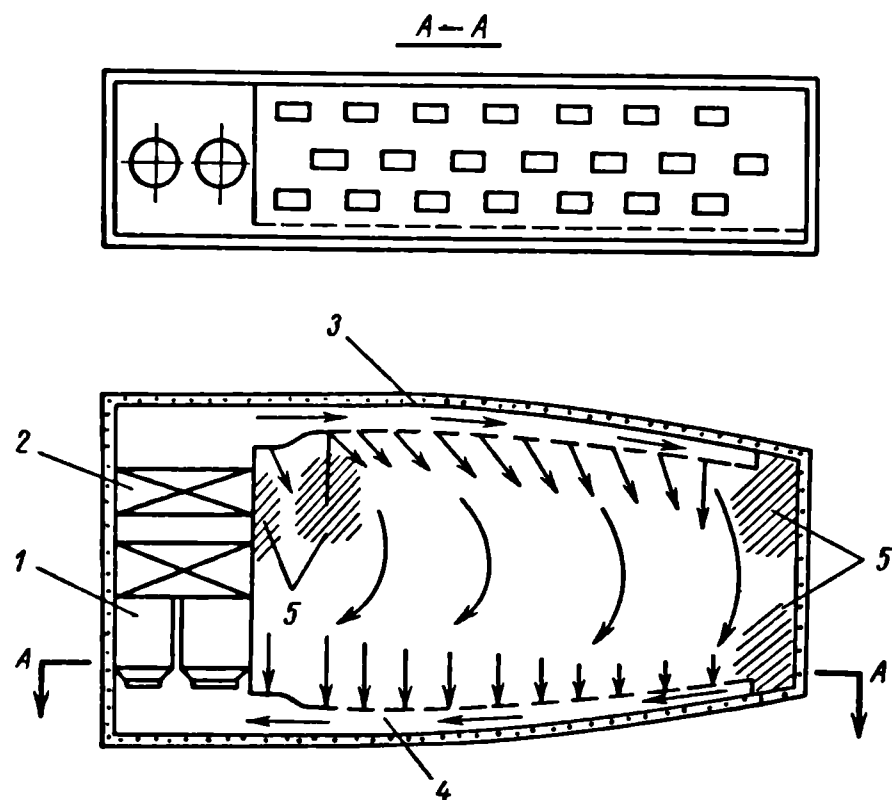


Рис. 2. Схема горизонтальной системы воздушного охлаждения.

1 — вентилятор; 2 — воздухоохладители; 3 — нагнетательный воздухопровод; 4 — всасывающий воздухопровод; 5 — застойные зоны воздуха.

трюм) и при транспортировке мороженой рыбы из района юго-восточной Атлантики в Черное море. Измерения температур проводились медь-константановыми термopарами в 60 точках по объему трюма. Как показали испытания, распределение температур в трюме в значительной степени зависит от типа системы (схемы циркуляции воздуха) и укладки груза. Обычно при перевозке мороженой рыбы груз укладывается достаточно плотно за исключением пространства между подволоком и поверхностью штабеля груза. Конструкция горизонтальной системы и способ укладки, при котором между грузом и подволоком остается довольно значительное свободное пространство (до 200 мм), дают возможность некоторому количеству воздуха проходить из нагнетательного канала во всасывающий, не участвуя в теплообмене с грузом (рис. 3).

Считая, что в процессе теплообмена «воздух—груз» теплоемкость воздуха не изменяется, можно при помощи температурных измерений определить относительное количество байпассируемого воздуха Q [2] и коэффициент воздухораспределения ξ :

$$Q = (L_1 + L_2)(i_2 - i_1) = L_2'(i_3 - i_1);$$

$$\xi = \frac{L_1}{L_1 + L_2} = \frac{i_2 - i_1}{i_3 - i_1} \approx \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_1},$$

где L_1 — количество воздуха, проходящего через груз, кг/ч;

L_2 — количество байпассируемого воздуха, кг/ч.

При испытаниях величина ξ для разных сечений трюма горизонтальной системы колебалась в пределах 0,7—0,8, для системы «Робсон» она приблизительно равна единице.

Воздух, движущийся по двум бортовым нагнетательным воздухопроводам системы «Робсон», не препятствует поступлению наружных теплопритоков в трюм. Трюм горизонтальной системы оборудован одним бортовым нагнетательным воздухопроводом, а воздух, движущийся по всасывающему воздухопроводу вдоль другого борта, выполняет роль «динамической изоляции» и препятствует проникновению тепла непосредственно в грузовое помещение. Скорость воздуха в бортовых воздухо-

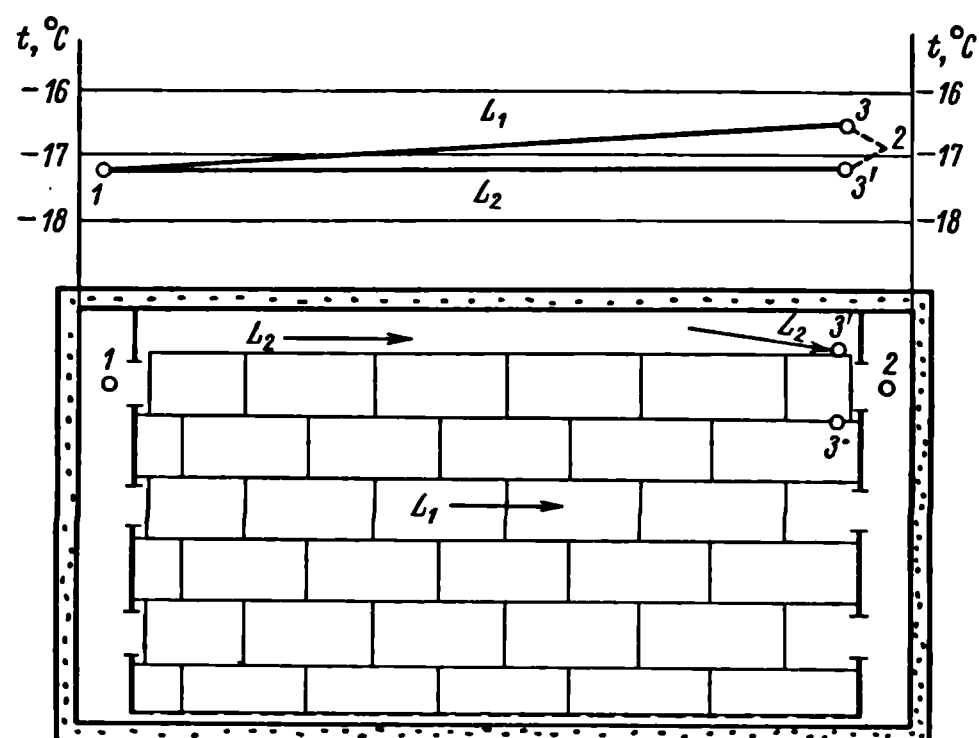


Рис. 3. Схема движения и изменение температуры воздуха в сечении трюма горизонтальной системы.

Название судна	Объем трюмов, м³	Объем испытываемого трюма, м³	Относительный объем воздухопровода, %	Кратность циркуляции воздуха, 1/ч	$\frac{N_{\text{вент}}}{V_{\text{тр}}}, \frac{\text{Вт-ч}}{\text{м}^3}$	$\frac{N_{\text{хол}}}{V_{\text{тр}}}, \frac{\text{Вт-ч}}{\text{м}^3}$	$\frac{N_{\text{реф}}}{V_{\text{тр}}}, \frac{\text{Вт-ч}}{\text{м}^3}$	$\frac{N_{\text{вент}}}{N_{\text{реф}}}, \%$	$v_{\text{ср}}, \text{м/с}$
„Ветер“	8178	743	3,7	42	6,5	24,5	31,0	21	6,0
„Матрос Кошка“	6378	676	3,8	45	12,5	22,3	34,8	36	9,8

Примечание: средняя температура воздуха в трюмах $t_{\text{тр}} = -17^\circ \text{C}$.

$N_{\text{вент}}$ — мощность, потребляемая электродвигателями вентиляторов, Вт-ч;

$N_{\text{хол}}$ — мощность, потребляемая электродвигателями компрессоров, водяных и рассольных насосов, Вт-ч;

$N_{\text{реф}} = N_{\text{вент}} + N_{\text{хол}}$ — расход мощности на систему охлаждения, Вт-ч;

$v_{\text{ср}}$ — средняя скорость воздуха в бортовых воздухопроводах, м/с.

проводах также влияет на температурное поле в трюме, так как при возрастании скорости в канале увеличивается наружный теплоприток.

Как показали испытания, наличие байпасируемого воздуха и более высокие скорости в бортовых воздухопроводах горизонтальной системы оказывают большее влияние на изменение температурного поля в трюме, чем компенсация теплопритока с одного борта. Поэтому, как видно из графиков на рис. 4 и 5, температурное поле в трюме системы «Робсон» более равномерно, чем в трюме, оборудованном горизонтальной воздушной системой. Обратная картина наблюдается при незагруженном трюме, когда байпасирование воздуха отсутствует (рис. 4 и 5). Наибольшая разность температур в теле рыбы (на глубине 100 мм) для основной массы груза составляла $1,2^\circ\text{C}$ для системы «Робсон» и $1,4^\circ\text{C}$ для горизонтальной системы. В незагруженном трюме максимальная разность температур воздуха составляла соответственно 1,0 и $0,8^\circ\text{C}$. Необходимо учесть, что в застойных зонах горизонтальной системы температура в теле рыбы на $0,8$ — $1,0^\circ\text{C}$ выше средней температуры основной массы груза.

Как указывалось выше, при испытаниях были определены некоторые энергетические характеристики систем, приведенные в таблице — потребляемая мощность вентиляторов и холодильной установки в целом, отнесенные к объему охлаждаемых помещений. Значения относительной потребляемой мощности вентиляторов $\frac{N_{\text{вент}}}{V_{\text{тр}}}$ ниже у горизонтальной системы, поскольку в данном случае она обладает увеличенной кратностью циркуляции и повышенными скоростями воздуха в системе. Что касается величины относительной потребляемой мощности холодильной установки $\frac{N_{\text{хол}}}{V_{\text{тр}}}$, то она выше для горизонтальной системы, так как на судне применена система непосредственного испарения.

Как видно из таблицы, доля мощности, потребляемая вентиляторами, в общем расходе мощности довольно велика. С учетом того, что тепловой эквивалент работы вентиляторов должен компенсироваться холодильной установкой, мощность, потребляемая всей воздушной системой, равна

$$N_{\text{сист}} = N_{\text{вент}} + \frac{N_{\text{вент}}}{\epsilon_d} = N_{\text{вент}} \left(1 + \frac{1}{\epsilon_d} \right),$$

где ϵ_d — действительный холодильный коэффициент, т. е. энергетические показатели воздушных систем в значительной степени зависят от действительного холодильного коэффициента ϵ_d .

Эксплуатация воздушных систем в процессе испытаний показала, что системы достаточно надежны в работе. Их положительным качеством является возможность регулирования подачи воздуха, а следовательно, и температуры в различных частях трюма. Изменением производительности вентиляторов и холодопроизводительности установки можно довольно точно поддерживать заданный температурный режим в трюмах, что важно особенно в судовых условиях. Оттаивание воздухоохладителей происходит быстро (за 2—4 ч), температура груза при этом практически не повышается. Сред-

няя разность между средней температурой груза и температурой испарения составляла $10,0^\circ\text{C}$ для системы «Робсон» и $7,5^\circ\text{C}$ для горизонтальной системы. Испытания также показали, что повышение кратностей циркуляции воздуха (свыше 45) нецелесообразно, поскольку при неизменной холодопроизводительности установки происходит повышение температуры груза в трюме.



Рис. 4. Изменение температуры воздуха и груза по длине трюма.

1 — трюм системы «Робсон»; 2 — трюм горизонтальной системы;
— температура груза; - - - температура воздуха в незагруженном трюме.

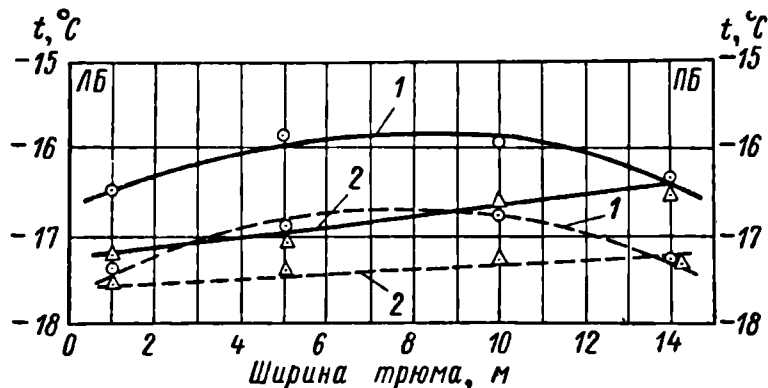


Рис. 5. Изменение температуры воздуха и груза в среднем поперечном сечении трюма.

1 — трюм системы «Робсон»; 2 — трюм горизонтальной системы;
— температура груза; - - - температура воздуха в незагруженном трюме.

На основании проведенных испытаний можно сделать следующие выводы:

1. Рассматриваемые воздушные системы охлаждения обладают значительно более равномерным распределением температур, чем, например, рассольная гладкотрубная система.

2. Горизонтальной системе охлаждения свойственно образование застойных зон и байпасирование воздуха в загруженном трюме, что приводит к большей неравномерности температур в трюме, чем в случае системы «Робсон».

3. Применение холодильных установок с высокими действительными холодильными коэффициентами значительно улучшает энергетические характеристики системы охлаждения и рефрижераторной установки в целом, как например, применение непосредственного испарения хладагента.

4. Эксплуатация воздушных систем показала их достаточную надежность в работе и возможность гибкого регулирования температуры в трюмах.

ЛИТЕРАТУРА

- Добровольский А. П. Теплотехнические испытания судовых холодильных установок. Изд-во «Судостроение», 1965.
- Lorentzen G. Annexe 1962—3 au Bulletin de L'Institut International du Froid 1963, стр. 99—120.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ВИНТОВЫХ КОМПРЕССОРОВ В СУДОВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИНАХ

В. И. ВЕДАЙКО, Б. Л. ГРИНПРЕСС,
Г. Ф. БЕРДОНОВ, В. И. ПЕКАРЕВ

УДК 621.515.4:629.12

В последние годы большое развитие получил новый тип ротационной компрессорной машины объемного сжатия — винтовой компрессор. В судостроении он используется в качестве машин, входящих в состав холодильных агрегатов, установок для кондиционирования воздуха, питания систем пневмоавтоматики, наддува судовых дизелей, распыливания топлива в котлах и т. д. [1], [2].

По процессу сжатия винтовые компрессоры имеют две модификации: «сухого» и «мокрого» сжатия (с впрыском охлаждающей жидкости в рабочую полость). Довольно распространенным типом в настоящее время в зарубежной холодильной технике является винтовой компрессор с впрыском масла в рабочую полость (маслозаполненный компрессор).

Впрыск масла в рабочую полость компрессора дает возможность осуществить интенсивный отвод тепла от сжимаемого газа, значительно снизить его температуру, а также уменьшить протечки со стороны нагнетания на сторону всасывания. Поэтому маслозаполненный винтовой компрессор выполнен с меньшими зазорами, чем компрессор сухого сжатия и имеет значительно меньшую окружную скорость роторов. Последнее позволило осуществить непосредственное соединение компрессора с электродвигателем без применения мультипликатора. Достигнута также степень сжатия газа в одной ступени до 12—20 при относительно небольшой температуре нагнетания. Кроме того, впрыск масла делает возможным непосредственный контакт зубьев роторов, ввиду небольших усилий при передаче крутящего момента от ведущего ротора к ведомому, и позволяет отказаться от шестерен связи, синхронизирующих вращение роторов в машинах сухого сжатия. И, наконец, наличие большого количества масла в рабочей полости компрессора и допускаемая сравнительно низкая частота вращения способствуют значительному снижению шума, поэтому не требуется установка глушителей шума на всасывании и нагнетании, необходимых в машинах сухого сжатия.

Маслозаполненные винтовые компрессоры за рубежом серьезно конкурируют с другими типами компрессоров, применяемыми в холодильной технике, поэтому необходимо для сравнения остановиться на особенностях их работы.

На рис. 1 и 2 показаны кривые изменения объемного к. п. д. и температуры нагнетаемого газа как функции отношения абсолютных давлений компрессоров различных типов. Как видно из диаграммы рис. 2, с повышением степени сжатия кривая

поршневого компрессора быстрее снижается, чем у винтового. Это объясняется наличием у поршневого компрессора вредного пространства, которое у винтового отсутствует [3].

На рис. 3 даны кривые адиабатического к. п. д. поршневого и винтового компрессоров для аммиака, как функции отношения абсолютных давлений. Из диаграммы видно, что винтовой компрессор имеет довольно высокий и устойчивый к. п. д. в широком диапазоне изменения отношений давлений за счет отсутствия вредного пространства, дроссельных потерь, подогрева газа и наличия низкой температуры нагнетаемого газа. Таким образом, как следует из графиков, винтовой компрессор предпочтительнее поршневого. По эксплуатационным характеристикам, которые особенно важны для судовых машин, винтовой компрессор имеет также следующие преимущества:

- отсутствуют детали с возвратно-поступательным движением и возможна работа при высоких частотах вращения, благодаря чему уменьшены габариты и вес;

- полная уравновешенность позволяет отказаться от громоздкого фундамента, т. е. снижается вес установки;

- высокая степень повышения давления в одной ступени способствует уменьшению числа ступеней, габаритов и веса установки;

- достигнута высокая надежность работы и большой моторесурс за счет отсутствия клапанов и поршневых колец (зарубежные фирмы дают срок безаварийной работы холодильного маслозаполненного винтового компрессора до 40 000 ч);

- простота конструкции и возможность экономичного автоматического плавного регулирования холодопроизводительности в широком диапазоне (до 10% от номинальной).

Машины газодинамического сжатия (турбокомпрессоры) пока не нашли применения в судовых холодильных установках, однако возможность их использования в цикле воздушной холодильной машины представляет большой интерес. При высокой частоте вращения можно получить весьма компактные установки сравнительно небольшого веса [4]. К недостаткам турбокомпрессоров можно отнести их неустойчивую характеристику, нестабильность газового потока на различных режимах работы и наличие помпажных зон.

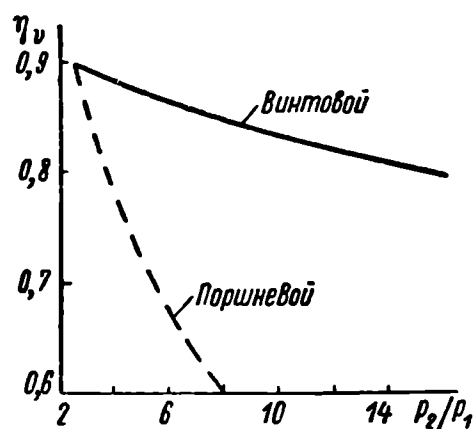


Рис. 1. Изменение коэффициента подачи поршневого и винтового компрессоров в зависимости от степени сжатия.

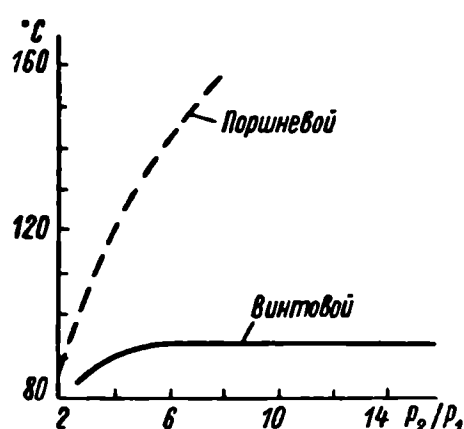


Рис. 2. Изменение температуры нагнетания поршневого и винтового компрессоров в зависимости от степени сжатия.

К недостаткам маслозаполненных винтовых компрессоров можно отнести необходимость установки маслосборника и маслоотделителя для отделения масла от сжимаемого газа. Однако опыт эксплуатации зарубежных холодильных машин с маслозаполненными винтовыми компрессорами показывает,

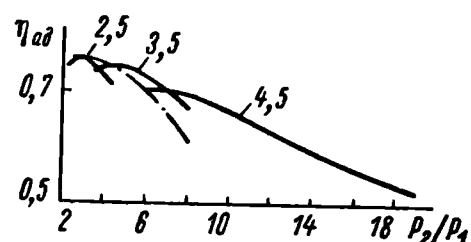


Рис. 3. Изменение адиабатического к.п.д. поршневого и винтового компрессоров в зависимости от степени сжатия.
— винтовой (внутренняя степень сжатия 2,5; 3,5; 4,5); — поршневой.

что этот недостаток с успехом может быть устранен. Испытания экспериментального винтового компрессора, проведенные Ленинградским технологическим институтом холодильной промышленности (ЛТИХП), показали, что унос масла в систему наблюдается не больший, чем в холодильных машинах с поршневым компрессором.

Применение «сухого» двухступенчатого компрессора в холодильных машинах дает ряд преимуществ, так как отсутствие масла в системе сокращает теплопередающую поверхность аппаратов, поэтому вес холодильной машины в целом может значительно уменьшиться. Кроме этого, упрощается обслуживание холодильной машины, поскольку отпадает необходимость контролировать выпуск масла из аппаратов. Однако в настоящее время исследованием «сухих» холодильных компрессоров как за рубежом, так и у нас в стране не занимаются — это вопрос будущего.

Длительное время развитие винтовых компрессоров, их серийное изготовление сдерживалось отсутствием специальной оснастки, обеспечивающей получение высокой точности при нарезке роторов. Однако в настоящее время на заводах, серийно изготавливающих винтовые компрессоры, созданы такая оснастка и инструмент.

Отечественной промышленностью разработан ряд маслозаполненных воздушных винтовых компрессоров ВК11, 13ВК, 14ВК, 17ВК. Компрессоры ВК11 и 14ВК выпускаются серийно (а компрессоры 13ВК и 17ВК находятся в стадии доводки). Пересчет характеристик этих компрессоров показывает, что при внесении определенных конструктивных изменений они могут быть использованы для работы в судовых холодильных установках на следующую холодопроизводительность (ккал/ч) при стандартных условиях:

Таблица 1

Условия пересчета	Марка компрессора		
	14ВК	11ВК	13ВК
Холодопроизводительность на аммиаке при $t_0 = 15^\circ \text{C}$; $t_k = -30^\circ \text{C}$, ккал/ч	260 000	660 000	800 000

В целях повышения технического уровня винтового компрессоростроения, упорядочения и удешевления производства и сокращения номенклату-

ры выпускаемых винтовых машин разработаны нормативные материалы, содержащие сведения о типаже винтовых компрессоров, параметрах ряда компрессоров и типоразмерном ряде винтов. Типаж предусматривает ряд производительностей (4; 6,3; 10; 16; 25; 40 м³/мин) для маслозаполненных винтовых компрессоров, предназначенных для сжатия воздуха и близких к нему по физическим константам газов.

Проведенные в последнее время теоретические исследования показали отсутствие принципиальных различий в конструкции и расчетах маслозаполненных компрессоров для сжатия воздуха и наиболее распространенных агентов в холодильных установках на судах (аммиака и фреонов Ф-22 и Ф-12) [5].

Различие состоит лишь в следующем:

— в выборе оптимальных значений окружных скоростей в зависимости от рабочих тел, которые для NH₃, Ф-22 и Ф-12 незначительно отличаются от воздуха (у последнего оптимальные значения окружных скоростей находятся в пределах 40 ÷ 50 м/с);

— в определении коэффициента подачи компрессора, который при сжатии различных рабочих тел можно подсчитать по уже отработанной методике расчета протечек на воздухе с введением необходимых поправок на тот или иной сжимаемый хладагент;

— в определении марки и количества впрыскиваемого масла при сжатии различных хладагентов.

При проектировании винтовых холодильных компрессоров можно использовать опыт расчета, проектирования и эксплуатации воздушных винтовых компрессоров. Это показала и разработка первого отечественного проекта холодильного маслозаполненного винтового компрессора для сжатия аммиака АВК-400, предназначенного для замены холодильного поршневого компрессора АУУ-400, часто применяемого в холодильных установках на судах. Ниже приведены характеристики компрессоров АУУ-400 и АВК-400.

Анализ данных табл. 2 показывает, что при конструировании компрессора АВК-400 использованы преимущества маслозаполненного винтового компрессора перед поршневым, что дало возможность выполнить АВК-400 одноступенчатым и, следовательно, уменьшить его габариты и вес. По энергетическим показателям компрессор АВК-400 не уступает поршневому.

Развитие отечественного рефрижераторного флота настоятельно требует создания судовой холодильной машины с винтовым компрессором, так как он обладает рядом неоспоримых преимуществ перед другими типами компрессоров. Это подтверждается опытом эксплуатации зарубежных холодильных машин с винтовым компрессором, а также исследованиями, проведенными в ЛТИХП.

Основными областями применения маслозаполненных винтовых компрессоров в холодильных машинах на судах являются:

1. Низкотемпературные одноступенчатые холодильные машины для морозильных камер, работающие на аммиаке и Ф-22 в наиболее распространенном диапазоне температур от $t_0 = -40 \div -42^\circ \text{C}$ до $t_k = +35 \div +38^\circ \text{C}$.

Таблица 2

Характеристики	Компрессоры	
	АУУ-400	АВК-400
Холодопроизводительность при $t_0 = -15^\circ\text{C}$; $t_k = +30^\circ\text{C}$, ккал/ч	$400 \cdot 10^3$	$400 \cdot 10^3$
Рабочее тело	аммиак	аммиак
Мощность, потребляемая компрессором при $t_0 = -15^\circ\text{C}$; $t_k = +30^\circ\text{C}$, кВт	133	130,5
Смазочное масло	X30	веретенное АУ
Частота вращения привода, об/мин	960	2940
Масса, кг:		
компрессора	2700	800
компрессорной установки	5800	3500
Температура нагнетания, $^\circ\text{C}$	140	75
Удельная мощность, кВт/(ккал/ч)	$0,333 \cdot 10^{-3}$	$0,326 \cdot 10^{-3}$
Габариты компрессора, мм:		
длина	1450	1000
ширина	1550	600
высота	1260	590
Габариты установки, мм:		
длина	3410	2700
ширина	1550	1000
высота	1260	2250

2. Среднетемпературные холодильные машины для производства льда, работающие на аммиаке и Ф-22 в наиболее распространенном диапазоне температур от $t_0 = -25^\circ\text{C}$ до $t_k = +35 \div +38^\circ\text{C}$.

3. Холодильные машины для кондиционирования воздуха, работающие на Ф-12 и Ф-22 в наиболее распространенном диапазоне температур от $t_0 = 0$ до $t_k = +35 \div +38^\circ\text{C}$.

Остановимся подробнее на применении компрессоров в низкотемпературных одноступенчатых холодильных установках, где особенно очевидны преимущества винтового маслозаполненного компрессора перед поршневым.

Анализ проектов рыболовных судов отечественной постройки последних лет показывает, что для низкотемпературных холодильных установок с диапазоном температур от $t_0 = -40 \div -42$ до $t_k = +35 \div +38^\circ\text{C}$ применяются либо двухступенчатые поршневые компрессоры, из которых наиболее распространенными являются ДАУ-50 и ДАУ-80, или в качестве I ступени — РАБ300, а II ступени — поршневой компрессор АУУ-400 или АУУ-200. Винтовой маслозаполненный компрессор на этот диапазон температур может быть одноступенчатым.

На рыболовных судах наметилась тенденция к автономному поддержанию температуры в различных отсеках и камерах, а следовательно, и использованию необходимого количества компрессоров, но с небольшими значениями холодопроизводительностей. Например, при $t_0 = -40$ и $t_k = +35^\circ\text{C}$ на аммиаке холодопроизводительность поршневого компрессора ДАУ-50 составляет 38 000 ккал/ч, а ДАУ-80 — 80 000 ккал/ч. Винтовые компрессоры

на эти холодопроизводительности должны иметь производительность по всасыванию для аммиака и Ф-22 при $t_0 = -40^\circ\text{C}$, $t_k = +35^\circ\text{C}$ 5 и 10 м³/мин, соответственно.

В настоящее время весьма актуальной является необходимость создания для отечественных холодильных установок винтовых компрессоров холодопроизводительностью 100 000, 200 000 и 400 000 ст. ккал/ч.

Винтовые компрессоры уже нашли применение в холодильных машинах на рыболовных судах, построенных по заказу Советского Союза зарубежными фирмами. Например, на транспортных рефрижераторах типа «Прибой», «Крымские горы», рыбообрабатывающих базах типа «Рыбацкая слава» и других применяются винтовые компрессоры марки S-64 шведской фирмы Сталь. Опыт эксплуатации этих винтовых компрессоров показал их надежную работу и целесообразность более широкого внедрения на суда.

Выводы

1. Винтовые маслозаполненные компрессоры по своим техническим характеристикам не уступают компрессорам других типов, применяемым в судовых холодильных машинах, а по весо-габаритным и эксплуатационным характеристикам (особенно по моторесурсу) намного превосходят их.

2. Эксплуатация зарубежных винтовых компрессоров, установленных на судах отечественного рефрижераторного флота, подтвердила целесообразность их применения.

3. В Советском Союзе накоплен большой опыт по созданию отечественных маслозаполненных воздушных компрессоров. Серийно выпускаемые винтовые компрессоры по своим техническим характеристикам стоят на уровне лучших зарубежных образцов.

4. Маслозаполненные холодильные винтовые компрессоры принципиально не отличаются по конструкции и методам расчета от маслозаполненных воздушных винтовых компрессоров и, следовательно, имеются все предпосылки для их создания.

5. Наиболее перспективным в настоящее время является применение маслозаполненных винтовых компрессоров в низкотемпературных одноступенчатых, среднетемпературных холодильных установках и в холодильных установках для кондиционирования воздуха.

6. В настоящее время назрела необходимость создания для отечественных холодильных установок винтовых компрессоров стандартной холодопроизводительностью 100 000, 200 000 и 400 000 ккал/ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сакун И. А. Винтовые компрессоры, Машгиз, 1960.
2. Андреев П. А. Винтовые компрессорные машины. Л., Судпромгиз, 1961.
3. Lundvik Bertil. Skruvkompressorn inom kyltekniken en jämförelse med andra kompressor typer, Kjøletekn og fryserinaer, 1968, т. 20, № 1, 13—20.
4. Добровольский А. П. Судовые холодильные машины и установки. Изд-во «Судостроение», 1969.
5. Кошкин Н. Н. и Пекарев В. И. Испытания холодильного винтового компрессора. «Холодильная техника», 1969, № 8.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ИЗОЛЯЦИИ ГРУЗОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ РЕФРИЖЕРАТОРОВ

А. С. МАРТЬЯНОВ

УДК 629.123.44.014.51.001.4:536.2.022

Одной из составных частей комплекса теплотехнических испытаний судовой холодильной установки, проводимых в соответствии с требованиями Регистра СССР, является испытание изоляции грузовых охлаждаемых помещений, термические свойства которой оценивают значением осредненного коэффициента теплопередачи $K_{ср}$ [1]. В настоящее время значения $K_{ср}$ определяют одним из двух методов.

По первому методу их вычисляют по измерениям, полученным при испытании с установившимся тепловым режимом в грузовых охлаждаемых помещениях. Этот метод основан на балансе между теплом, поступающим в охлаждаемое помещение через изолирующие ограждения, и холодом, подводимым от холодильной машины, за вычетом потерь от дополнительных источников тепла (вентиляторов, освещения охлаждаемых помещений и др.).

Из уравнения баланса значения $K_{ср}$ в ккал/(м²·ч·град) определяется как

$$K_{ср} = \frac{Q_T}{F \cdot \Delta t_{ср}},$$

где Q_T — количество тепла, поступающего в охлаждаемое помещение в час через изолирующие ограждения, ккал/ч;

F — суммарная поверхность изолирующих ограждений, м²;

$\Delta t_{ср}$ — осредненная разность температур между охлаждаемым помещением и за его изолирующими ограждениями, °С.

Второй метод определения $K_{ср}$, который начали применять в последние годы в зарубежной практике испытаний судовых холодильных установок, предложен Ниманом [2].

Этот метод, называемый «твинтест», позволяет определять значение $K_{ср}$ в условиях нестационарного теплового режима в охлаждаемом помещении. В основу расчета положена экспоненциальная зависимость изменения температуры среды, обогреваемой через плоскую стенку другой средой, температура которой остается постоянной. Испытания по этому методу проводятся в два приема.

На первом этапе помещение, изоляция которого испытывается, охлаждается до некоторой температуры t_T , затем охлаждение прекращается. Происходит обогрев помещения в течение времени z за счет теплопритоков через изолирующие ограждения, при этом температура в помещении повысится до значения t'_T .

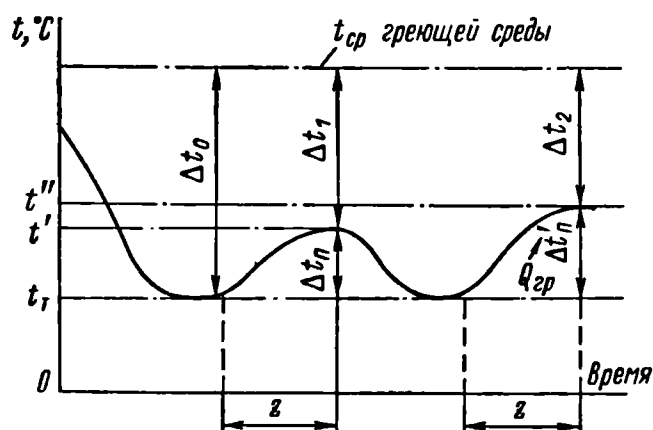


График изменения температуры внутри помещения при втором методе испытания.

На втором этапе испытываемое помещение повторно охлаждают до температуры t_T и нагревают его в течение такого же времени z теплом, поступающим через изолирующие огра-

ждения, а также подводимым в помещение от специальной тарированной грелки ($Q_{гр}$). В конце нагревания температура в испытываемом помещении поднимается до значения t'_T . График изменения температуры внутри испытываемого помещения в процессе его охлаждения и нагревания показан на рисунке.

Значение осредненного коэффициента теплопередачи по этому методу вычисляется из уравнения

$$K_{ср} = \frac{Q_{гр}}{F} \frac{\Delta t_n}{\Delta t_0 \cdot \Delta t'_n - \Delta t'_0 \cdot \Delta t_n},$$

где $Q_{гр}$ — количество тепла, подводимого в помещение от тарированной грелки за час, ккал/ч;

F — суммарная площадь изолирующих ограждений помещения, м²;

Δt_0 и $\Delta t'_0$ — разность температур между греющей средой и внутри помещения соответственно в начале первого и второго подогревов, °С;

Δt_n , $\Delta t'_n$ — повышение температуры внутри испытываемого помещения соответственно в первом и втором подогревах, °С.

В условиях испытаний температура внешних сред (наружного воздуха, забортной воды и т. д.) обычно не одинакова, поэтому при вычислении значения $K_{ср}$, как по первому, так и по второму методу, ее осредняют по соответствующим поверхностям изоляционных ограждений

$$t_{ср} = \frac{\sum t_i F_i}{\sum F_i},$$

где t_i — средняя за период испытания температура среды, измеренная за изолирующим ограждением с поверхностью F_i .

Сопоставление результатов определения $K_{ср}$ двумя методами

Тип судна	Значения осредненного коэффициента теплопередачи	
	по первому методу	по второму методу
I	0,46	—
II	0,48	0,51
III	0,48	0,50
IV	0,60	0,59
V	0,73	0,66
VI	0,77	0,61
VII	0,63	0,66

Первый метод определения осредненного коэффициента теплопередачи получил большее распространение в связи с тем, что он дает более точные результаты, так как процесс передачи тепла в этом случае рассматривается не так упрощенно, как при втором методе испытаний. Вместе с тем, этот метод весьма трудоемок, требует значительного времени на испытания и, кроме того, сложен в определении таких опытных величин, как количество тепла, поступающего в помещение через изоляционные ограждения. Часто возникают некоторые погрешности в их определении и, в конечном итоге, это понижает достоверность значений $K_{ср}$.

Второй метод определения осредненного коэффициента теплопередачи в основе своей представляет процесс передачи тепла с более существенными упрощениями, что естественно снижает точность получаемых характеристик.

Вместе с тем, как показали опыты, проведенные Гасснером [2] при испытаниях изоляции охлаждаемых помещений некоторых типов рефрижераторных судов первым и вторым методами, расхождения в значениях $K_{ср}$ невелики (см. таблицу).

Учитывая, что испытания по второму методу менее трудоемки, а также то обстоятельство, что в нем существенно проще определяются все измеряемые величины, этот метод

определения $K_{ср}$ в целом ряде случаев можно считать предпочтительным.

Оба метода испытаний предполагают определенные упрощения процессов передачи тепла и, кроме того, как показывает анализ, само осреднение коэффициента теплопередачи дает погрешность, хотя и незначительную. Поэтому опытные значения $K_{ср}$ имеют всегда отклонения от их действительных значений.

С целью выяснения возможных предельных отклонений $K_{ср}$, получаемых при испытаниях указанными методами, весьма желательно проведение серии испытаний судовых изоляционных конструкций с помощью малоинерционных теплоте-

ров. Такие испытания позволят и уточнить методику расчета судовых изоляционных конструкций, поскольку в них могут быть наиболее точно определены не только $K_{ср}$, но и локальные значения коэффициентов теплопередачи для различных узлов изоляционных конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добровольский А. П. Теплотехнические испытания судовых холодильных установок. Изд-во «Судостроение», 1965.

2. Volker Gaßner. Methoden zur Bestimmung der mittleren Wärmedurchgangszahl der Isolierung von Ladekühlräumen. «HANSA», Nr 12/13, 1958.

ПО СТРАНИЦАМ КНИГ

Бирюк В. С. Судовые дымовые трубы. Изд-во «Судостроение», Л., 1970, 208 с., цена 77 коп. Общие сведения о судовых дымовых трубах: назначение, классификация, основные требования к ним и размещение труб на судах. Вопросы проектирования и конструкций дымоходов, газовыпускных трубопроводов и дымовых труб, глушителей и искрогасителей. Указания по расчету воздушных сопротивлений, определению диаметров труб и компенсации тепловых расширений, по использованию в системе вентиляции машинно-котельного отделения кожуха дымовой трубы. Патенты на дымовые трубы. Вопросы эксплуатации судовых дымовых труб, дымоходов и газовыпускных трубопроводов. Книга предназначена для инженерно-технических работников конструкторских бюро и заводов судостроительной промышленности, для студентов и преподавателей вузов и техникумов.

Блинов Б. Д. и Гальперович Л. Г. Монтаж судовых дизельных установок. Изд-во «Судостроение», Л., 1970, 370 с., цена 1 руб. 26 коп. Вопросы монтажа главных судовых дизелей, дизель-генераторов и вспомогательных механизмов дизельных установок. Подготовка машинного отделения к погрузке, центровке и установке дизелей на жестком фундаменте и амортизаторах, к монтажу соединительных муфт. Швартовые и ходовые испытания. Книга рассчитана на инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, постройкой, эксплуатацией и ремонтом судовых дизельных установок, и студентов кораблестроительных и других высших и средних учебных заведений.

Денисов В. В. и Мамсуров А. Х. Статические преобразователи в судовых электроустановках. Изд-во «Судостроение», Л., 1970, 200 с., цена 74 коп. Актуальные вопросы применения статических полупроводниковых преобразователей постоянного тока в судовых электроэнергетических системах. Физические основы работы силовых полупроводниковых вентилей, их важнейшие характеристики, основы теории работы выпрямителей, описание конкретных схем преобразователей со схемами управления, защиты и сигнализации. Вопросы конструкции полупроводниковых преобразователей. Книга предназначена для инженеров, работающих в организациях, связанных с проектированием судового электрооборудования, и для студентов высших технических заведений.

Зелинченко А. Я. Современная технология постройки корпусов речных судов. Изд-во «Судостроение», Л., 1970, 244 с., цена 92 коп. Современные технологические процессы постройки стальных корпусов речных судов. Вопросы подготовки производства, изготовления корпусных деталей, сборки и сварки узлов и секций корпусов речных судов, стапельной сборки и сварки. Методы расчета и обоснования экономической эффективности внедрения новых технологических процессов и средств механизации. Книга предназначена для инженерно-технических работников судостроительных предприятий и студентов высших учебных заведений Министерства речного флота РСФСР и кораблестроительных вузов.

Иванов Н. Ю. Цвет на судне. Изд-во «Судостроение», Л., 1970, 88 с., цена 31 коп. Вопросы рационального цветового оформления судовых помещений, выбор краски наружных поверхностей и использование цвета на судне с сигнально-предупреждающими целями. Брошюра рассчитана на архитекто-

ров и художников, а также работников судостроительных и судоремонтных заводов, непосредственно связанных с цветовым оформлением судна. Книга может быть полезна экипажам судов при подборе колеров и выполнении малярных работ.

Коваленко В. Ф. и Лукин Г. Я. Судовые водоопреснительные установки. Изд-во «Судостроение», Л., 1970, 304 с., цена 1 руб. 10 коп. Современные типы судовых дистилляционных опреснителей. Их схемы и конструкции, методы увеличения экономичности, интенсификации рабочих процессов и вопросы проектирования. Современные представления о механизме кипения и образования накипи, впервые приведенные данные о теплопроводности накипи и ее зависимости от условий формирования. Книга рассчитана на инженерно-технических работников флота и судостроительной промышленности и студентов соответствующих специальностей.

Куликовская Е. Л. Защита от действия радиоволн. Изд-во «Судостроение», Л., 1970, 152 с., цена 48 коп. Методы определения интенсивности радиочастотного излучения. Данные обследования условий и характера облучения персонала, занятого изготовлением и эксплуатацией установок высокой и сверхвысокой частоты, методы защиты от облучения в условиях судостроительных заводов, на морских судах и береговых радиоцентрах.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников и средний технический персонал научно-исследовательских институтов, заводов судостроительной промышленности и морского транспорта, работников техники безопасности и санитарии, а также может быть полезна учащимся радиотехнических факультетов высших и средних технических учебных заведений.

Мещанинов П. А. Автоматизация судовых электроэнергетических систем. Изд-во «Судостроение», Л., 1970, 368 с., цена 1 руб. Основы теории и комплекс устройств системной автоматики судовых электроэнергетических систем: возбуждения и гашения поля синхронных генераторов, автоматического регулирования возбуждения и частоты с распределением реактивной и активной нагрузок, автоматической синхронизации, автоматической разгрузки и включения резерва, релейной защиты, а также управления. Методика и примеры практических расчетов устройств автоматики. Книга предназначена для студентов вузов в качестве учебного пособия по специальности «Электрооборудование судов», а также может быть полезна инженерам и аспирантам соответствующей специальности.

Никифоров О. А. Повышение эффективности масляных систем быстроходных судовых дизелей. Изд-во «Судостроение», Л., 1970, 224 с., цена 86 коп. Вопросы снижения износа и уменьшения нагаро-лакоотложений в отечественных быстроходных судовых дизелях за счет повышения эффективности их масляных систем. Анализ конструкций масляных систем, основные сорта масел с присадками и классификация средств очистки циркуляционного масла. Современные методы контроля за состоянием работающего в дизеле масла. Конкретный материал по подбору масел с эффективными присадками по эффективности различных средств его очистки и по выбору некоторых параметров масляных систем дизелей. Книга рассчитана на инженерно-технических работников судостроения, дизелестроения и студентов кораблестроительных и транспортных вузов.



О РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ С ТУРБОНАДДУВОМ

УДК 621.431.74

Ф. М. ЕЛИСТРАТОВ, Г. И. БЕЛУГИН

На режим работы главного судового двигателя оказывают существенное влияние многочисленные эксплуатационные факторы. На основе анализа статистических данных по режимам работы главных двигателей 10 серий судов различных типов авторам данной статьи удалось определить обобщенную статистическую зону возможных в условиях эксплуатации режимов (рис. 1), охватывающую достаточно широкий диапазон изменения нагрузок (от 0,65 до 1,1 $P_{ном}$) при частоте вращения гребного вала (0,8 ÷ 1,05) $n_{ном}$. При этих условиях крутящий момент, развиваемый двигателем, может достигать значений, на 10—20% превосходящих номинальный, при сниженной частоте вращения вплоть до 90% от номинального значения.

В последние годы на судах транспортного флота преимущественное применение находят мощные малооборотные двухтактные дизели со «свободным» газотурбинным наддувом. Однако даже применение прогрессивных систем импульсного турбонаддува вследствие тепловой и механической напряженности не обеспечивает требуемого диапазона рабочих режимов. В результате возникает необходимость назначения ограничительных характеристик для каждого конкретного дизеля и движительного комплекса.

Например, для малооборотных дизелей назначаются ограничительные характеристики по коэффициенту избытка воздуха α . Однако этот параметр не в полной мере учитывает тепловую напряженность цилиндров, поршней и турбоагрегата в целом и механическую напряженность деталей движения. Кроме того, в условиях эксплуатации судовых дизелей соблюдение ограничительных характеристик чрезвычайно затруднительно. Об этом свидетельствуют статистические данные (рис. 1). Около 25% площади диаграммы занимают точки фактических режимов за ограничительной характеристикой $\alpha = \text{const}$. В этих условиях неизбежны аварийные износы поршневых колец, цилиндрических втулок, растрескивание металла заливки головных подшипников и т. п. Для предотвращения подобных явлений в судостроении обычно прибегают к применению дизелей с избыточной мощностью, либо

к использованию «облегченного» винта. И в том и в другом случае технико-экономические показатели всей энергетической установки ухудшаются.

С целью более рационального использования резервов мощности и в интересах безопасности эксплуатации малооборотных дизелей на судах целесообразно применение всережимного регулятора скорости с автоматическим ограничением подачи топлива. Однако тяговые и экономические характеристики двигателей таким способом не могут быть улучшены.

Для расширения безопасной зоны режимов работы, улучшения тяговых и экономических характеристик на долевых нагрузках необходимо обеспечить автоматическую регулировку работы двигателей непосредственно в процессе эксплуатации. Как показали исследования четырехтактных дизелей, наиболее эффективным средством такой регу-

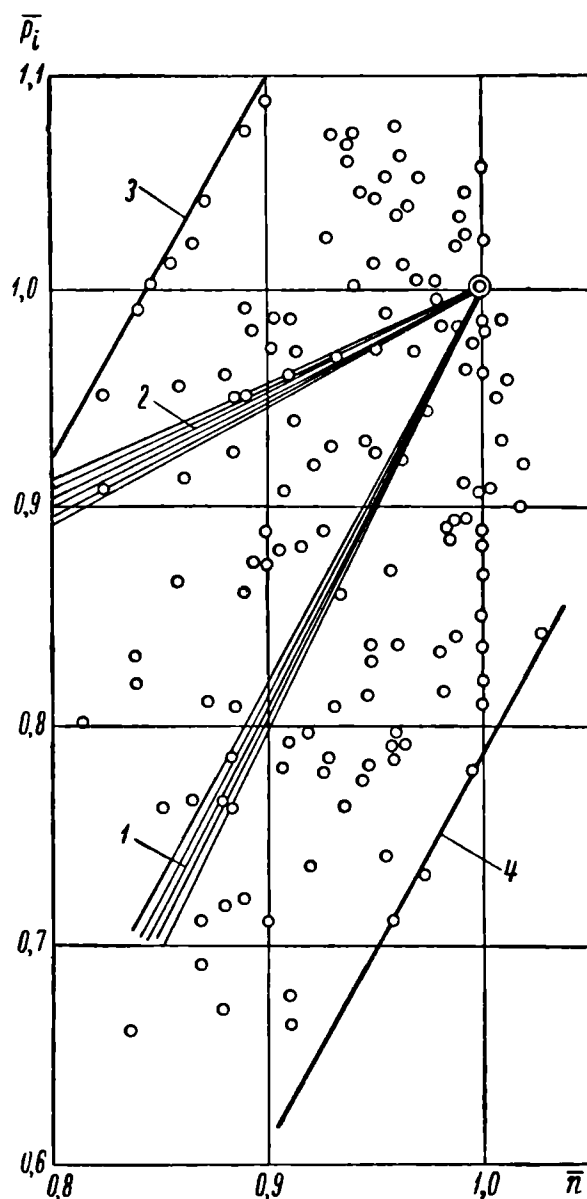


Рис. 1. Обобщенная зона эксплуатационных режимов главных двигателей судов транспортного флота.

1 — стендовые винтовые характеристики; 2 — ограничительные характеристики $\alpha = \text{const}$; 3 — «тяжелая» винтовая характеристика; 4 — «легкая» винтовая характеристика.

лировки является изменение условий подачи воздуха путем регулирования пропускной способности турбины.

С целью проверки эффективности этого способа регулирования была разработана методика расчетного исследования параметров совместной работы дизеля с регулируемым агрегатом «свободного» импульсного турбонаддува.

Существующие приближенные методы расчета мощности импульсной турбины базируются на осреднении параметров газа за весь цикл газообмена, а мощность, полученная по этим параметрам, умножается на коэффициент импульсности ($k_n > 1,0$) для учета кинетической энергии газа. Точность этого метода невысока, так как коэффициент импульсности не поддается аналитическому определению, а экспериментальных данных накоплено недостаточно. Поэтому приближенные методы такого расчета, разработанного для неизменного сечения соплового аппарата, в данном случае непригодны.

В предлагаемом методе мощность импульсной турбины определяется как средняя за два периода газообмена: импульса (свободный выпуск) и продувки — наполнения (принужденный выпуск), в течение которых мощность находится по средним параметрам газа. Параметры газа перед турбиной определяются без расчета рабочего цикла дизеля с использованием доли тепла, отведенного из цикла с выпускными газами q_r , а также с учетом коэффициента продувки цилиндра. Ввиду незначительного изменения для малооборотных дизелей величины q_r на режимах скоростной характеристики и режимах, близких к номинальному, она принималась постоянной и равной значению на номинальном режиме. В случае значительного отличия исследуемого режима от номинального для повышения точности расчета необходимо определять

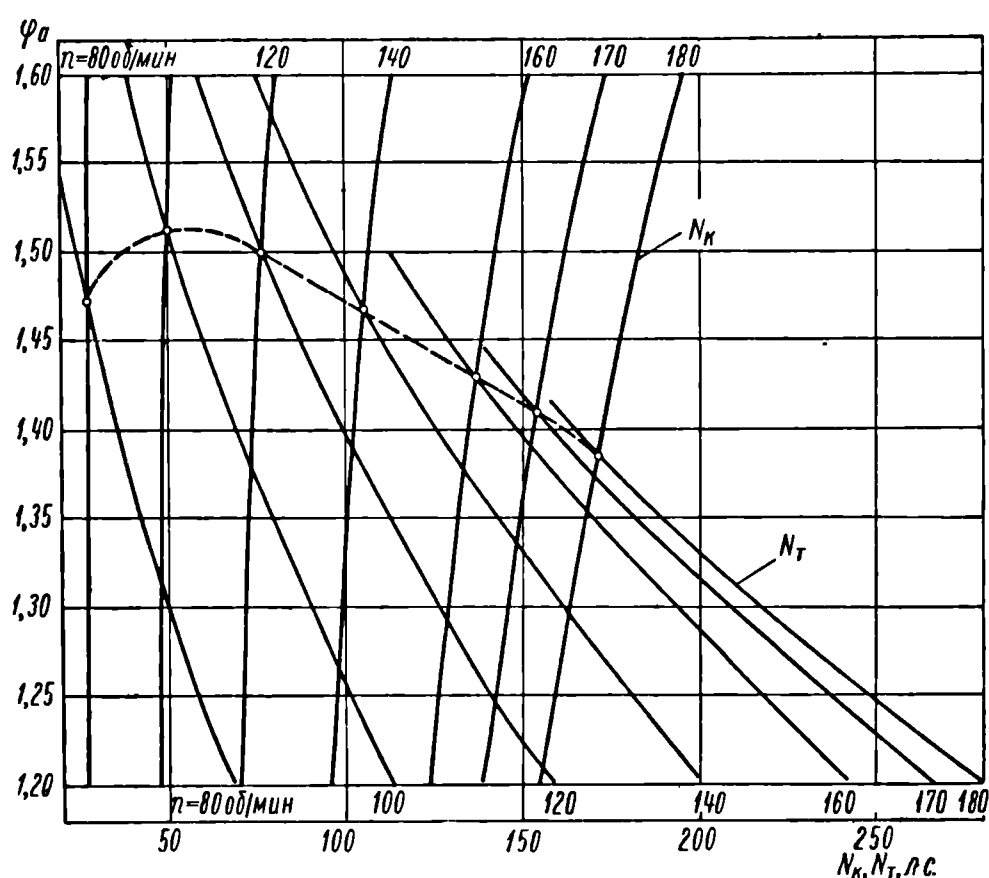


Рис. 2. Графическое определение зависимости $\varphi_a = f(n)$ при работе двигателя на режимах скоростной характеристики $M_{кр} = \text{const.}$

параметры рабочего цикла. Как показал анализ номинального режима судового малооборотного дизеля 9ДКРН 50/110, мощность импульсной турбины, определенная предложенным методом, отличается от мощности компрессора всего лишь на 0,1%.

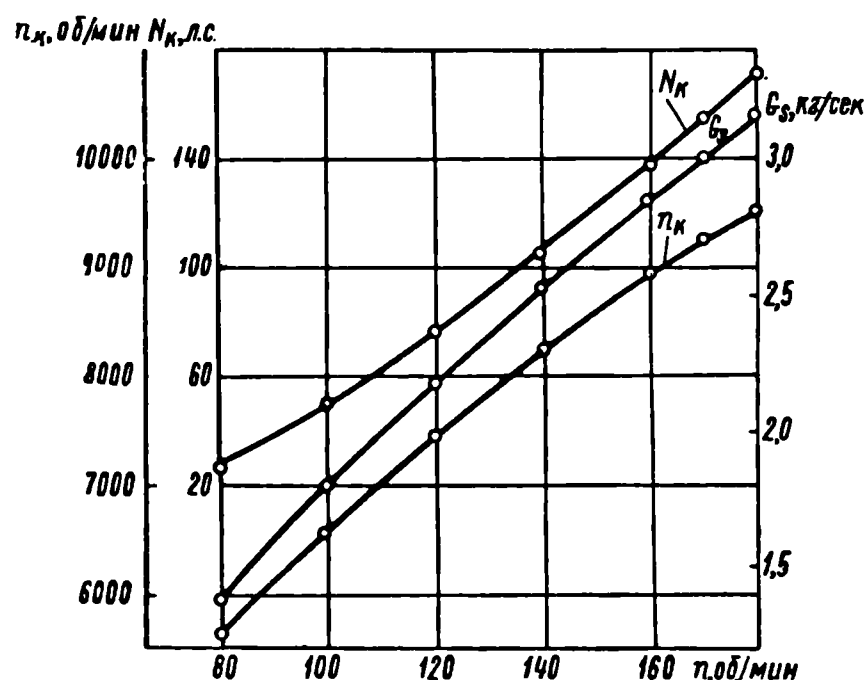


Рис. 3. Расходная, скоростная и мощностная характеристики компрессора, обеспечивающие совместную работу с дизелем по характеристике $M_{кр} = \text{const.}$

Предлагаемый графо-аналитический метод нахождения рабочего режима работы турбокомпрессора на исследуемом режиме дизеля достаточно прост и нагляден. Для различных значений коэффициента продувки определяется потребная мощность компрессора N_k и строится его условная характеристика в координатах $\varphi_a - N_k$. Для этих же значений коэффициента продувки определяется мощность турбины N_t с переменным сечением соплового аппарата, и ее условная характеристика накладывается на характеристику компрессора. Точка пересечения условных характеристик турбины и компрессора характеризует баланс мощностей и, следовательно, является «рабочей точкой» турбокомпрессора на заданном режиме работы дизеля. На рис. 2 показано, как определяются «рабочие точки» турбокомпрессора дизеля 9ДКРН 50/110 при работе по скоростной характеристике с постоянным крутящим моментом. Аналогично могут быть найдены все параметры совместной работы дизеля со «свободным» турбокомпрессором.

Как отмечалось выше, двухтактные дизели со «свободным» турбонаддувом не обеспечивают безопасной работы по скоростной характеристике $M_{кр. ном} = \text{const.}$ Именно поэтому первоочередной задачей расчетного исследования являлась проверка эффективности соплового регулирования турбины для обеспечения работы дизеля по этой характеристике. Объектом исследования был выбран судовой малооборотный дизель 9ДКРН 50/110 мощностью 5200 л.с. при 170 об/мин.

Расчет основных параметров дизеля и турбокомпрессора проводился в диапазоне 180—80 об/мин при постоянном крутящем моменте, соответствующем среднему эффективному давлению 7,1 кгс/см², а также при повышенных зна-

чениях $M_{кр}$ при частоте вращения, меньшей номинальной.

На рис. 3 показаны характеристики компрессора ТК-43, соответствующие скоростной характеристике дизеля при неизменном коэффициенте избытка воздуха ($\alpha_{ном} = 1,91$). При снижении частоты

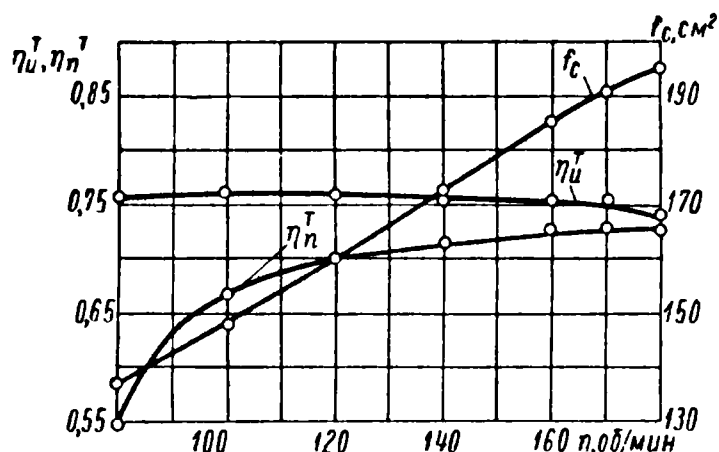


Рис. 4. Зависимости среднего относительного к. п. д. турбины и конструктивных параметров соплового аппарата от частоты вращения двигателя для характеристики $M_{кр} = \text{const.}$

вращения коэффициент продувки возрастает, достигая максимального значения (равного 1,512) на режиме $n = 100$ об/мин; при дальнейшем снижении n величина φ_a (рис. 2) резко уменьшается вследствие значительного снижения относительного к. п. д. турбины в период продувки—наполнения (с 0,75 на режиме номинальной мощности до 0,55 на режиме $n = 80$ об/мин). Дальнейшее снижение частоты вращения дизеля будет сопровождаться ухудшением условий воздухообеспечения в связи с уменьшением к. п. д. компрессора. Однако в диапазоне 170—80 об/мин при условии соплового регулирования дизель имеет запасы по воздухообеспечению в сравнении с номинальным режимом.

На рис. 4 представлены закон регулирования сечения соплового аппарата, а также изменение относительного к. п. д. турбины в периоды импульса и продувки—наполнителя при работе дизеля по скоростной характеристике. К. п. д. определялся по методике, предложенной А. Э. Симсоном [1]. В момент импульса к. п. д. турбины практически остается постоянным на всех режимах. В то же время к. п. д. в период продувки—наполнения при уменьшении частоты вращения имеет тенденцию к резкому снижению. В исследуемом диапазоне частоты вращения сечение соплового аппарата необходимо менять от 195 до 137 см², т. е. на $\sim 30\%$, что вполне осуществимо.

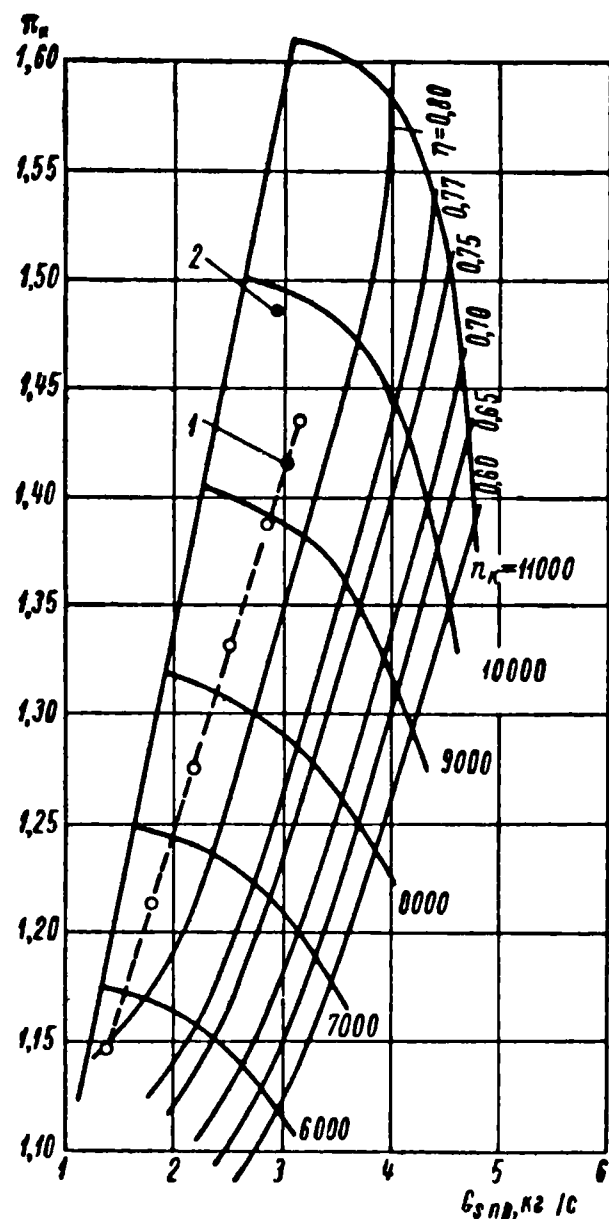
На универсальной характеристике компрессора (рис. 5) точки совместной работы с двигателем лежат на прямой линии в зоне максимальных значений к. п. д. компрессора, достаточно удаленной от линии помпажа. Это свидетельствует о возможности использования компрессора ТК-43 для обеспечения работы дизеля на режимах скоростной характеристики при условии соплового регулирования.

На рис. 6 показан характер изменения условного критерия тепловой напряженности K_T , предложенного А. К. Костиным [2]. Тепловая напряженность поршня при снижении частоты вращения остается всюду ниже номинального значения.

Для одной из точек скоростной характеристики $M_{кр. ном} = \text{const}$ при $\alpha = 1,91$ и $\varphi_a = 1,41$ был проведен расчет режима номинальной мощности. Полученные результаты свидетельствуют о достаточно хорошем совпадении расчетных параметров с экспериментальными (см. таблицу). Так, например,

Рис. 5. Универсальная характеристика компрессора ТК-43.

1, 2 — точки номинальных режимов при 170 и 135 об/мин соответственно;
— — — $M_{кр. ном} = \text{const.}$

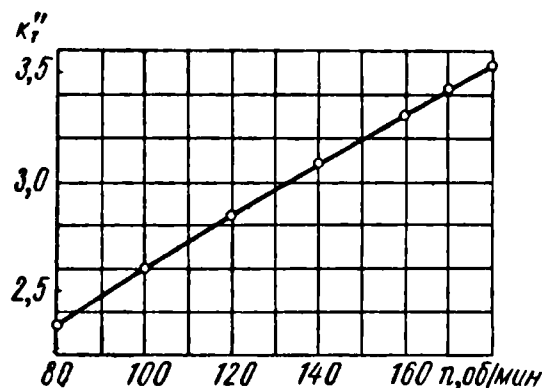


расчетный удельный эффективный расход топлива не совпадает с фактическим на 0,55%, а такой конструктивный параметр, как сечение соплового аппарата турбины, отличается от фактического менее, чем на 1%.

Таким образом, результаты расчета показывают, что предлагаемая методика применима для проведения подобных исследований, а данные скоростной характеристики дизеля свидетельствуют о возможности его работы при условии соплового регулирования турбоагрегатов с постоянным крутящим моментом на пониженной частоте вращения.

Примером использования метода может служить расчет номинального режима дизеля с повышенным значением крутящего момента. Сухогрузные суда дедвейтом 6000—7000 т строятся в

Рис. 6. График изменения критерия тепловой напряженности поршня при работе двигателя на режимах скоростной характеристики $M_{кр. ном} = \text{const.}$



Режим		Параметры							
		α	φ_a	$P_{s'}$ кгс/см ²	$G_{s'}$ кг/с	$n_{к'}$ об/мин	$f_{с'}$ см ²	$g_{e'}$ г/(л. с. ч)	K_T''
$N_e = 5200$ л. с. $n = 170$ об/мин	Эксперимент	1,91	1,41	1,380	3,000	9250	190	161,7	3,42
	Расчет	1,91	1,41	1,384	3,008	9280	191	162,0	3,41
$N_e = 4580$ л. с. $n = 135$ об/мин	Расчет	1,91	1,65	1,460	2,95	9900	170	153,7	3,16

настоящее время в СССР с главным двигателем, имеющим номинальную частоту вращения 170 об/мин. Дальнейшая модернизация судов этого типа предусматривает использование главных двигателей с таким же скоростным режимом, хотя гидродинамические расчеты свидетельствуют о целесообразности применения двигателя с частотой вращения 135 об/мин. Для сохранения скорости хода судна мощность главного двигателя должна составлять 4580 л.с. Применение дизелей 9ДКРН 50/100 и 7ДКРН 50/100-2 на судах этого типа приводит к увеличению затрат на топливо. В связи с этим представляла интерес проверка возможности создания новой модификации дизелей типа ДКРН 50/110 с повышенным значением крутящего момента при частоте вращения 135 об/мин.

Расчет основных параметров совместной работы дизеля 9ДКРН 50/110 с агрегатами турбонаддува был проведен в соответствии с описанной выше методикой. Результаты расчета приведены в таблице. Как видно из таблицы, новый номинальный режим и в тепловом отношении, и с точки зрения экономичности превосходит спецификационный. В отношении тепловой напряженности турбины можно сказать, что новый номинальный режим находится в лучших условиях за счет резкого повышения коэффициента продувки при одинаковом коэффициенте избытка воздуха.

Рабочая точка нового номинального режима на универсальной характеристике компрессора (см. рис. 5) находится на достаточном удалении от линии помпажа (точка 2), что позволяет использовать прежний компрессор без конструктивных из-

менений. Полученное расчетным путем сечение соплового аппарата конструктивно осуществимо и дает возможность использовать прежнюю турбину без серьезных переделок, за исключением изменения угла установки лопаток соплового аппарата.

Таким образом, расчетное исследование показало, что с точки зрения тепловой напряженности и условий воздухообеспечения оказывается возможным перевод дизеля 9ДКРН 50/110 на новый номинальный режим с повышенным крутящим моментом и пониженной частотой вращения. (Механические нагрузки должны быть при этом ограничены за счет соответствующего подбора угла опережения впрыска топлива).

Технико-экономический анализ показывает преимущество новой модификации дизеля 9ДКРН 50/110 в сравнении с дизелем 7ДКРН 50/110-2. В частности, минимальный выигрыш по приведенным затратам составит 8600 руб. в год на судно, что равноценно экономическому эффекту, получаемому от снижения удельного расхода топлива дизеля 7ДКРН 50/110-2 на ~ 15 г/(л. с. ч.).

Внедрение предлагаемого варианта дизеля на серии судов из 100 единиц при сроках службы 20 лет позволило бы освободить для народного хозяйства минимально 17,2 млн. руб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Симсон А. Э. Газотурбинный наддув дизелей. М., изд-во «Машиностроение», 1964.
2. Костин А. К. Сравнительная оценка теплонпряженности двигателя с наддувом. Сб.: «Газотурбинный наддув двигателей внутреннего сгорания», Машгиз, 1961.

РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ УПОРНЫХ ГРЕБНЕЙ РЕДУКТОРОВ

Д. С. КОДНИР, В. А. САДЫКОВ

УДК 629.12-8:621.831

Осевое усилие, возникающее при работе колес с косыми зубьями, воспринимается подшипниками или упорными гребнями. Для упорных подшипни-

ков скольжения характерны большие габариты и значительные потери на трение, а упорные подшипники качения отличаются ограниченным ресурсом.

Наиболее простым, экономичным и надежным устройством, воспринимающим осевое усилие косозубого зацепления, является упорный гребень [1], который представляет собой диск, закрепленный на цапфе шестерни. Его рабочая поверхность имеет форму конуса с углом $\gamma = 0,5-2^\circ$ (рис. 1). При вращении вала происходит перекачивание с проскальзыванием конической поверхности гребня по конусообразному упорному торцу колеса. Осевые усилия в зацеплении стремятся сместить шестерню

вправо, а колесо влево. Гребень препятствует этому, и усилия в зацеплении уравниваются реакциями, возникающими на упорном гребне и торце колеса.

В работе [1] подробно рассмотрены конструкции упорных гребней, прошедших испытания на редукторах, приведены нагрузки и скорости для этих гребней, описаны мероприятия по обеспечению требуемой посадки и изготовлению упорной поверхности без повреждений, но в ней отсутствует законченная методика расчета несущей способности упорного гребня. Установлено, что упорные поверхности во время работы разделены сплошным слоем масла и лишь в случаях его разрушения может произойти износ поверхностей. Однако существовавшая практика выбора параметров упорного узла не учитывала наличия смазочного слоя [2]. Наряду с гидродинамическим эффектом смазки при выборе параметров упорных гребней необходимо учитывать контактные деформации, поскольку их величина соизмерима с толщиной масляного слоя. Изгибная деформация гребня на длине площадки контакта значительно меньше контактной, поэтому она может не приниматься во внимание.

В данной статье на основе контактно-гидродинамической теории смазки рассмотрена методика расчета несущей способности упорного узла и приведены результаты впервые выполненного замера толщины смазочного слоя.

Для расчета упорных гребней неприменимы известные методики контактно-гидродинамического расчета [2], [3]. Радиусы кривизны упорных поверхностей гребней на два-три порядка выше, чем у зубчатых передач и подшипников качения, а погонные нагрузки всего в два-четыре раза больше. При таких значениях радиусов и нагрузок контактные напряжения у гребней в 10—20 раз меньше, и вязкость смазки в этом случае повышается всего в несколько раз.

Длина гребня в направлении, перпендикулярном перемещению, незначительно превосходит ширину площадки контакта. При соотношениях этих размеров 1,5—3 торцовое истечение смазки существенно влияет на несущую способность упорной поверхности, т. е. речь идет о пространственно контактно-гидродинамической задаче, решение которой из-за больших математических трудностей до настоящего времени не получено.

В связи с этим при расчете упорного узла использован иной подход. В качестве исходной предпосылки принята зависимость Шибеля [4] для коэффициента β , учитывающего влияние торцового истечения смазки и полученного им при гидродинамическом расчете конечных подшипников и подпятников скольжения. Полагая, что в точке минимального зазора происходит обрыв смазочного слоя (граничные условия Зоммерфельда), мы не вносим существенной погрешности при расчете допустимых усилий на гребень и в то же время получаем возможность определить коэффициент β :

$$\beta = \frac{1}{0,8 + 2,34 \frac{x_1}{l^2} \sqrt{\rho_{np} h_m}}, \quad (1)$$

$$\rho_{np} = \frac{3440}{\gamma} \cdot \frac{r \cdot R}{A}, \quad (2)$$

где ρ_{np} — приведенный радиус кривизны упорных поверхностей;
 l — длина гребня в направлении, перпендикулярном движению;

$$x_1 = \frac{r \cdot \theta}{57,3}, \quad (3)$$

x_1 — расстояние от начала клинового зазора между упорными поверхностями до места минимального зазора (рис. 1, а);

h_m — минимальная толщина слоя смазки;

r, R — радиусы средней точки контакта гребня и торца колеса;

$A = r + R$ — межцентровое расстояние;

θ — вспомогательный угол в градусах. Определяется из выражения (рис. 1, а)

$$\cos \theta = \frac{r^2 + A^2 - \left(R + \frac{l}{2}\right)^2}{2rA}; \quad (4)$$

$$\gamma = (350 \div 700) \frac{rR}{A}, \quad (5)$$

γ — угол конусности контактных поверхностей в минутах; коэффициент 350 принимать для передач с $A=1$ м и 700 — при $A=0,2$ м.

Несущая способность гребня определяется на основании уточненного решения плоской контактно-гидродинамической задачи [3]. Используя основные выражения этого решения и преобразуя их

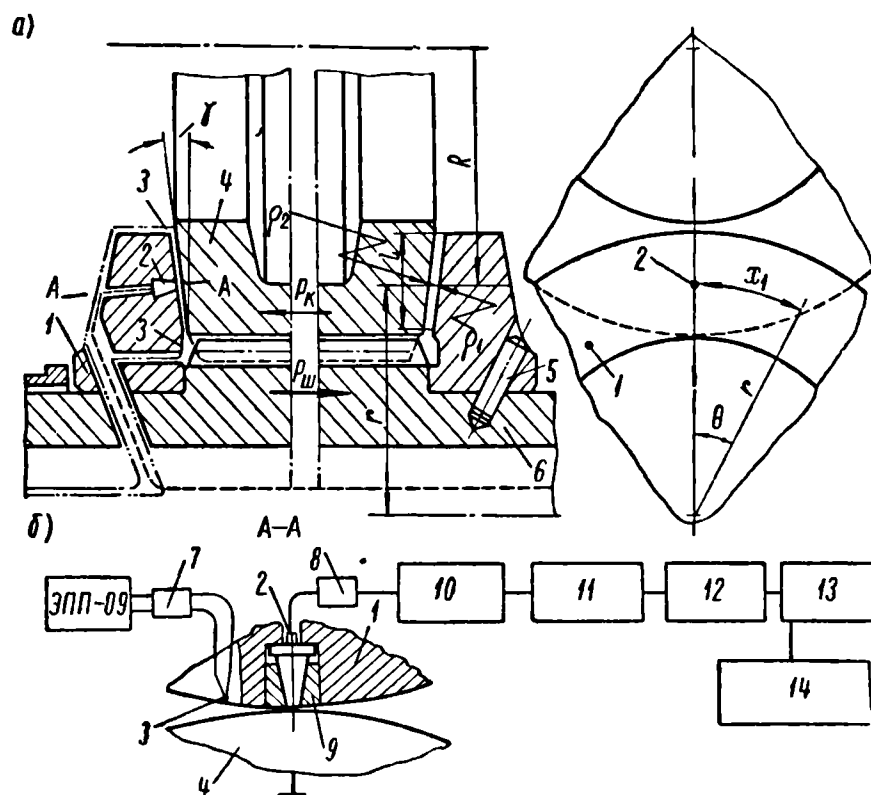


Рис. 1. Косозубая передача с упорными гребнями: а — конструкция и схема упорного гребня; б — блок-схема замера толщины смазочного слоя и объемной температуры гребня.

1 — упорный гребень; 2 — датчик емкостей; 3 — хромель-копелевая термопара; 4 — упорный торец колеса; 5 — штифт; 6 — косозубая шестерня; 7 — ртутный токосъемник; 8 — щеточный токосъемник; 9 — корпус датчика; 10 — генератор высокой частоты; 11 — усилитель; 12 — частотный детектор; 13 — усилитель низкой частоты; 14 — осциллограф Н-102; $P_{ш}, P_K$ — соответственно осевое усилие, действующее на шестерню и колесо.

для случая контакта в упорном узле, получим формулы, позволяющие вычислить значения безразмерного коэффициента K с помощью ЭВМ в зависимости от основного контактно-гидродинамического параметра $B\alpha$ и коэффициента деформации D . По

этим значениям построен график $K=f(B \cdot \alpha; D)$ (рис. 2)

$$B \cdot \alpha = 6,07 \frac{M \cdot \alpha}{V \rho_{\text{нр}} \cdot h_m}, \quad (6)$$

$$D = 4,15 \cdot 10^{-10} \frac{M}{h_m}, \quad (7)$$

$$M = \mu_0 \cdot \frac{u_1 + u_2}{h_m} \rho_{\text{нр}}, \quad (8)$$

где α — пьезокоэффициент вязкости;

μ_0 — вязкость масла при атмосферном давлении;

u_1, u_2 — соответственно окружные скорости средней точки гребня и упорного торца колеса.

Погонная осевая сила q при контактно-гидродинамическом расчете с учетом торцового истечения смазки определится из выражения

$$q_k = 9,6 \cdot \frac{2}{3} \beta M K = \frac{8 M K}{1 + 3 \frac{x_1}{l^2} V \rho_{\text{нр}} \cdot h_m}, \quad (9)$$

а полная осевая сила, воспринимаемая упорным гребнем, будет равна

$$P_a = q_k \cdot l. \quad (10)$$

Повышение температуры масла, вызванное рассеиванием механической энергии в зоне контакта, приводит к уменьшению вязкости масла, а следовательно, и нагрузочной способности смазочного слоя. Поэтому для расчета несущей способности

упорного узла и толщины слоя смазки необходимо определить местную температуру смазочного слоя t_m , которая может быть принята равной сумме объемной температуры гребня t_r и приращения температуры масла в зоне контакта Δt_k , т. е.

$$t_m = t_r + \Delta t_k. \quad (11)$$

Тепловыделение в зоне контакта вычислено на основе контактно-гидродинамической теории смазки, а для определения приращения температуры используется зависимость Блока [5]. Анализ показал, что общие положения теории Блока применимы и к условиям жидкостного трения. Исходя из этих предпосылок удалось получить зависимость для расчета повышения температуры смазки в зоне контакта с учетом конечных размеров упорных гребней:

$$\Delta t_k = G \cdot \mu_0, \quad (12)$$

где

$$G = 0,8 \left(\frac{1}{V h_m} + 3,0 \frac{x_1}{l^2} V \rho_{\text{нр}} \right) \cdot \sqrt[4]{\frac{\rho_{\text{нр}}}{q_3} \frac{(u_1 + u_2)^2}{V u_1 + V u_2}}. \quad (13)$$

Разработанная методика расчета учитывает основные параметры гребня и позволяет определить грузоподъемность упорных поверхностей при суммарной скорости движения поверхностей $u_1 + u_2 = 17 \div 120$ м/с.

Основным фактором, определяющим работоспособность и допустимую нагрузку упорных гребней

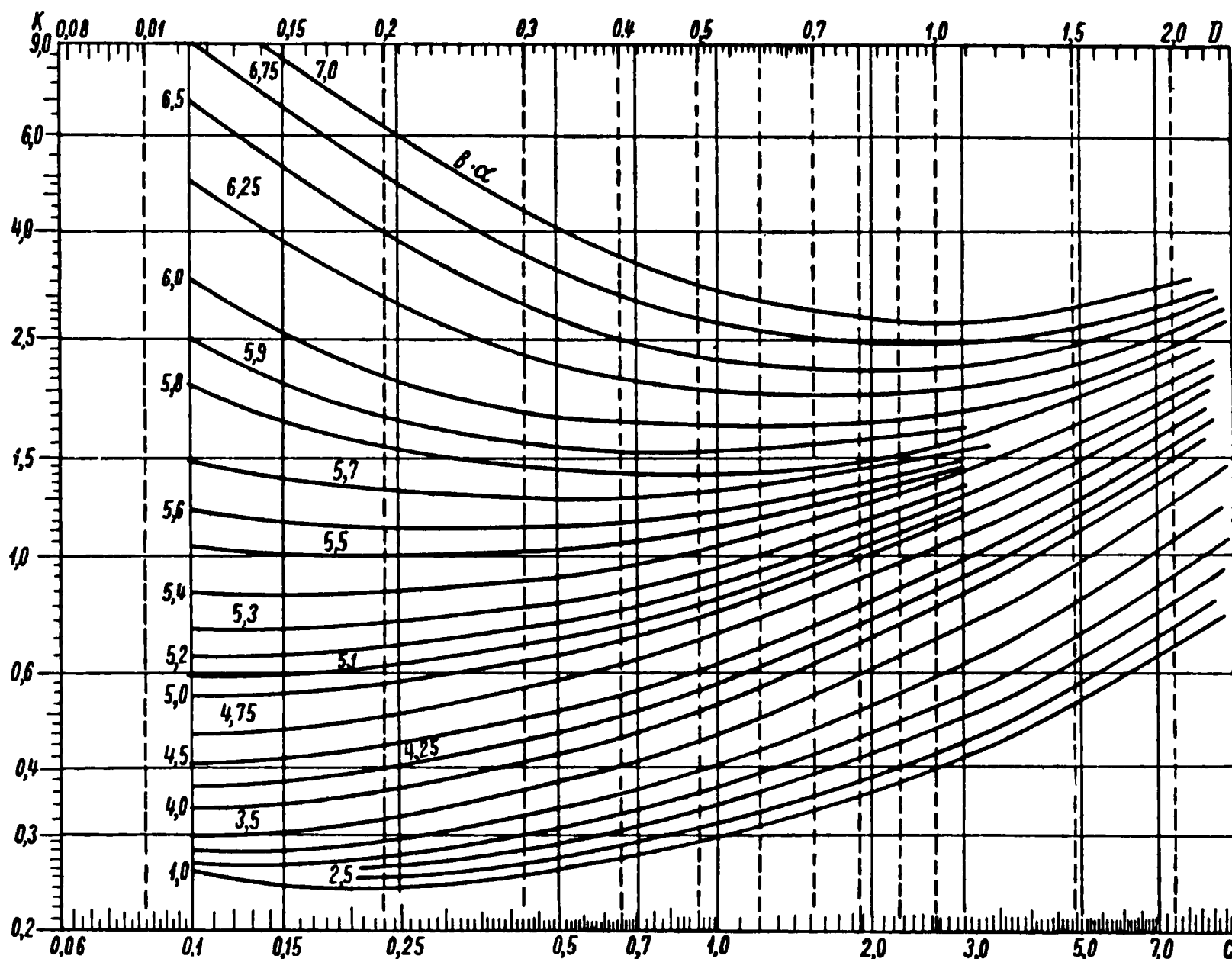


Рис. 2. Зависимость безразмерной погонной нагрузки от контактно-гидродинамических параметров.

косозубых колес редукторов, является толщина слоя смазки между упорными поверхностями. Поэтому для проверки предложенной контактно-гидродинамической теории смазки упорных гребней были проведены непосредственные измерения зазора и толщины смазочного слоя h между гребнем и упорным торцом колеса при различных погонных нагрузках $q = (30 \div 135) \cdot 10^3$ кгс/м, суммарных скоростях движения поверхностей $u_1 + u_2 = (10 \div 43)$ м/с, различных температурах упорного гребня $t_r = (50 \div 105)^\circ\text{C}$ и температуре смазки $t_{\text{вх}} = (35 \div 70)^\circ\text{C}$. Исследования проводились на наиболее нагруженном гребне второй ступени промышленного образца редуктора.¹ Редуктор соосный, двухступенчатый с расстроением потока мощности, межцентровое расстояние 427 мм и крутящий момент на выходном валу 20 000 кгс·м. При номинальной нагрузке осевое усилие на испытываемом гребне достигало 7000 кгс.

Замер толщины слоя смазки (рис. 1) осуществлялся емкостным методом с помощью четырех датчиков 2, запрессованных в рабочую поверхность гребня 1. Для замера объемной температуры гребня было установлено четыре хромель-копелевых термопары 3 на расстоянии 1,0—1,5 мм от упорной поверхности, по две возле двух емкостных датчиков.

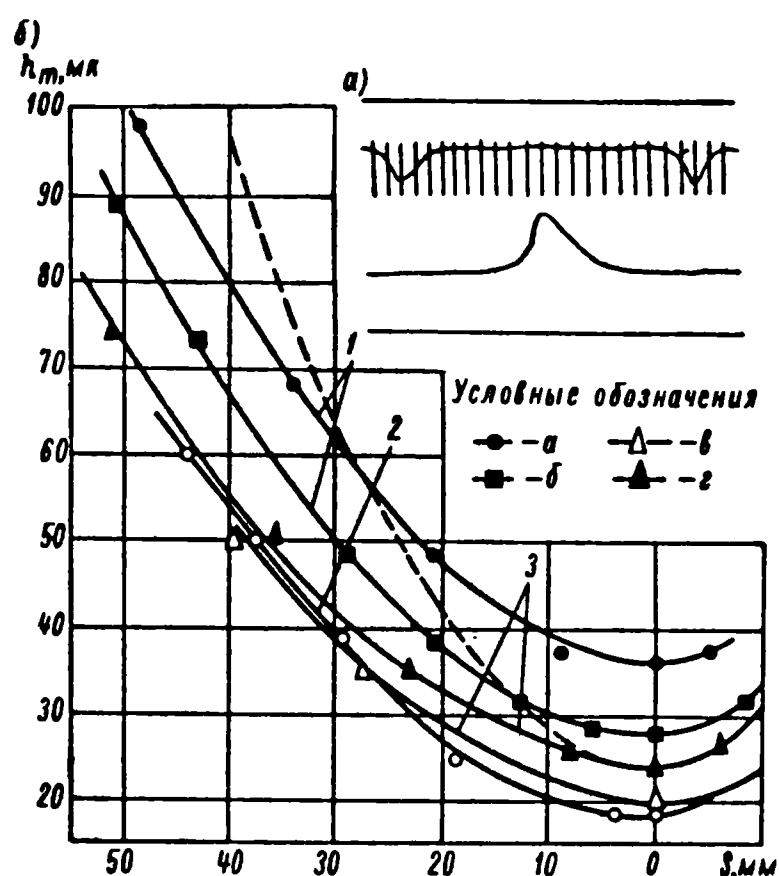


Рис. 3. Результаты замера толщины слоя смазки между упорными поверхностями: а — осциллограмма изменения толщины смазочного слоя при движении гребня и торца колеса; б — формы зазоров, полученные при расшифровке осциллограмм.

1 — $q = 53,5 \cdot 10^3$ кгс/м ($t_r = 58^\circ\text{C}$, датчик 3, а — $u_1 + u_2 = 34,5$ м/с, б — $u_1 + u_2 = 19$ м/с); 2 — $q = 93 \cdot 10^3$ кгс/м ($t_r = 62^\circ\text{C}$, $u_1 + u_2 = 35$ м/с, датчик 3); 3 — $q = 115 \cdot 10^3$ кгс/м ($t_r = 63^\circ\text{C}$, $u_1 + u_2 = 38$ м/с; в — датчик 1; г — датчик 3); — — — — форма зазора при абсолютно жесткой поверхности для кривой 3, датчика 3.

Емкостным датчиком являлся электрод, установленный в упорную поверхность гребня и элект-

¹ Замеры на редукторе проводились под руководством ведущего инженера В. Г. Рудявского.

рически изолированный от него слюдой. Наружная поверхность датчика, представляющая собой часть гребня, выполняла роль подвижной обкладки конденсатора, а второй обкладкой конденсатора служил упорный торец колеса.

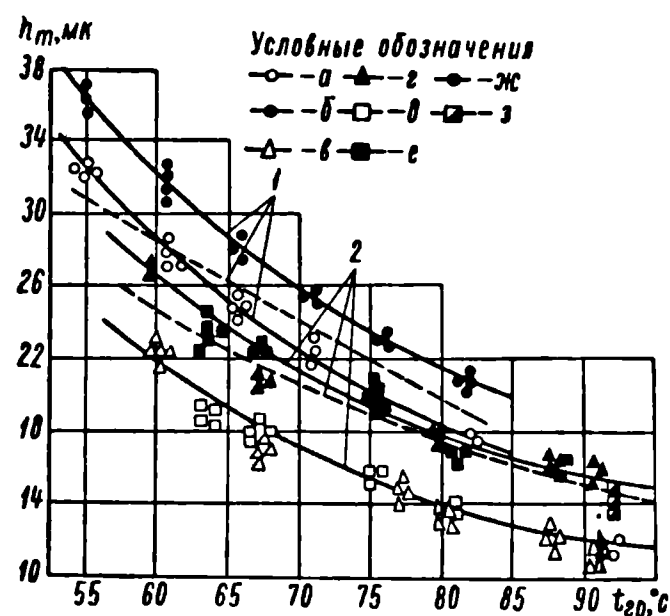


Рис. 4. Влияние объемной температуры упорного гребня t_r на h_m .

1 — $q = 53,5 \cdot 10^3$ кгс/м ($u_1 + u_2 = 28$ м/с, а — датчик 1, б — датчик 3); 2 — $q = 115 \cdot 10^3$ кгс/м ($u_1 + u_2 = 39$ м/с, в — датчик 1; г — датчик 3; д — датчик 1, е — датчик 3; при работе на канале II прибора ПТМП-3-55: ж — датчик 1, з — датчик 3); — — — — теоретические значения h_m .

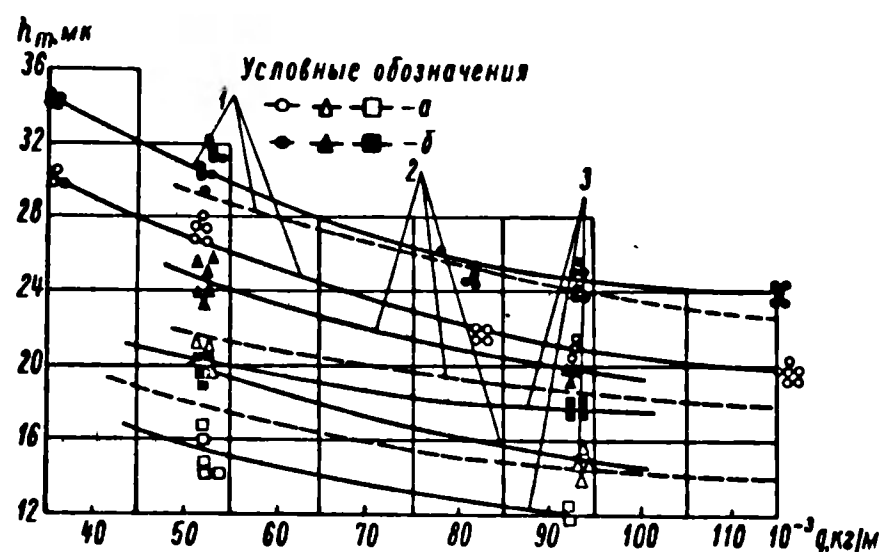


Рис. 5. Зависимость минимальной толщины масляного слоя между упорными поверхностями от погонной нагрузки q .

1 — $u_1 + u_2 = 35,7$ м/с, $t_r = 65^\circ\text{C}$; 2 — $u_1 + u_2 = 37,5$ м/с, $t_r = 81^\circ\text{C}$; 3 — $u_1 + u_2 = 25,5$ м/с, $t_r = 84^\circ\text{C}$; а — датчик 1; б — датчик 3.

При испытаниях редуктора с помощью электронного прибора ПТМП-3-55 [6] и осциллографа Н-102 на пленку непрерывно записывались сигналы емкостных датчиков (рис. 3, а), величина которых зависит от расстояния между упорными поверхностями, а на диаграммной ленте электронного потенциометра ЭПП-09 фиксировалась объемная температура гребня.¹ Суммарная погрешность замера толщины слоя смазки не превышала 1,5 мк, а погрешность измерения температуры — не более 1°C .

Снятые при испытании осциллограммы (рис. 3, а) расшифрованы с помощью тарировочных графиков и по ним построены кривые, характеризующие фор-

¹ Отладкой аппаратуры и тарированием измерительной схемы руководил инж. С. П. Савичев.

му зазора (рис. 3, б), позволяющие определить минимальную толщину смазочного слоя. По полученным данным построены зависимости минимальной толщины смазочного слоя от объемной температуры упорного гребня t_r (рис. 4), погонной нагрузки q (рис. 5) и суммарной скорости $u_1 + u_2$ движения упорных поверхностей (рис. 6).

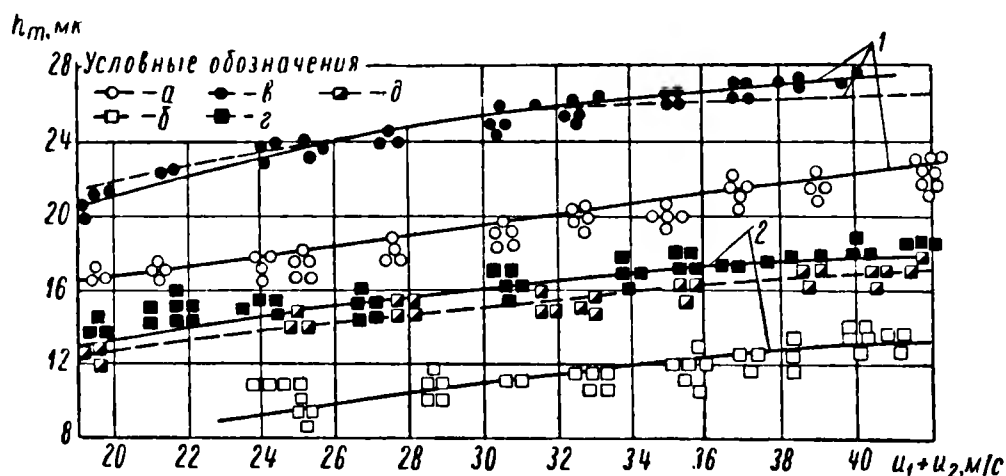


Рис. 6. Влияние суммарной скорости движения поверхностей на h_m при $q = 93 \cdot 10^3$ кгс/м.

1 — $t_r = 60^\circ \text{C}$, а — датчик 1, б — датчик 3; 2 — $t_r = 88^\circ \text{C}$, в — датчик 1, г — датчик 3; д — датчик 3 при работе на канале II прибора ПТМП-3-55.

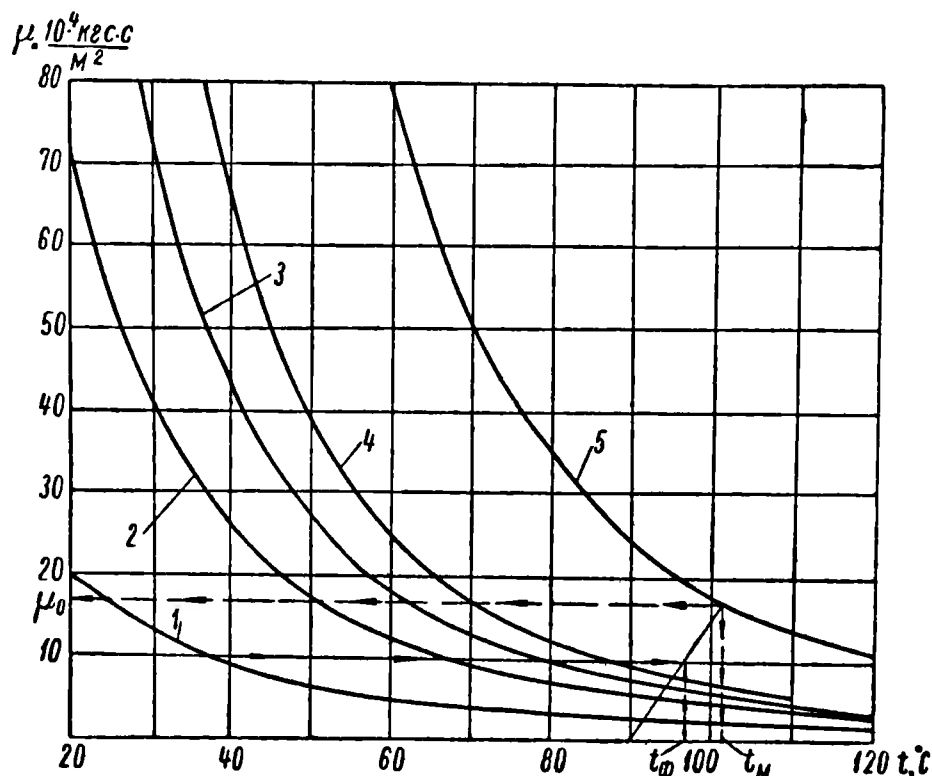


Рис. 7. Зависимость вязкости различных масел от температуры.

1 — трансформаторное; 2 — турбинное 22 (Л); 3 — турбинное 30 (УТ); 4 — турбинное 46 (Т); 5 — МС-20.

При проведении экспериментов получена хорошая повторяемость результатов, снятых в разное время. Практически совпали данные замеров при использовании 1-го и 2-го каналов прибора ПТМП-3-55, которые были тарированы для разных диапазонов измерения (рис. 4 и рис. 6).

Сравнение зависимостей рис. 4 с приведенными на рис. 5 и рис. 6 показывает, что объемная температура гребня t_r наиболее существенно влияет на толщину смазочного слоя. Обеспечив достаточное охлаждение гребня, можно тем самым повысить его нагрузочную способность. Как видно из рис. 6, рост суммарной скорости движения поверхностей ($u_1 + u_2$) ведет к незначительному увеличению h_m , что связано с преобладающим влиянием скорости на тепловыделение в зоне контакта.

Показания емкостных датчиков 1 и 3 (рис. 4—6), отличаются на 3—5 мк. Это различие в основном связано с торцовым биением гребня шестерни.

Объемная температура гребня t_r зависит от тепловых потоков внутри всего редуктора, и в настоящее время не разработан способ ее расчета. При термометрировании экспериментально получены зависимости t_r от температуры подаваемой смазки $t_{вх}$, суммарных скоростей движения поверхностей ($u_1 + u_2$) и от действующих нагрузок (табл. 1).

Таблица 1

Нагрузка q , кгс/м	$(u_1 + u_2)$, м/с	$t_{вх}$, $^\circ\text{C}$							
		35	40	45	50	55	60	65	70
$(33 \div 115) \cdot 10^3$	27	53	60	67	73	77	83	86	89
	38	57	65	73	80	86	89	93	—

Естественно, эти результаты не носят общего характера, поскольку на них в значительной мере влияет конструкция редуктора, его частота вращения, нагруженность и т. д. Однако в первом приближении выбор температуры гребня может быть сделан по данным табл. 1. Если известна объемная температура шестерни $t_{ш}$ аналогичных редукторов, то t_r может приниматься близкой к ней, поскольку из-за хорошей теплопроводности стальных деталей средняя $t_{ш}$ обычно не превышает t_r более, чем на $5-10^\circ$.

Поскольку в настоящее время отсутствуют данные по пьезокоэффициентам вязкости для многих масел, считаем допустимым временно использовать данные табл. 2 с необходимой интерполяцией. Для масла «турбинное 22» принимать α , соответствующий 65% трансформаторного + 35% МС-20, для «турбинного 30» — 50% трансформаторного + 50% МС-20 и для «турбинного 46» можно брать значения, соответствующие 35% трансформаторного + 65% МС-20.

Таблица 2

Марки масел и смесей	Температура, $^\circ\text{C}$					
	50	60	80	100	120	140
	Пьезокоэффициент вязкости $10^6 \cdot \alpha$, $\text{м}^2/\text{кг}$					
Трансформаторное	0,159	0,15	0,132	0,114	0,0965	0,078
МК-8	0,161	0,15	0,127	0,104	0,0981	0,078
Веретенное-2	0,128	0,1235	0,1139	0,105	0,0955	0,087
МС-20	0,223	0,207	0,176	0,145	0,113	0,083
25% МС-20+75% трансформаторного	0,176	0,165	0,144	0,123	0,102	0,08
50% МС-20+50% трансформаторного	0,192	0,18	0,1545	0,13	0,1055	0,081
75% МС-20+25% трансформаторного	0,206	0,192	0,165	0,137	0,109	0,082

Результаты теоретического расчета толщины слоя смазки между упорными поверхностями показаны на рис. 4, 5 и 6 пунктирными линиями. Расхо-

ждение между теоретическими и экспериментальными результатами в большинстве случаев не превышает 10—15%. Таким образом, получено весьма близкое качественное и количественное совпадение теоретических и экспериментальных данных для широкого диапазона нагрузок, скоростей движения и температур гребня. Это позволяет рекомендовать разработанную методику для расчета несущей способности упорных гребней при их проектировании.

Как показывают расчеты, ошибка в определении несущей способности упорного гребня при использовании изложенного метода составляет 5—15%, а по толщине смазочного слоя различие не превышает 5%. Построенные на рис. 4, 5 и 6 теоретические кривые считались по уточненному методу с использованием $C=f(D)$ и $K=f(C, B \cdot \alpha)$.

Методика расчета и результаты экспериментальных исследований использовались при разработке конструкции упорных гребней редуктора. Промышленные испытания подтвердили высокую несущую способность упорных гребней, что свиде-

тельствует о надежности расчета несущей способности упорного узла по предложенным зависимостям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Садыков В. А., Беляев Ф. Ф. Исследование работоспособности упорных гребней редукторов с косозубыми колесами. «Судостроение», 1968, № 1.
2. Садыков В. А. и др. Исследование грузоподъемности и толщины смазочного слоя между упорными поверхностями тяжело нагруженных высокоскоростных косозубых передач. Редукторостроение и обработка зубчатых колес. (Сборник докладов участников отраслевого научно-технического совещания, состоявшегося 18—20 сентября 1968 г.). Общество «Знание», БТИ, Николаев, 1969.
3. Коднир Д. С. Контактно-гидродинамическая теория смазки. Куйбышевское книжное издательство, 1963.
4. Шибель А. Скользящие опоры (подшипники и подпятники), конструкция и расчет. НКТП СССР, М.—Л., 1936.
5. Blok H. The flash temperature concept. Wear, 1963, № 6, p. 483—494.
6. Медвинский М. Д. Трехканальный усилитель типа ПТП-3-55 для измерения толщины масляной пленки в подшипниках жидкостного трения. ЦНИИТМАШ, кн. 90, Машгиз, М., 1955.
7. Абанов Л. В. и др. Подшипники жидкостного трения прокатных станов. Машгиз, М., 1955.

ПО СТРАНИЦАМ КНИГ

Папир А. Н. Водометные движители малых судов. Изд-во «Судостроение», Л., 1970, 256 с., цена 82 коп. Физические основы (без применения методов высшей математики) работы водометных движителей малых судов и все основные вопросы, необходимые при расчете, проектировании и изготовлении этих движителей. Подробные примеры расчета. Книга предназначена для специалистов, занимающихся разработкой водометных движителей и осевых насосов, студентов соответствующих специальностей и может быть использована широким кругом любителей водно-моторного спорта и туризма.

Петровский Н. В. Газотурбинный наддув двухтактных судовых дизелей. Изд-во «Судостроение», Л., 1970, 254 с., цена 99 коп. Теория и методы расчета газотурбинного наддува мощных двухтактных малооборотных судовых дизелей. Основные газо- и термодинамические проблемы наддува таких двигателей. Классификация, описание конструкций и анализ газодинамических систем подвода наддувочного воздуха в цилиндры двигателя и отвода из них выпускных газов. Методы расчета энергии, переменного давления и переменной температуры газов в выпускной системе, границы применения турбонаддува с переменным и постоянным давлением перед турбиной. Термодинамические, конструктивные и эксплуатационные средства снижения тепловой нагрузки деталей цилиндра двигателя. Книга рассчитана на научных работников и аспирантов научно-исследовательских институтов, производственно-технических работников заводов и организаций, занимающихся проектированием судовых дизелей.

Путят Ю. С. и Иванов Е. А. Технология электро-монтажных работ на судах. Изд-во «Судостроение», Л., 1970, 544 с., цена 2 руб. 07 коп. Технология и организация судовых электро-монтажных работ: подготовительные работы на берегу, подготовительные работы на судах и электро-монтажные работы на судах. Принципы электро-монтажного потока. Сведения об объеме, методах и организации сдаточных испытаний, об обеспечении электро-монтажных работ конструкторской и технологической документацией. Вопросы технического контроля, техники безопасности, нормирования расхода материалов.

Книга предназначена для инженеров, техников, мастеров и строителей, занятых монтажом, испытаниями и сдачей электрооборудования судовых электроэнергетических систем.

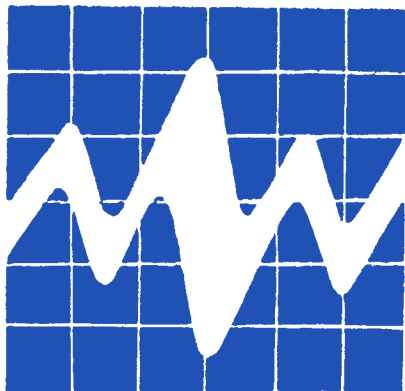
Сержантов В. В. и Спешиллов В. С. Гребные электрические установки. Изд-во «Судостроение», Л., 1970, 204 с., цена 57 коп. Основные вопросы гребных электрических установок (ГЭУ) постоянного и переменного тока, элементы схем главного тока, возбуждения, управления и защиты, примеры

построения систем электродвижения с различными схемами возбуждения, основы расчетов статических характеристик и рекомендации по выбору элементов ГЭУ. Некоторые современные ГЭУ построенных судов и основные принципы перспективных ГЭУ. Книга предназначена в качестве учебного пособия для учащихся судостроительных техникумов. Она может представлять интерес и для проектировщиков и эксплуатационников ГЭУ.

Таганов С. И. Инженерные расчеты переходных процессов в судовых электростанциях. Изд-во «Судостроение», Л., 1970, 136 с., цена 39 коп. Новые практические методы аналитического расчета переходных процессов в судовых электростанциях с самовозбуждающимися генераторами переменного тока. Процессы восстановления напряжения и частоты генераторов при включении и отключении статических и динамических нагрузок, изменения тока и э. д. с. генераторов при коротком замыкании, а также процессы разгона асинхронного электропривода при запуске от генератора соизмеримой мощности. Примеры расчета. Книга предназначена для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием и эксплуатацией судовых электростанций переменного тока, а также может быть полезной студентам средних и высших учебных заведений судостроительного профиля.

Черняк К. И. Неметаллические материалы в судовой электро- и радиотехнической аппаратуре. Изд-во «Судостроение», Л., 1970, 560 с., цена 2 руб. 28 коп. Сведения о синтетических материалах, широко применяющихся в судовой электро- и радиоаппаратуре. Данные о пластмассах, заливочных и пропиточных компаундах, клеях, лаках, пенопластах, герметиках, пленочных, волокнистых и др. материалах, а также необходимые технологические сведения по их переработке, приготовлению и применению. Справочник рассчитан на широкий круг инженерно-технических работников судостроительной и других отраслей промышленности. Книга может служить пособием для студентов средних и высших учебных заведений соответствующих специальностей.

Шлумпер Л. Б. Проектирование бытовых помещений на морских судах (помещения пищеблока). Изд-во «Судостроение», Л., 1970, 208 с., цена 96 коп. Основные правила и нормы проектирования общего расположения пищеблоков на морских судах, данные для расчета мощности механического оборудования, рекомендации и требования, учитываемые при разработке рабочих чертежей устройств и оборудования судовых пищеблоков. Книга предназначена для конструкторов проектных организаций, инженеров и техников судостроительных предприятий, специалистов-эксплуатационников и студентов кораблестроительных вузов и техникумов.



СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОПУЛЬСИВНОЙ УСТАНОВКИ ТЕПЛОХОДА „НОВОМИРГОРОД“

Л. Г. СОБОЛЕВ, В. Б. ЛИПИС

УДК 629.123.57.037

В 1969 г. финская компания Вяртсиля (г. Турку) завершила постройку по заказу Советского Союза сухогрузного теплохода «Новомиргород» дедвейтом 13 650 т. В качестве главного двигателя (ГД) на судне используется дизель фирмы Зульцер типа 6RD76 эффективной мощностью 9600 л.с. (при 119 об/мин), сообщающий судну скорость хода 17,8 уз. Теплоход оборудован винтом регулируемого шага (ВРШ) и носовым подруливающим устройством (НПУ) фирмы КаМеВа. Благодаря

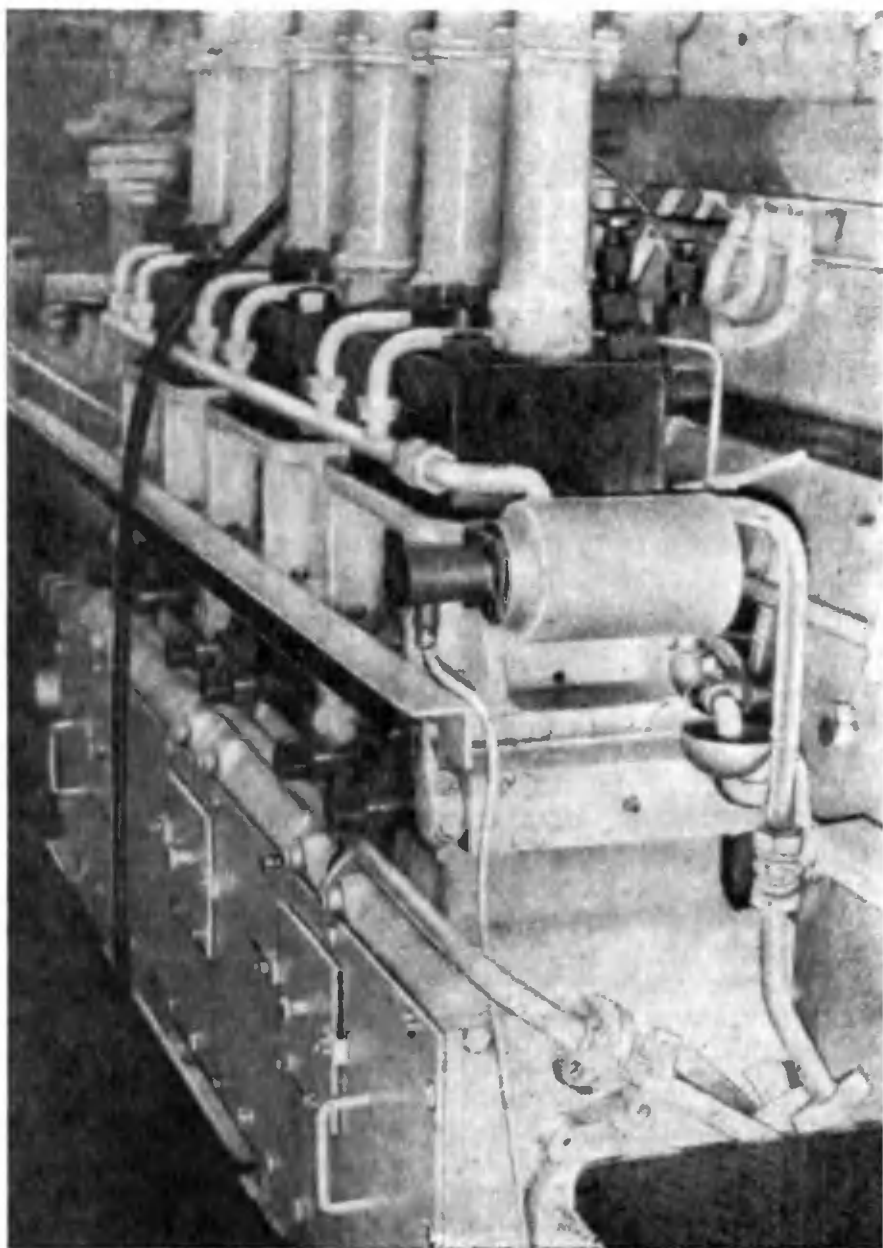


Рис. 1. Общий вид устройства сигнализации о появлении протечек в топливном трубопроводе главного двигателя теплохода «Новомиргород».

этому, как показал первый опыт эксплуатации, судно осуществляет все маневры в узкостях, каналах, акваториях портов (включая швартовку и отшвартовку) без помощи буксиров.

Особый интерес представляет примененная на судне автоматизированная энергетическая установка, специально спроектированная для безвахтенного обслуживания в течение 16 ч, которое обеспечивается за счет развитой системы сигнализации с выводом сигналов в каюты механиков, на мостик, в кают-компанию и столовую систем автоматического и дистанционного управления главными и вспомогательными механизмами и ряда специальных устройств. К последним относятся системы пожарной сигнализации, устройство автоматического осушения сточных колодцев и коридора гребного вала и впервые установленная автоматическая сигнализация об утечках в топливных трубопроводах высокого давления. Последние на участке от топливного насоса до форсунок главного двигателя заключены в герметичные трубчатые кожухи, соединенные со специальным сливным коллектором, оборудованным измерителем уровня — датчиком системы автоматической сигнализации. При появлении протечек топливо попадает во внутреннее пространство кожуха и в сливной коллектор, где оно воздействует на измеритель уровня, включающий сигнал тревоги (рис. 1).

Основной комплекс средств автоматизации энергетической установки состоит из системы дистанционного управления с мостика главным двигателем, ВРШ и НПУ, центрального поста управления в машинном отделении с развитой системой автоматического контроля и сигнализации, а также автоматической регистрации выбегов основных параметров энергетической установки, системы автоматического определения и поддержания допустимой мощности главного двигателя и вспомогательных средств автоматизации.

С помощью системы дистанционного управления обеспечивается возможность изменения с мостика частоты вращения главного двигателя и шага ВРШ (последнее обеспечивает и реверс судна), а также управление работой НПУ. Пуск, остановка и реверс главного двигателя (на судне установлен реверсивный двигатель) выполняются вручную из центрального поста управления машинного отделения (рис. 2). Управление главным двигателем и ВРШ осуществляется с помощью расположенной на пульте мостика рукоятки 5 машинного телеграфа (см. рис. 2), воздействующего на так называемый «комбинатор», конструктивно выполненный в виде валика с профилированными кулачками 4 и 6. Кулачок 4 перемещает шток пневматического задатчика, сигнал от которого управляет устав-

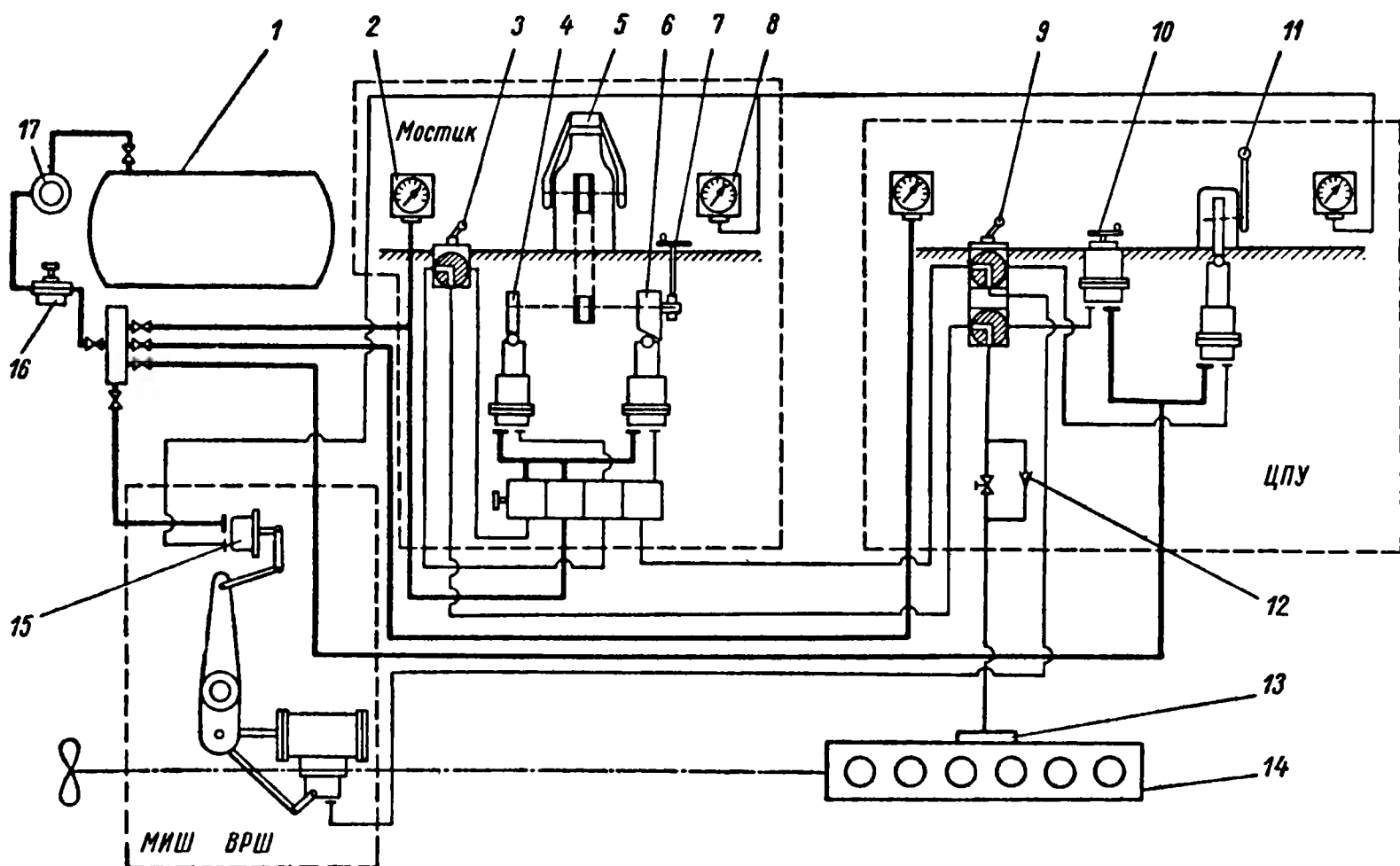


Рис. 2. Система дистанционного управления.

1 — пусковой баллон сжатого воздуха; 2 — указатель давления воздуха; 3 — аварийный переключатель; 4 — кулачок пневмозадатчика частоты вращения; 5 — рукоятка машинного телеграфа; 6 — кулачок пневмозадатчика шага ВРШ; 7 — рукоятка корректора шага ВРШ; 8 — пневмоуказатель фактического шага; 9 — рукоятка переключения управления; 10 — рукоятка дистанционного управления частотой вращения; 11 — рукоятка дистанционного управления шагом ВРШ; 12 — нелинейное пневматическое устройство; 13 — регулятор главного двигателя; 14 — главный двигатель; 15 — пневматический датчик шага ВРШ; 16 — редукционный клапан; 17 — фильтр.

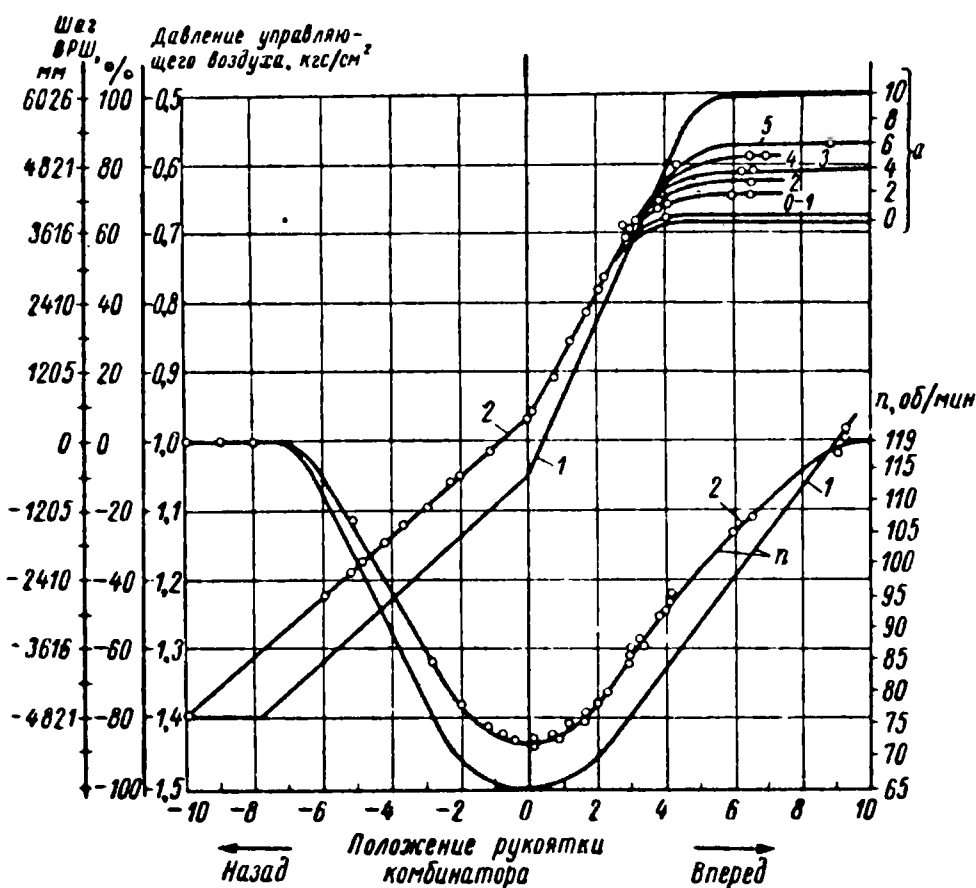


Рис. 3. Проектная (1) и фактическая (2) диаграммы комбинатора «шаг-скорость» тепловоза «Новомиргород». а — положения регулировочного маховика.

кой гидравлического регулятора 13 главного двигателя, в результате чего достигается необходимое изменение частоты вращения гребного вала. Кулачок 6, воздействуя на шток аналогичного пневматического задатчика, обеспечивает формирование пневматического командного сигнала, поступающего на управляющий золотник масляного гидропривода механизма изменения шага ВРШ.

Описанная конструкция обеспечивает одновременное изменение частоты вращения гребного вала и шага ВРШ по заранее заданной программе «комбинатора» (рис. 3). Специальный корректор 7 по-

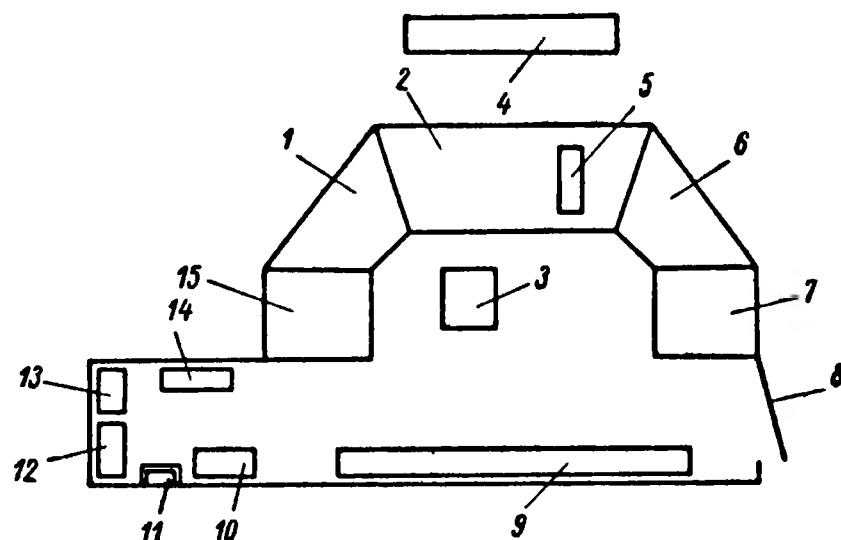


Рис. 4. Схема ЦПУ тепловоза «Новомиргород».

1 — мнемосхема ГД; 2 — панель основных приборов и органов управления; 3 — кресло оператора; 4 — ГД; 5 — механизм ручного управления ГД; 6 — мнемосхема топливной системы с сепараторами; 7 — мнемосхема дизель-генератора; 8 — дверь в М.О.; 9 — щит мнемосхем балластной, осветительной и топливных систем; 10 — система АРС; 11 — скобтрап; 12 — самопишущие приборы; 13 — часы; 14 — щит пожарной сигнализации; 15 — мнемосхемы системы водяного охлаждения.

зволяет (путем сдвига кулачка 6) дополнительно изменять шаг ВРШ, т. е. частично корректировать программу «комбинатора», обеспечивающую защиту двигателя и механизма изменения шага ВРШ от перегрузки при реверсе. Дополнительная коррекция шага с помощью корректора 7 дает возможность использовать полную мощность двигателя при изменении сопротивления движению судна. Коррекция применяется на средних и полных ходах. Фактическое положение шага ВРШ контролируется манометрическим указателем 8, который принимает сигнал от пневматического датчика шага 15.

Переключатель 3 является аварийным, он позволяет в любой момент установить максимальную частоту вращения главного двигателя за счет отключения пневматической линии от задатчика кулачка 4 и включения трубопровода с максима-

ным давлением воздуха. Устройство 12 перед регулятором главного двигателя имеет вспомогательное назначение. Оно состоит из двух параллельных пневматических линий, на одной из которых стоит невозвратный клапан, а на другой дроссель. При сбросе нагрузки пневматический сигнал идет на-



Рис. 5. Общий вид основного пульта ЦПУ теплохода «Новомиргород».

прямую, а при набросе — через дроссель, несколько замедляющий сигнал.

В случае необходимости главный двигатель может быть остановлен с мостика помимо системы

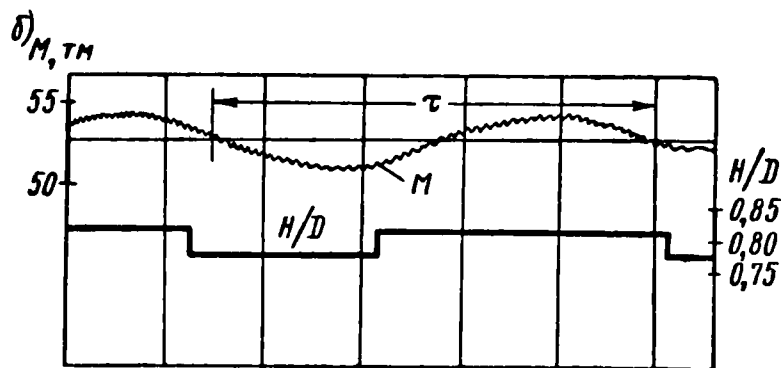
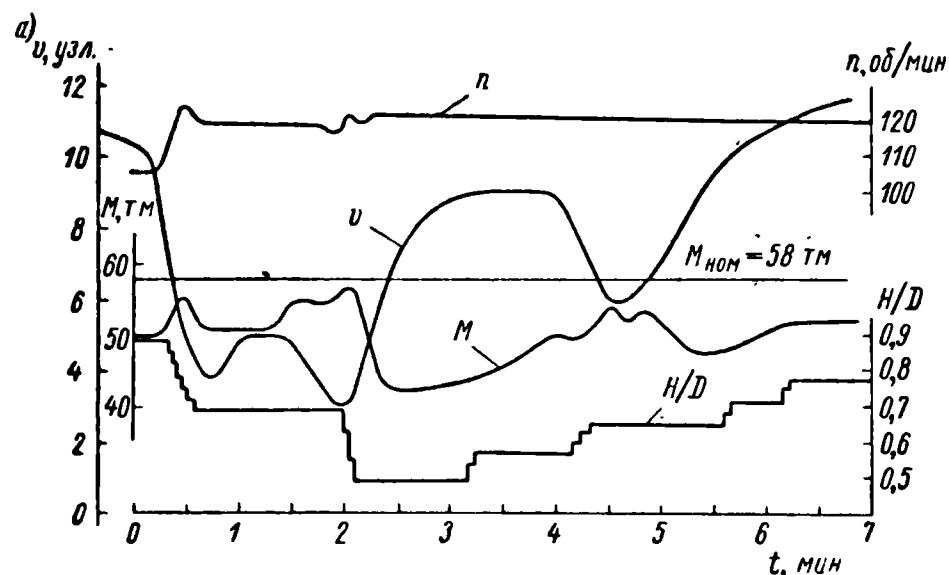


Рис. 6. Работа системы АРС во льдах (а) и на волнении (б).

n — частота вращения; v — скорость хода судна; M — момент на гребном валу; H/D — шаговое отношение винта; τ — период колебаний момента.

дистанционного управления нажатием специальной кнопки, воздействующей на электрозолотник, вмонтированный в регулятор Вудварда главного двига-

теля. Для дистанционного управления ВРШ и НПУ на теплоходе используется электрогидравлическая система фирмы Юнгнер с тремя постами управления на мостике и одним (резервным) в центральном посту управления. Пуск электродвигателя НПУ возможен только при нейтральном положении лопастей винта. Кроме того, предусмотрена блокировка по числу работающих дизель-генераторов (два или три) и по их загрузке (не более 50% для каждого). НПУ не имеет блокировки по скорости. Рукоятки управления шагом НПУ и «комбинатором» главного ВРШ хода судна расположены рядом на бортовых колонках и центральном пульте управления ходовой рубки.

Как видно из приведенного описания, в системе дистанционного управления отсутствуют программы замедления изменений режимов работы главного двигателя. Это является основным недостатком системы. Кроме того, фактическая программа «комбинатора» имеет весьма крутую характеристику в районе нулевого шага винта (см. рис. 3), что несколько снижает гибкость управления маневрами судна на малых ходах.

В непосредственной близости от пульта управления на мостике смонтирован реверсограф, автоматически фиксирующий на ленте дату, время в часах и минутах (при каждом изменении команды или шага ВРШ), частоту вращения гребного вала (с точностью до 10 об/мин), значение шага ВРШ, заданное машинным телеграфом и фактическое.

Центральный пост управления энергетической установкой (рис. 4, 5) расположен на нижних площадках машинного отделения у переднего торца главного двигателя в звукоизолированной выгородке, оборудованной системой кондиционирования воздуха. На основном пульте центрального поста управления смонтированы мнемосхемы с сигнальными лампами, основные измерительные приборы и органы ручного дистанционного управления главным двигателем.

Система централизованного автоматического контроля имеет световую и звуковую сигнализацию, сведенную в три группы: «критическую» — 92 сигнала; «некритическую» — 71; сигналы о работе механизмов — 60.

К группе «критических» отнесены сигналы о низком давлении смазочного масла в главном двигателе и турбонагнетателях, повышенном уровне топлива в сточных колодцах и т. д. Предусмотрен также новый сигнал: «автоматический осушительный насос работает слишком долго». К группе «некритических» отнесены сигналы о неисправностях, не требующих немедленного вмешательства вахтенного (уровни в расширительных цистернах, перепад давлений в топливных и масляных фильтрах и т. д.). Световые сигналы первой и второй групп поступают к лампам красного и оранжевого цветов, размещенным на мнемосхемах центрального поста управления. Шесть ламп (с вращающимися рефлекторами) аналогичных цветов установлены в машинном отделении. Звуковые сигналы (с выдержкой в 30 с) имеют две тональности. Предусмотрены также обобщенные звуковые и световые сигналы на выносных панелях, расположенных в каютах механиков, на мостике, в кают-компании и в сто-

ловой. На каждой из выносных панелей смонтированы красная лампа обобщенной сигнализации «критической группы», оранжевая лампа обобщенной сигнализации «некритической группы», зеленая лампа указателя включения панели в действие и кнопки квитирования (подтверждения) сигналов.

При отклонении контролируемого параметра от нормы включаются соответствующая сигнальная лампа на мнемосхеме, лампа обобщенного сигнала соответствующей группы и звуковой сигнал. После квитирования сигнала вручную мигающий свет переходит в постоянный, а звуковой сигнал прерывается. Каждое отклонение параметра от нормы фиксируется в печатной форме (красным цветом) устройством автоматического регистратора выбегов параметров. Например, запись 70.01.20.16.07.28 означает, что 20 января 1970 г. в 16 часов 07 минут параметр № 28 получил отклонение, выходящее за допустимые пределы. После устранения выбега параметра автоматический регистратор фиксирует новую запись, аналогичную по форме, но уже черным цветом.

Лампы сигналов третьей группы (красного и зеленого цветов) на мнемосхемах загораются немигающим светом.

Из центрального поста управления можно контролировать 50 основных параметров энергетической установки на трех многоточечных индикаторах (с переключателями). Кроме того, здесь установлены три самопишущих прибора, которые автоматически регистрируют 27 параметров (мощность и момент на валу, частоту вращения, давления и температуры, напряжение и силу тока в судовой сети и др.). На панелях имеются кнопки вызова из кают мотористов, сигнальная кнопка вахтенного, которую он обязан периодически нажимать (иначе на мостике раздастся сигнал тревоги), средства связи, обычные приборы контроля. Основные механизмы снабжены счетчиками времени работы.

В пульт центрального поста управления вмонтированы индикаторы мощности, развиваемой ГД,

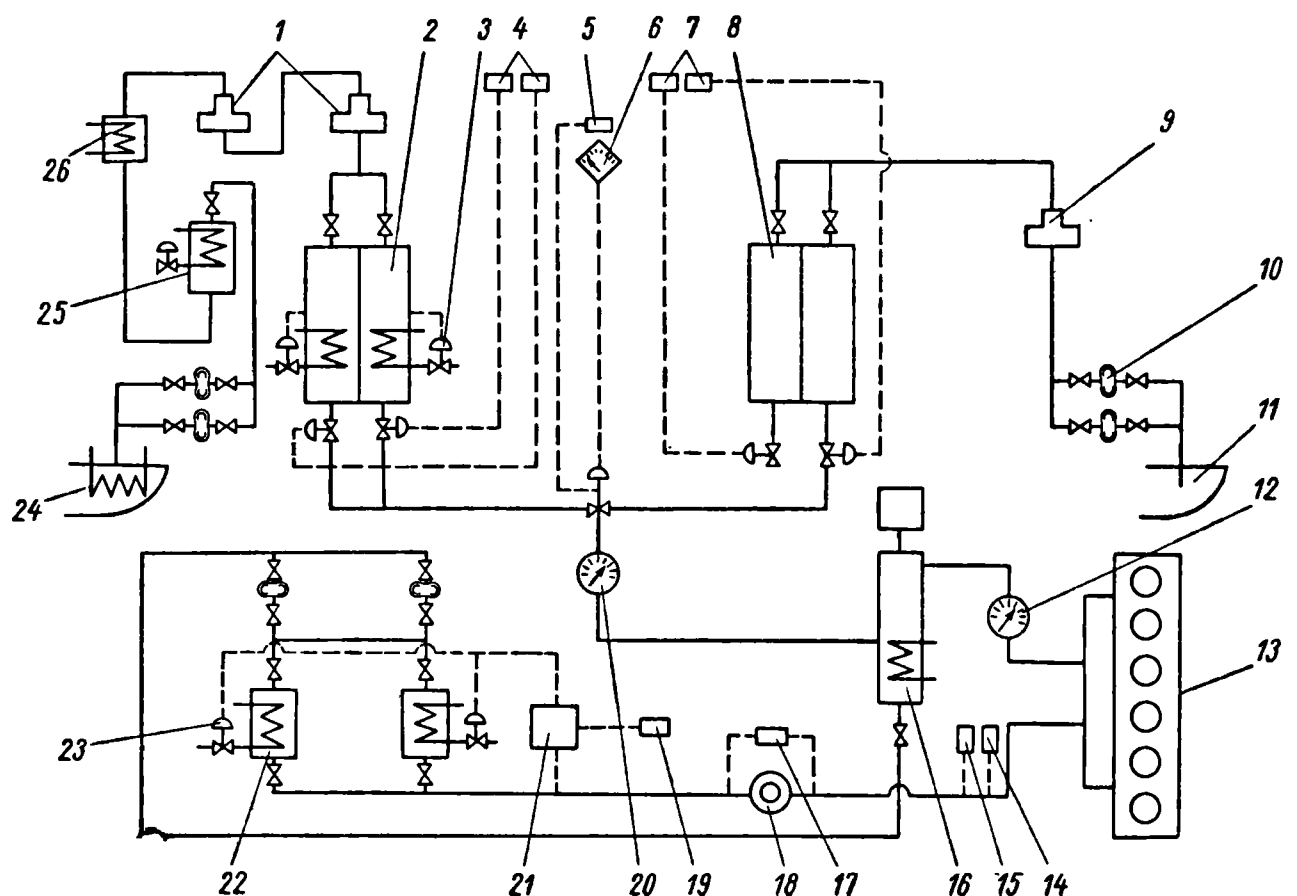
момента на валу и частоты вращения гребного вала. Торсиометр имеет повышенную точность измерения (по моменту $\pm 0,3\%$, по частоте вращения $\pm 0,2\%$, по мощности $\pm 0,5\%$).

В помещении центрального поста управления установлен щит с мнемосхемой балластной, осушительной и топливной систем. На щите имеются сигнальные лампы открытия клинкетов. Управление всеми клинкетами, сосредоточенными в непосредственной близости от центрального поста управления, ручное. Непосредственно из центрального поста управления можно осуществлять дистанционный запуск и остановку всех основных вспомогательных механизмов. Для этой цели на панелях предусмотрено более 30 специальных кнопок, защищенных кожухами.

Система автоматического регулирования мощности АРС фирмы КаМеВа работает на принципе автоматического подбора и поддержания шага ВРШ, обеспечивающего полное использование мощности главного двигателя. Сигнал по фактическому значению частоты вращения коленчатого вала преобразуется в устройстве ограничителя нагрузки пропорционально допустимому положению топливной рейки. Сигнал по ее фактическому положению сравнивается с допустимым. В случае отклонения вырабатывается командный управляющий сигнал, воздействующий на механизм изменения шага ВРШ. Представленные осциллограммы (рис. 6) свидетельствуют о том, что система АРС способна поддерживать в среднем заданную мощность двигателя при изменении шага винта. Особый интерес представляет работа системы на режимах «разгона» винта на волнении. Размахи колебаний момента винта при качке существенно зависят от его шага: чем он меньше, тем меньше колебания нагрузки на винт. Поэтому на судах с ВРШ опасность «разгона» винта можно исключить путем поддержания пониженного шага без специальной системы автоматики. На теплоходе «Новомиргород» для этого достаточно установить шаг винта на 30% меньше номинального. Однако это может привести

Рис. 7. Схема топливной системы теплохода «Новомиргород».

1 — сепараторы тяжелого топлива; 2 — цистерны тяжелого топлива; 3 — регулятор подогрева топлива; 4 — кнопки управления клапанами тяжелого топлива; 5 — кнопка управления смесительным клапаном; 6 — указатель положения смесительного клапана; 7 — кнопки управления клапанами дизельного топлива; 8 — цистерны дизельного топлива; 9 — сепаратор дизельного топлива; 10 — насосы; 11 — танк дизельного топлива; 12 — расходомер слива топлива; 13 — главный двигатель; 14 и 15 — датчики предельных температур топлива; 16 — смесительная система; 17 — датчик перепада давлений на топливном фильтре; 18 — топливный фильтр; 19 — датчик наибольшей вязкости топлива; 20 — расходомер подвода топлива; 21 — регулятор вязкости; 22 — топливоподогреватель; 23 — регулирующий клапан парового топливоподогревателя; 24 — танк тяжелого топлива; 25 — отстойная цистерна; 26 — топливоподогреватель.



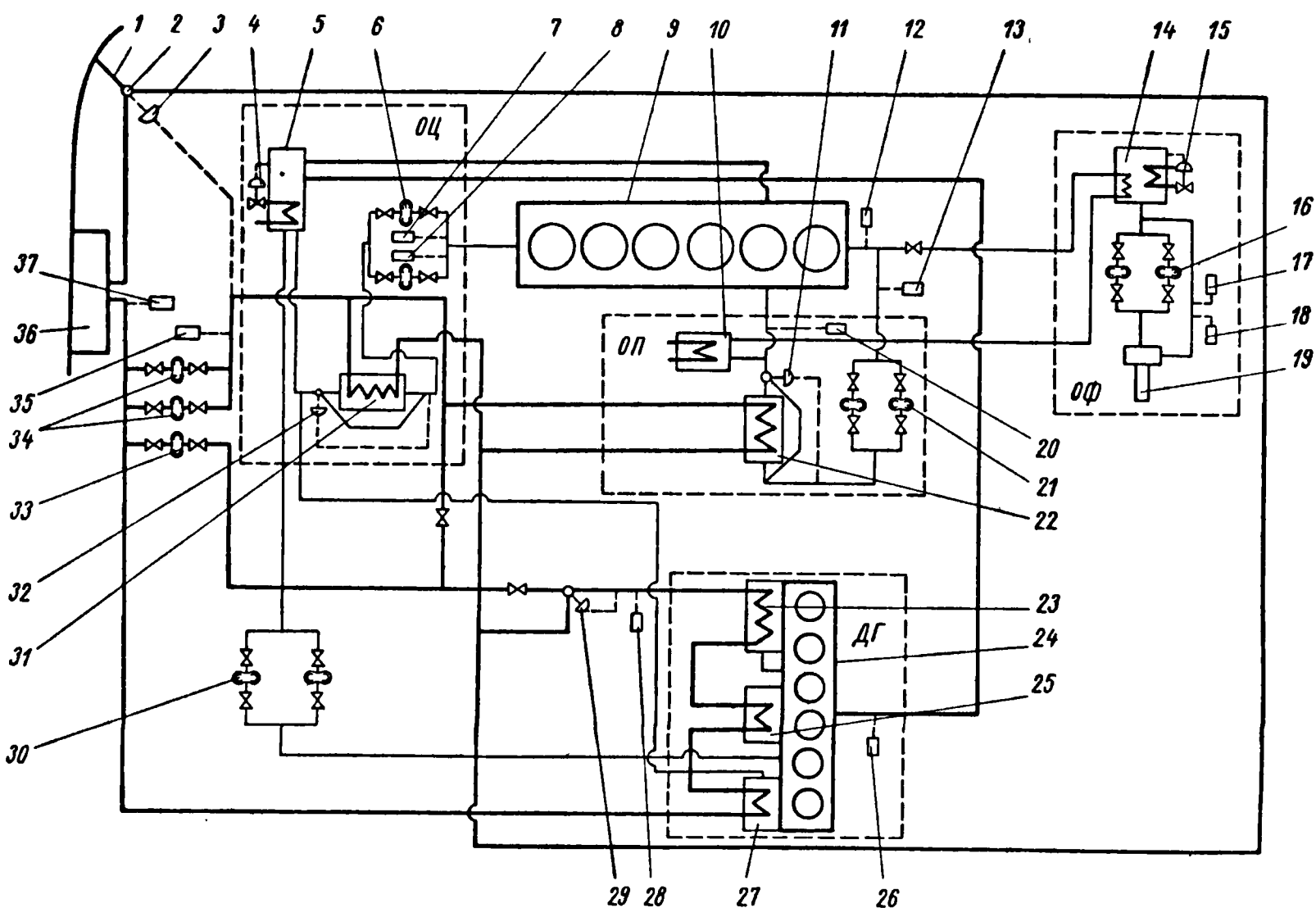


Рис. 8. Схема систем охлаждения теплохода «Новомиргород».

1 — отвод охлаждающей воды за борт; 2 — трехходовой регулирующий клапан; 3, 4 — регуляторы температуры забортной воды; 5 — расширительная цистерна; 6 — насосы контура ОЦ; 7, 13, 17, 35 — датчики минимального давления; 8, 12, 18, 20, 26, 28 — датчики максимальной температуры; 9 — главный двигатель; 10 — сливной танк; 11 — регулятор температуры контура ОП; 14 — змеевик охлаждения в расширительной цистерне контура ОФ; 15 — регулятор температуры подогрева; 16 — насосы контура ОФ; 19 — форсунки главного двигателя; 21 — насосы контура ОП; 22 — охладитель контура ОП; 23 — масляный охладитель ДГ; 24 — дизель-генератор; 25 — воздушный охладитель ДГ; 27 — водяной охладитель ДГ; 29 — регулятор температуры контура охлаждения ДГ; 30 — насосы предварительного прогрева; 31 — охладитель контура ОЦ; 32 — регулятор температуры контура ОЦ; 33 — портовый насос забортной воды; 34 — основные насосы забортной воды; 36 — приемный кингстон; 37 — датчик минимальной температуры.

к недоиспользованию мощности двигателя и дополнительной потере скорости судна на волнении. Применение системы АРС дает возможность обеспечить нормальную работу двигателя в штормовых условиях плавания в среднем при более полном использовании его мощности. Основным недостатком этой системы является то, что подбор параметров управляющего импульсного сигнала (времени, интервалов и запаздывания импульсов) производится вручную. Это снижает эффективность работы системы в условиях нерегулярной качки судна.

Вспомогательные автоматические системы теплохода обеспечивают автоматическое регулирование работы дизель-генераторов, вспомогательного и утилизационного котлов. Предусмотрены самоочищающиеся топливные и масляный сепараторы, топливные и масляные фильтры. Автоматизация дизель-генераторов включает систему предпускового проворачивания. После нажатия пусковой кнопки (вручную или через систему автоматического запуска резервного генератора) подается воздух в мембранный исполнительный механизм, прижимающий вспомогательный пневматический датчик частоты вращения к торцу маховика вспомогательного двигателя. Затем открывается небольшой клапан, подающий в цилиндры двигателя пусковой воздух в количестве, достаточном лишь для страгивания с места коленчатого вала. Если страгивание вала произошло (что фиксируется вспомогательным датчиком частоты вращения), то подается раз-

решающий сигнал на открытие основного пускового клапана, происходит пуск двигателя, после чего отключается вспомогательный датчик частоты вращения.

В схему топливной системы (рис. 7) входят 5 дистанционно управляемых клапанов, позволяющих из центрального поста управления переводить двигатель с тяжелого топлива на дизельное и наоборот, регулятор вязкости, топливный фильтр (с автоматической очисткой) и датчики системы сигнализации. Схема системы водяного охлаждения состоит из четырех контуров: охлаждения цилиндров (ОЦ) главного двигателя, охлаждения поршней (ОП), охлаждения форсунок (ОФ) и охлаждения дизель-генераторов. В последнем контуре на все три двигателя установлен один регулятор температуры (рис. 8). В схеме охлаждения масляной системы также имеется один регулятор.

Все основные системы регулирования являются пневматическими, воздух к ним поступает из пусковых баллонов главного двигателя. Однако на судне с ВРШ пуск главного двигателя происходит один раз за рейс, поэтому главные компрессоры в основном работают на системы регулирования. Лишь периодически они подкачивают воздух в пусковые баллоны.

На теплоходе «Новомиргород» реализован интересный комплекс новых технических средств, позволяющий улучшить маневренные качества судна и обеспечить более полное использование мощности главных двигателей.

ВЛИЯНИЕ КАЧКИ СУДНА НА АППАРАТУРУ УСЭППА

А. В. ЕРМОЛАЕВ-МАКОВСКИЙ

УДК 629.12:532.59.041.001.5

В настоящее время в автоматике судовых энергетических и технологических установок все более широкое применение находит пневмоавтоматика, основанная на аппаратуре УСЭППА. Разработанная для общепромышленных целей эта аппаратура обладает рядом достоинств, стимулирующих ее распространение в системах судовой автоматики. Однако специфические судовые условия эксплуатации (в частности, качка) неблагоприятно влияют на технические характеристики аналоговой ветви этой аппаратуры. Это влияние необходимо учитывать при проектировании судовых систем регулирования и управления.

В основных аналоговых элементах УСЭППА выходной сигнал компенсирует действие как входных сигналов, так и вес подвижных частей. Уравнение статической характеристики любого из этих элементов имеет вид

$$Y = K(X + b),$$

где X, Y — входной и выходной сигналы;
 K — коэффициент усиления элемента;

$b = \frac{P}{F} \cos \alpha$ — весовая погрешность;

P — вес подвижных частей элемента;
 F — активная площадь мембранного узла;
 α — мгновенное значение угла наклона оси подвижных частей к вертикали.

Поскольку масса подвижных частей элемента P достигает нескольких десятков граммов, а активная площадь мембранного узла F из-за стремления к миниатюризации невелика, весовая погрешность b при больших значениях коэффициента

усиления элемента K может быть сравнима с X и Y . Эта погрешность проявляется при всех математических операциях, выполняемых на элементах УСЭППА.

В стационарных условиях при $a = \text{const}$ суммарная весовая погрешность схемы $B = \sum_{i=1}^n b_i$ может быть компенсирована введением постоянной составляющей $B^* = B$ в любом месте сколь угодно развитой схемы.

В судовых условиях $B = B(\alpha_\varphi, \alpha_\psi)$,

где $0 < \alpha_\varphi < \frac{\pi}{4}$ — угол бортовой качки;

$0 < \alpha_\psi < \frac{\pi}{6}$ — угол килевой качки,

и не может быть компенсирована постоянной составляющей.

Предлагаются два способа компенсации $B(\alpha_\varphi, \alpha_\psi)$:

1. Устранение влияния бортовой качки, как наиболее существенной. Для этого элементы устанавливаются на платах, а платы на судне закрепляются так, чтобы оси подвижных частей элементов располагались горизонтально, параллельно диаметральной плоскости судна. При этом выполняется условие $\Delta\alpha\varphi = 0$.

2. Противоположное последовательное соединение однотипных элементов. Например, при таком соединении решающих усилителей:

$$Y = K_2 \left(K_1 X + K_1 \frac{P_1}{F_1} \cos \alpha_1 + \frac{P_2}{F_2} \cos \alpha_2 \right).$$

Если выполняются условия $P_1 = P_2$, $F_1 = F_2$, $\alpha_1 = \pi - \alpha_2$, $K_1 = 1$, то $Y = K_2 X$.

Второй способ полностью устраняет влияние бортовой и килевой качки, но требует некоторой элементной избыточности.

Проектанты развитых систем управления на базе аппаратуры УСЭППА должны учитывать влияние веса подвижных частей элементов. В узлах с $K \gg 1$ необходимо компенсировать весовую погрешность элементов. Выбор способа компенсации должен определяться в каждом отдельном случае с учетом расчетных коэффициентов усиления решающих блоков схемы и общей допустимой погрешности этой схемы.

ПО СТРАНИЦАМ КНИГ

Marine Sciences Instrumentation, т. 4. Proceedings of the Symposium. Plenum Press, 1968. Новое в проблемах судового приборостроения. Приборы для глубоководных исследований, для физической океанографии, для судовой навигации. Приборы, регистрирующие состояние человека под водой. Оптические океанографические приборы. Океанские платформы и их приборы. Применение вычислительной техники в океанографии.

Merchant Ships, World built, т. 16. A. Coles, 1969. Торговые суда мира. Суда вместимостью от 1000 брт и более, законченные постройкой в 1968 г.

Merrit J. H. — Refrigeration on Fishing Vessels. «Fishing News», 1969. Справочник-ежегодник по рефрижераторным установкам для рыболовных судов.

Ocean Engineering Coals, Environment, Technology. System Planning and Design. J. F. Brahtz, J. Wiley and Sons, 1968. Планирование, проектирование и строительство глубоководных систем.

Schiffsmaschinenbetrieb. Technik, 1969. Судовые механизмы и их эксплуатация. Современные системы регулирования и управления дизелями, котлами, паро- и газотурбинными установками. Вопросы проектирования и эксплуатации гребных винтов, валопроводов, редукторов, систем кондиционирования воздуха.

Die Deutsche Handelsflotte, 1969/70. Seehafen Verlag. Справочник ФРГ. Перечень торговых судов ФРГ с указанием основных характеристик.

Ship Design and Construction, SNAME, 1969. Практическое применение корабельной архитектуры к постройке су-

дов. Значительно переработанное и дополненное издание книги 1955 г. Имеются следующие разделы. Рациональные основы проектирования. Развитие методов постройки и применение новых материалов. Прочность судов. Развитие конструкций судов и объяснение изменений в правилах классификационных обществ. Технология постройки. Новые грузовые и другие судовые устройства. Новые системы трубопроводов, применяемые на больших танкерах. Акустическое и спасательное оборудование. Организация труда на судостроительных верфях. Платформы для бурения нефти в море. Глубоководные аппараты, их постройка и классификация. Словарь терминов.

SNAME. Proceedings, 1968. Diamond Jubilee. International Meeting (Юбилейное издание общества инженеров-кораблестроителей и механиков — США). Организация производства на судостроительных верфях США. Унифицированные грузовые транспортные системы в судостроении. Достижения по организации производства и технологии постройки судов на японских верфях. Судостроение в США. Проектирование океанских глубоководных аппаратов. Проектирование многокорпусных судов и их гидродинамические характеристики. Замечания о современных и будущих перспективах развития судовых установок. Быстроходные суда 70-х годов. Заинтересованность судостроителей и судовладельцев в двигателях Дизеля средней мощности. Паротурбинные установки для современных судов. Суда-амфибии.

Some Effects of Hull Form on Ship Performance in a Seaway. SNAME, 1967. (Материалы симпозиума Общества инженеров-кораблестроителей и механиков по теории корабля). Влияние формы корпуса на ходовые характеристики судов. Материалы по испытанию серии грузовых судов, вопросы сравнительной характеристики слемминга двух моделей судов, характеристики корпусов двух различных форм на нерегулярном волнении, экономическое значение результатов испытаний.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ

Н. В. ОБОЛЕНСКИЙ

УДК 621.36.036.019.3

Основным рабочим элементом судового электротермического оборудования являются трубчатые электронагреватели — ТЭНы. Рекомендации по определению их надежности, в основном, сводятся к проверке герметичности оболочек, испытаниям изоляции на пробой и замерам ее сопротивления [1]. С целью увеличения надежности электротермического оборудования необходимо конкретное задание ТЭНу (или группе ТЭНов) величины сопротивления изоляции, зависящей от габаритов его элементов, качества и эксплуатационных температур материала наполнителя.

Поставленную задачу можно решить на основе данных ГОСТ 13236—67 с помощью формулы

$$R_{из} = \frac{\rho \cdot \ln \frac{D}{d}}{2\pi L}, \quad (1)$$

где $R_{из}$ — сопротивление изоляции ТЭНов, ом;

L — длина одного ТЭНа (или группы ТЭНов, входящих в изделие), см;

D — внутренний диаметр оболочки ТЭНа, мм;

d — больший диаметр спирали или контактного вывода ТЭНа, мм;

ρ — удельное объемное сопротивление материала-наполнителя для заданной температуры, ом·см.

График, показанный на рис. 1, строился с учетом следующих соображений:

1) влияние эксплуатационной температуры на величину удельного объемного сопротивления периклаза (кристаллическая окись магния, получаемая плавкой магнезита в электродуговой печи) наиболее заметно сказывается при температурах, превышающих 500°С;

2) минимально допустимое значение сопротивления изоляции ТЭНа в рабочем состоянии не превышает 1 Мом;

3) наличие влаги в наполнителе исключено;

4) эксплуатационная температура наполнителя будет превышать 500°С. Это допустимо только для периклаза 1 и 2 классов (ГОСТ 13236—67) и соответствует электронагревателям также 1 и 2 классов [2].

Поскольку длина ТЭНа может быть меньше 1 м, на оси абсцисс графика рис. 1 отложены отрицательные значения натурального логарифма. Наибольшее значение суммарной длины ТЭНов, охватываемой графиком, соответствует $\ln L = 5$ и равняется 150 м. При значениях $\ln \frac{D}{d}$, не входящих в таблицу графика, их следует принимать равными ближайшим минимальным табличным значениям.

Для определения возможности задания повышенных требований к величине сопротивления изоляции в рабочем (горячем) состоянии на график нанесены наклонные линии, показывающие, каким габаритно-температурным соотношением соответствует сопротивление изоляции 10 Мом.

Однако для оценки надежности ТЭНов в зависимости от времени их эксплуатации задание и определение величины сопротивления изоляции недостаточно, так как она не харак-

теризует долговечность и безотказность их работы. В связи с этим потребовались другие критерии, дающие более полное представление о надежности ТЭНов.

Я. Б. Шор и Р. В. Кугель, оценивая надежность продукции, разделяют все изделия (в зависимости от возможности их восстановления при отказе) на два больших класса: восстанавливаемые и невосстанавливаемые. По своей конструкции ТЭНы относятся ко второму классу, для которого определение надежности можно сформулировать в соответствии с ГОСТом 13377—67 следующим образом: надежность ТЭНов — свойство, обусловленное их безотказностью и долговечностью, обеспечивающее сохранение эксплуатационных показателей в течение установленного промежутка времени и при заданных условиях работы. В свою очередь, безотказность — это свойство ТЭНов непрерывно сохранять работоспособность в эксплуатационных или заранее установленных условиях в пределах заданного отрезка времени, а долговечность — свойство ТЭНов сохранять работоспособность до предельного состояния, определяемого невозможностью дальнейшей их эксплуатации. Безотказность и долговечность взаимосвязаны между собой. ТЭНы, обладающие большой долговечностью, как правило, имеют высокую безотказность в любом интервале времени, входящем в период, которым ограничена долговечность.

В настоящее время большинство исследователей считают, что причинами отказов ТЭНов являются следующие факторы:

1) изменение диэлектрических свойств наполнителя (периклаза), приводящее к снижению сопротивления изоляции за пределы допустимой нормы ($R_{из} < 1$ Мом);

2) разрушение узла герметизации;

3) разрушение или износ оболочки и других элементов конструкции;

4) перегорание спирали или недопустимое увеличение ее активного сопротивления — свыше 20% от первоначального [1].

Определим факторы, способствующие появлению перечисленных дефектов, и укажем меры по их устранению. Для конкретизации рассуждений здесь и далее в качестве отправной базы за минимально допустимый срок службы, требуемый ГОСТ 13268—67, примем 10^4 ч.

Изменение диэлектрических свойств наполнителя (периклаза) происходит из-за его гигроскопичности и в редких слу-

$t, ^\circ\text{C}$

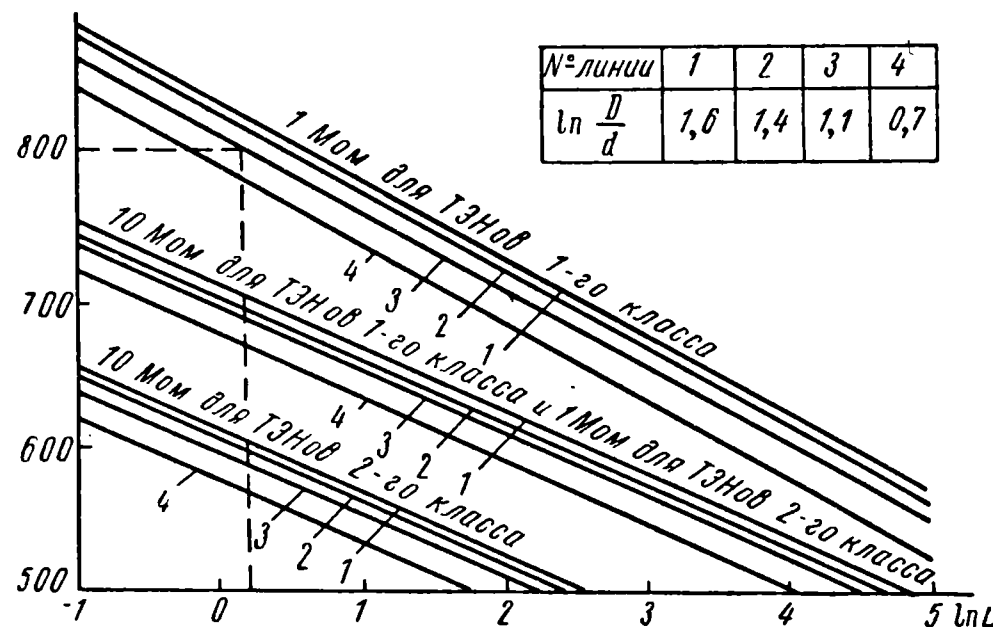


Рис. 1. График зависимости сопротивления изоляции ТЭНов от их габаритов и эксплуатационной температуры периклаза (материала, используемого в качестве наполнителя ТЭНов).

чаях из-за наличия в нем компонентов, приобретающих с течением времени и под действием высоких температур свойство токопроводимости. В результате этого возрастают утечки тока, и работоспособность ТЭНов нарушается. Диэлектрические свойства увлажненного периклаза могут быть восстановлены просушиванием при температуре 500—550°С.

Разрушение узла герметизации, как правило, происходит в результате изменения из-за теплового воздействия диэлектрических свойств применяемых для герметизации материалов или создаются условия для проникновения влаги и воздуха внутрь ТЭНа. Это значительно увеличивает интенсивность окисления (перегорание) его спирали. Для предотвращения указанных явлений при производстве ТЭНов применяют специальные герметизирующие узлы — гермовводы, изготовленные на основе спаев металла и керамики, имеющих срок службы значительно больший, чем 10^4 ч.

Мгновенных отказов ТЭНов после нарушения их герметизации не происходит. Их работоспособность, как правило, сохраняется значительное время, зависящее от ряда причин (влажности, температуры и т. п.), однако в условиях эксплуатации на судах происходит резкое снижение сопротивления изоляции, при падении которого ниже допустимых норм ТЭНы приходится заменять.

Разрушение или износ оболочки происходит из-за неправильного подбора ее материала, эксплуатации ТЭНов при очень высоких температурах, нарушения технологического процесса изготовления. Разрушение оболочек ТЭНов, работающих в газовых неагрессивных средах, приводит к проникновению влаги и воздуха и, как следствие, интенсивному окислению спирали. Разрушение оболочек ТЭНов, работающих в жидких средах, приводит к немедленному выходу их из строя.

Основными мерами по устранению этих дефектов могут быть рекомендации по подбору материалов, соответствующему условиям эксплуатации [2], и совершенствование технологии производства ТЭНов.

Перегорание спирали или недопустимое увеличение ее активного сопротивления является следствием детерминированных физико-химических процессов, значительно активизирующихся под действием вышеперечисленных причин, и, кроме того, может быть результатом включения ТЭНов на повышенные нагрузки.

На рис. 2 показана диаграмма, отражающая влияние основных производственно-эксплуатационных факторов на долговечность спирали, обуславливающую надежность работы ТЭНов. Долговечность спирали зависит от материала, диаметра и рабочей температуры. Вокруг этого фактора группируются девять остальных, при этом факторы 5—9 оказывают отрицательное влияние на работоспособность ТЭНов, а 1—4 являются контрмерами по их устранению.

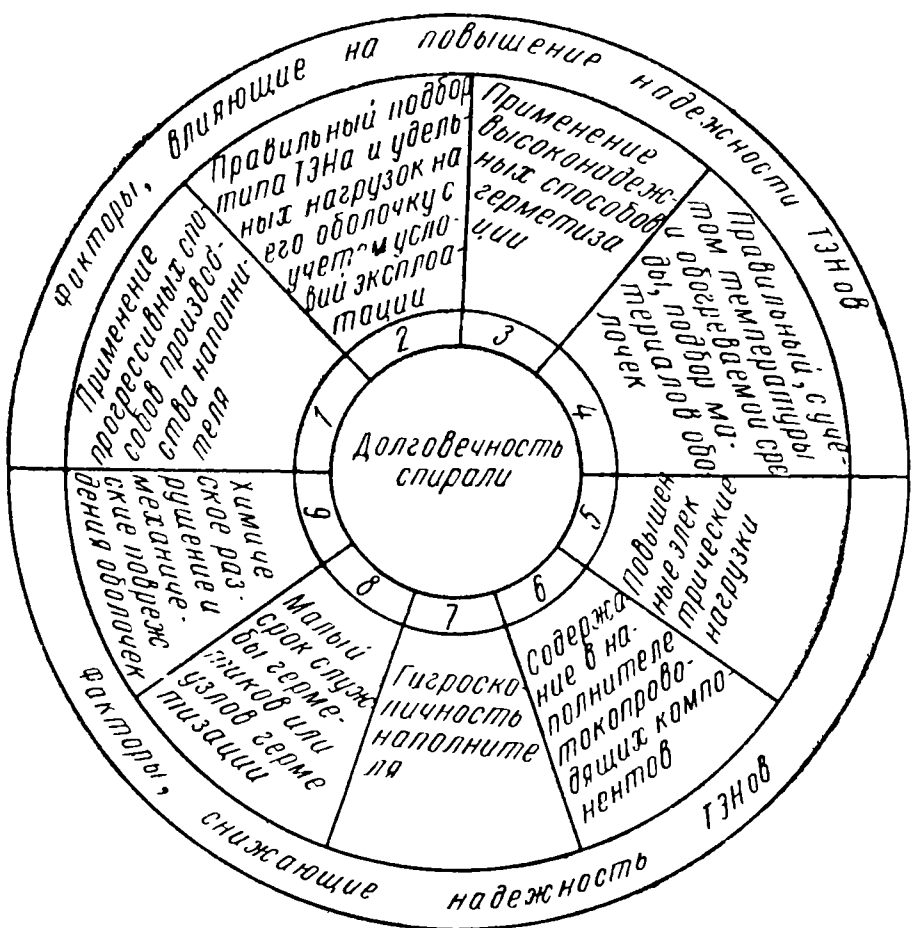


Рис. 2. Диаграмма основных факторов, влияющих на надежность ТЭНов.

Характерной особенностью всех перечисленных причин и факторов является их общий признак: случайность возникновения даже при постепенном накоплении физических изменений, позволяющих трактовать отказ ТЭНов, как случайное событие. Рассматривая отказ в течение заданного интервала времени $(0, t_\eta)$, который в настоящее время оговорен ГОСТ 13268—67 и равен 10^4 ч, как случайное событие, введем в качестве меры надежности вероятность того, что отказ не возникает в этом интервале, т. е. будем считать, что для каждого отдельно взятого ТЭНа показателем надежности будет величина наработки его до отказа T . Таким образом, отказ представляет собой событие, состоящее в том, что $T \leq t_\eta$, а сама надежность является вероятностью противоположного события ($T > t_\eta$).

Для количественной оценки надежной работы изделий обычно используют следующие критерии: $P(t)$ — вероятность безотказной работы к моменту времени t ; $\lambda(t)$ — интенсивность отказов; $T_{ср}$ — среднее время безотказной работы. При определении этих величин исходят из экспериментальных данных о наработке изделий до отказа и математических моделей теоретических законов распределения.

Для целого ряда исследований надежности (особенно при небольших сроках службы изделий) определение количественных величин $P(t)$, $\lambda(t)$ и $T_{ср}$ с помощью обработки данных ресурсных испытаний не является сложным. Однако для ТЭНов, сохраняющих свою работоспособность в течение 3—10 лет, такой метод нецелесообразен. Это

связано, во-первых, с тем, что нагреватели, надежность работы которых подтверждена проверкой, не могут быть уже использованы, как утратившие работоспособность; во-вторых, нет возможности быстро учитывать технологические и конструктивные изменения, обуславливаемые техническим прогрессом и в значительной степени влияющие на надежность; в-третьих, количественные оценки, полученные с помощью определенной математической модели, все равно отражают действительное состояние в той степени, в какой фактическое распределение отказов приближается к выбранной модели. Поэтому весьма целесообразно было бы найти способ определения долговечности электронагревателей с помощью эмпирических формул, выведенных на основе уже имеющихся и обработанных статистических данных.

Решение поставленной задачи значительно облегчается тем, что все три показателя надежности изделий математически взаимосвязаны, т. е. достаточно знать хотя бы величину одного показателя, чтобы определить другие, к тому же в технической литературе имеются сведения по определению долговечности нагревателей с помощью эмпирических формул в зависимости от конструктивно-эксплуатационных параметров и факторов.

Анализируя многочисленные работы, нельзя не остановиться на фундаментальных исследованиях по определению зависимости долговечности ТЭНов от диаметра и температуры эксплуатации их спиралей, проведенных в ФРГ [3]. Р. Чепек исследовал ТЭНы со спиралью из стали марки NiCr 80-20, близкой по своим эксплуатационным характери-

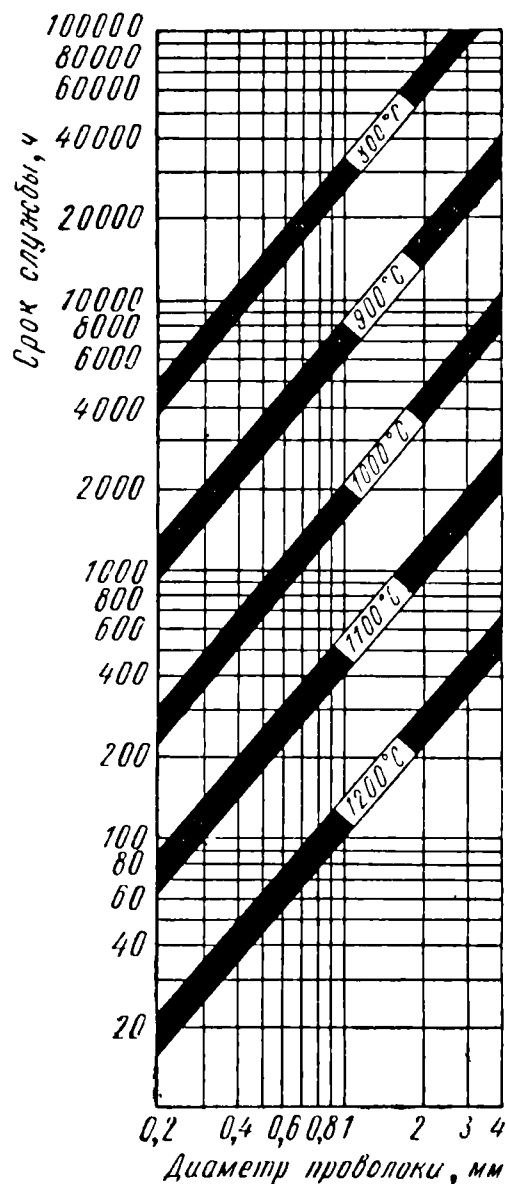


Рис. 3. График зависимости срока службы ТЭНов от эксплуатационной температуры спирали и диаметра ее проволоки.

стикам отечественным проволочным сплавам марок Х15Н60, Х15Н60-Н, Х20Н80 и Х20Н80-Н. Им была установлена зависимость срока службы ТЭНов от температуры и диаметра спирали. Полученную зависимость Р. Чепек показал в виде графика (рис. 3), на оси абсцисс которого отложены значения диаметров проволоки, применяемых в ТЭНах, а на оси ординат — срок службы. Экспериментально установлено, что зависимость, полученная Р. Чепеком, закономерна и для ТЭНов, применяемых в отечественном судостроении. Однако для дальнейшего использования при определении показателей надежности ТЭНов график в представленном на рис. 3 виде неудобен, поэтому попытаемся изобразить приведенную на нем зависимость в форме, удобной для математической обработки. Для этой цели определим отдельно закономерность возрастания срока службы ТЭНов в зависимости от увеличения диаметра проволоки и уменьшения эксплуатационной температуры их спиралей.

Если разделить сроки службы ТЭНов с различными диаметрами проволоки, взятыми для одной и той же температуры, на значения срока службы ТЭНа с диаметром проволоки 0,2 мм, то полученные от деления частные (назовем их диаметрными коэффициентами k_d) можно представить в виде графика, показывающего как изменяется срок службы ТЭНов в зависимости от диаметра проволоки спирали (рис. 4). Вид графика обусловлен допусками на диаметр, отклонением химического состава сплавов, колебаниями испытательного напряжения, сказывающегося на температуре спирали, и т. д.

Если теперь разделить значения сроков службы ТЭНов, имеющих спирали с проволокой диаметром 0,2 мм (взяты при различных температурах), на срок службы, требуемый ГОСТ 13268—67 ($t_{\eta} = 10^4$ ч), то полученные от деления частные (назовем их температурными коэффициентами k_t) можно представить в виде графика, показывающего, как изменяется срок службы в зависимости от эксплуатационной температуры спирали (рис. 5).

С целью большей компактности графика на оси абсцисс отложены величины корня кубического из действительных значений коэффициентов k_t (при температуре спирали $t_{сп} \leq 550^\circ \text{C}$ $k_t = 2$).

В свою очередь, характер определения коэффициентов k_d и k_t и построения графиков их зависимости позволяет вывести эмпирическую формулу для вычисления долговечности ТЭНов T , работающих в лабораторных условиях при постоянной температуре в цикле включения и отключения с интервалом 2 мин

$$T = 10^4 \cdot k_t^3 \cdot k_d, \quad (2)$$

так как именно в этих условиях были определены наработки ТЭНов до отказа.

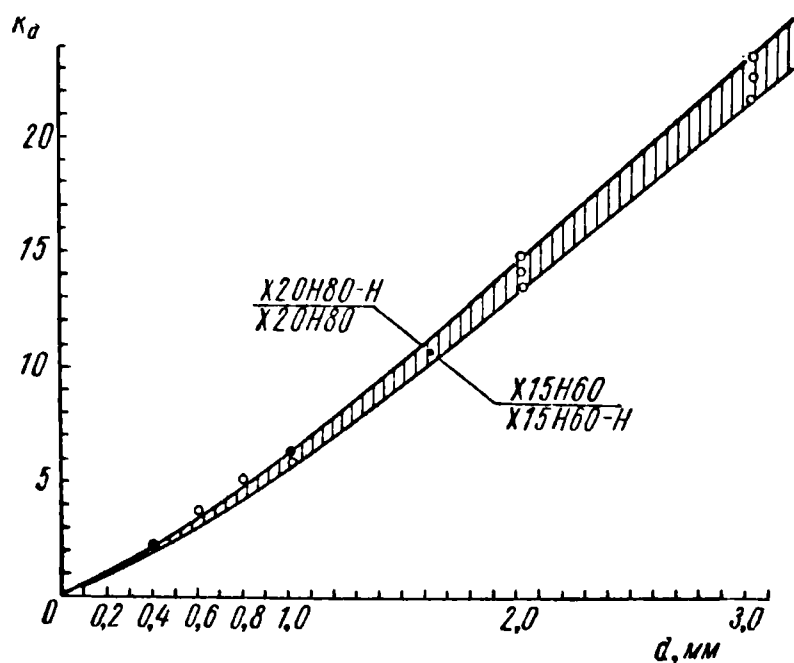


Рис. 4. График зависимости k_d от диаметра спирали.

Весьма неблагоприятно сказываются на надежности ТЭНов в судовых условиях переходы температуры через нулевую отметку [4], значительно снижающие срок сохранности надежной герметизации. Под этим термином понимается промежуток времени, в течение которого герметик или герметизирующий узел сохраняет способность изолировать наполнитель и спираль (находящиеся во внутренней полости обо-

лочка ТЭНа) от влияния внешней среды, одновременно сохраняя свои первоначальные электротехнические характеристики. Таким образом, долговечность, определяемую по формуле (2), следует считать как теоретически возможную или как математическое ожидание времени исправной работы.

Из рис. 4—5 видно, что коэффициенты k_d и k_t для одного диаметра проволоки и для одной и той же температуры эксплуатации спирали не однозначны, т. е. долговечность, определенная при одних и тех же параметрах, может отличаться.

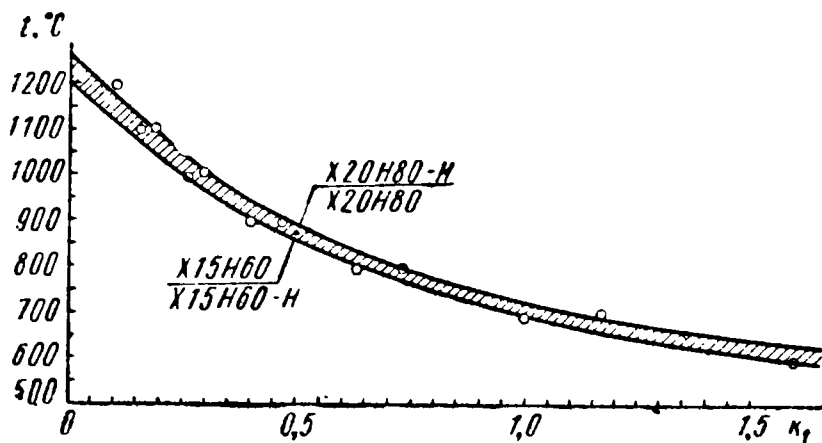


Рис. 5. График зависимости k_t от рабочей температуры спирали.

Поэтому при расчетах $P(t)$ и $\lambda(t)$ следует брать среднее ее значение, вычисляемое по формуле

$$T_{ср} = \frac{T_{в} + T_{н}}{2}, \quad (3)$$

где $T_{в}$ — долговечность, найденная по верхним значениям коэффициентов;

$T_{н}$ — долговечность, найденная по нижним значениям коэффициентов.

Дисперсия долговечности определится из выражения

$$\sigma^2 = (T_{в} - T_{ср})^2. \quad (4)$$

Определение величин $T_{ср}$ и σ^2 расчетным путем позволяет вычислить интенсивность отказов $\lambda(t)$ и вероятность безотказной работы $P(t)$, не прибегая к ресурсным испытаниям с помощью математических моделей. Многолетний опыт показал, что для ТЭНов, изготовляемых с учетом факторов 1—4 диаграммы (см. рис. 2), имеющих стабильно высокое даже в среде с повышенной влажностью сопротивление изоляции и срок сохранности надежной герметизации T' больший, чем необходимый срок службы ($T' > t_{\eta}$), и работающих с тепловой или токовой защитой, характерно преобладание постепенных отказов, вызываемых медленным и необратимым процессом окисления и физическим старением материалов.

Такой род отказов определяет возможность применения для их описания нормального распределения

$$P(t) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} e^{-\frac{(t-T_{ср})^2}{2\sigma^2}} dt, \quad (5)$$

где $T_{ср}$ — математическое ожидание времени исправной работы, определяемое по формуле (3);

σ^2 — дисперсия, определяемая по формуле (4);

σ — среднеквадратическое (стандартное) отклонение случайной величины $T_{ср}$.

Для нормального распределения наработок до отказа характерен малый коэффициент вариации, т. е. $\frac{\sigma}{T_{ср}} < \frac{1}{3}$.

При соблюдении этого неравенства вероятность отсутствия отказа в промежутке от 0 до t находится по уравнению

$$P(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt = 1 - F(t) = F_0\left(\frac{T_{ср} - t}{\sigma}\right), \quad (6)$$

а интенсивность отказов по уравнению

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{1}{\sigma} f_1\left(\frac{T_{ср} - t}{\sigma}\right). \quad (7)$$

Эти функции вычисляются с помощью таблиц нормального распределения [5].

При определении же вероятности безотказной работы прочих ТЭНов, имеющих $T' \leq t_{\eta}$ и могущих подвергнуться воздействию факторов 5* и 9 (см. рис. 2), целесообразно использовать следующую зависимость:

$$P(t) = e^{-\lambda t} = \exp(-\lambda t), \quad (8)$$

где λ — интенсивность отказов.

Вычисление этой функции можно делать с помощью таблиц экспоненциального распределения [5].

Экспоненциальный закон имеет только один параметр распределения $\lambda = \text{const}$, который представляет собой простой и весьма удобный для расчетов и сравнений показатель надежности изделий. Величину λ принято оценивать в 1/ч или в процентах к определенной продолжительности работы в часах и можно определить как

$$\lambda(t) = \lambda = \frac{1}{T_{\text{ср}}}. \quad (9)$$

Необходимо в технические условия и ГОСТы на ТЭНы ввести требования к сопротивлению изоляции и к показателям надежности, основанные на опытных данных с учетом опубликованных результатов [1], [3], [6]. Эти нормативы можно представить в следующем виде:

— средняя наработка до отказа ($T_{\text{ср}}$) равна 6000, 8000, 10 000, 12 000, 15 000, 20 000, 30 000, 40 000, 50 000 ч;

— вероятность безотказной работы $P(t)$ для ТЭНов, изготавливаемых с учетом факторов 1—4 диаграммы (см. рис. 2),

* Под повышенными электрическими нагрузками подразумеваются нагрузки, не предусмотренные расчетом, например, повышение в цепи напряжения выше допустимых норм.

ПО СТРАНИЦАМ КНИГ

Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft, 1969, т. 63, Springer—Verlag, 1970. Ежегодный сборник технического общества судостроителей ФРГ, содержит доклады членов общества, изложенные в форме статей. Сборник начинается с обзора, посвященного проблемам, связанным с грузовыми операциями на танкерах. С ростом их водоизмещения увеличиваются производительность и напор грузовых насосов. С возрастанием осадки судов возникает необходимость разгрузки их на открытом рейде. Это предъявляет дополнительные требования к надежности грузовых устройств. На танкерах применяется автоматическое программированное управление грузовыми операциями. При этом обеспечивается наблюдение за напряжениями в корпусе, возникающими в результате изменения нагрузки, и осуществляется необходимая балластировка.

Представляет интерес методика определения режима эксплуатации судна в ледовой обстановке. Приведены экспериментальные данные о ледовом сопротивлении в зависимости от скорости хода и толщины льда.

В специальной статье рассказывается о применении ряда методов, используемых во время испытания материалов на прочность и при дефектоскопии (ультразвуковой метод, магнитный и т. д.).

Применение высоконапряженных судовых энергетических установок связано с необходимостью организации эффективного контроля и регистрации многих быстроизменяющихся параметров. Этому вопросу посвящена статья, в которой рассматриваются оптико-электрический метод измерений, возможности микрофильмирования осциллограмм, применяемые схемы приборов, характеризуются измеряемые параметры.

Большое внимание в сборнике уделено транспортировке насыпных грузов в корытообразных универсальных контейнерах нового типа. Каждый контейнер имеет положительную плавучесть, может входить как секция в состав плотов, либо транспортируется по железной дороге. Контейнер имеет крепления для соединения с двухосной железнодорожной рамой, образующей вместе с ним грузовую платформу.

Представляет интерес информация о газорезательных машинах с оптической следящей или цифровой системами управления. Резка листового металла по копир-чертежам, изготовленным в масштабе 1 : 10, происходит с точностью $\pm 3,2$ мм, электронная система управления обеспечивает степень точности до $\pm 0,8$ мм. Значительное место в сборнике уделено

рекомендаций по назначению им сопротивления изоляции и классификации [2], равна 0,90; 0,92; 0,94; 0,96; 0,98; 0,99; 0,999; для прочих случаев — 0,85; 0,80; 0,75; 0,70; 0,65; 0,60; 0,55; 0,50; — гарантийная наработка $T_{\text{г}}$ составляет 4000, 6000, 8000, 10 000, 12 000, 15 000, 20 000, 25 000, 30 000 ч.

Требования к величинам $T_{\text{ср}}$ и $P(t)$ позволяют осуществлять контроль за надежностью и долговечностью при разработке и выпуске ТЭНов и, кроме того, являются исходными данными для расчета надежности электротермического оборудования. Требования к средним наработкам до отказа могут приниматься еще также и в качестве исходных данных для расчета потребности в ТЭНах для нужд эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сборник статей «Исследования в области промышленного электронагрева» под общей редакцией Никольского Л. Е. (Информэлектро). М., 1969.
2. Оболенский Н. В. Трубчатые электронагреватели на судах и их классификация. «Судостроение», 1969, № 9.
3. Gzepek R. Neue Untersuchungen über die Lebensdauer elektrischer Rohrheizkörper. Zeitschrift für «Elektrowärme», 1963, № 1.
4. Тараев Б. М., Казарновский Д. М. Испытания электроизоляционных материалов. Госэнергоиздат, 1959.
5. Шор Я. Б., Кузьмин Ф. И. Таблицы для анализа и контроля надежности. Изд-во «Советское радио», М., 1968.
6. Гутман М. Б., Белавин Ю. Д., Штанников А. О. Применение сварных труб в производстве трубчатых электронагревателей. «Электротермия», 1969, № 88.

проблеме защиты сварных соединений от разрушения под действием морской воды.

Быстрый рост водоизмещения и скорости хода судов потребовал увеличения мощности главных двигателей. В связи с этим особое значение приобрели вес, габариты и экономичность главных двигателей. Эти вопросы применительно к судам различных типов и в зависимости от количества и типа винтов рассмотрены с большой обстоятельностью.

Особое место в сборнике занимают вопросы, связанные с прочностью крупных судов.

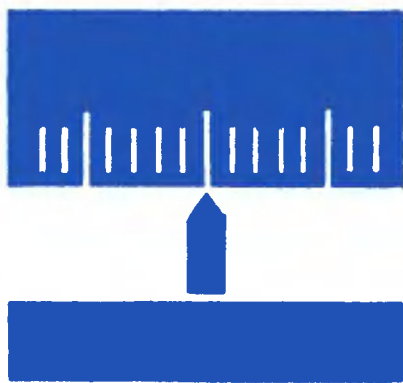
Для инженеров-электриков представляет интерес рассмотрение таких вопросов, как: рост энерговооруженности судов, неизменно связанный с увеличением расхода электроэнергии, увеличение стоимости электрооборудования транспортных судов (7—12% от стоимости судна); широкое применение валогенераторов, тиристоров, электронных схем управления энергетическим оборудованием.

В сборнике сопоставляется развитие военных и транспортных судов. Военный корабль создается вчетверо больше, чем гражданское судно. Стоимость корабля — 60 000 марок/т и судна — 3200 марок/т. Особое значение имеют для корабля характеристики главных двигателей, которые должны иметь малый вес и высокую мощность.

Представляют интерес статьи о применении гидроакустики в навигации, об опыте использования электроники в навигационных системах, результатах эксплуатации гидрографического судна «Метеор».

Для инженеров-механиков интересные данные приведены в материале, посвященном паротурбинной установке фирмы ИХИ типа R-804, установленной на танкере «Арабиан» дедвейтом ~ 209 000 т. Эта установка мощностью 30 000 л.с. работает на перегретом паре (86,5 кгс/см², 515°С), удельный расход топлива — 180,5 г/(л.с.ч.). Пар генерируется котлом с паропроизводительностью до 100 т пара в час. ТЗА имеет подвальное расположение конденсатора, упорный подшипник, выполненный в отдельном корпусе.

Большая статья посвящена результатам испытаний эжекционного насоса-двигателя нового типа. Принцип действия агрегата состоит в следующем. Вода под давлением подается в каплеобразный корпус. Часть потока обтекает находящееся внутри подвижное сопло и выходит из корпуса. Другая часть воды, проходя с большой скоростью внутри сопла, разделенного продольными перегородками на каналы, подсаживает всю массу жидкости и выбрасывает ее наружу. Агрегат может быть использован как насос или движитель.



ПРОБЛЕМА ЗИПа СУДОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

А. Я. КУР

УДК 621.396

Развитие радиоэлектроники в последние десятилетия характеризуется непрерывным возрастанием сложности аппаратуры и увеличением насыщенности ею современных судов. Оба эти обстоятельства привели к тому, что вопрос укомплектования аппаратуры запасными частями в настоящее время приобрел характер серьезной технической и экономической проблемы. Практикой эксплуатации современного радиоэлектронного оборудования выявлены следующие стороны этой проблемы:

1) комплекты ЗИПа сложных радиоэлектронных устройств имеют чрезвычайно большой объем, нередко приближающийся к объему самой аппаратуры, что обуславливает их высокую стоимость и создает трудности размещения;

2) несмотря на большой объем комплектов ЗИПа в них часто не оказывается тех элементов, в которых возникает потребность в процессе эксплуатации;

3) значительное большинство приданных к аппаратуре запасных частей остается к концу срока эксплуатации неиспользованным.

В принципе, радикальное решение проблемы ЗИПа могло бы быть достигнуто путем повышения надежности аппаратуры до такого уровня, который позволил бы обойтись вообще без запасных частей. Именно этот принцип используется при разработке необслуживаемых систем. В отношении обслуживаемой аппаратуры, особенно рассчитанной на длительную эксплуатацию, постановка вопроса о полном отказе от запасных частей является пока нереальной. Тем не менее, повышение надежности аппаратуры всегда создает предпосылки для уменьшения количества необходимых запасных частей. Таким образом, мероприятия по повышению надежности аппаратуры, помимо своей основной цели, способствуют также и разрешению проблемы ЗИПа.

Второй группой мероприятий является разработка рациональных методов расчета необходимого количества запасных частей. Эта часть проблемы в настоящее время может считаться в основном решенной. Уже разработаны и применяются на практике достаточно точные и, в то же время, простые и удобные методы расчета комплектов запасных частей.

Однако не следует забывать, что правильность результатов любого расчета определяется не только обоснованностью примененного математического метода, но и достоверностью заложенных в расчет исходных данных. Такими исходными данными для расчетов необходимого количества запасных частей являются показатели их надежности λ_i . Получение достоверных значений этих показателей представляет собой третью часть проблемы, в настоящее время еще далеко не решенную.

Правильный выбор метода расчета ЗИПа и использование при расчете достоверных данных могут свести вероятность нехватки необходимых запасных частей в процессе эксплуатации к заданному расчетному минимуму. Однако и при наличии этих условий, даже в сочетании их с высокой надежностью элементов, рассчитанный комплект запасных частей все же может оказаться весьма большим по объему и неэкономичным по степени использования. Это происходит в том случае, когда при проектировании аппаратуры не учитываются вопросы экономичности придаваемого комплекта ЗИПа.

Специальный учет требований экономичности комплектов запасных частей при проектировании аппаратуры представляет собой четвертую, исключительно важную группу мероприятий, направленных на решение проблемы ЗИПа.

Известно, что номенклатуру запасных частей можно разделить на три группы: в 1 и 2 группы входят изделия, подверженные только внезапным отказам, т. е. те, ресурс которых превышает заданную величину наработки аппаратуры. К таким изделиям относится большинство электроэлементов, а также сменных электрических узлов и блоков. При этом в I группу входят электроэлементы, а также те узлы и блоки, ремонт которых в условиях эксплуатации данной системы не предусмотрен. Во 2 группу входят узлы и блоки, которые по условиям эксплуатации данной системы в случае выхода их из строя подлежат обязательному восстановлению путем ремонта. В этом случае отказавший блок заменяется запасным и после восстановления остается в составе ЗИПа.

В 3 группу входят изделия, подверженные износным отказам, ресурс которых меньше заданной наработки системы за расчетный период эксплуатации.

Для большинства типов радиоэлектронных устройств основную часть комплекта запасных частей составляют изделия, относящиеся к первой группе. Как известно, расчет необходимого количества запасных частей этой группы производится, исходя из условия, что количество запасных элементов N_3 должно обеспечить возможность поддер-

жания системы в работоспособном состоянии в течение заданного времени наработки T_p с вероятностью, не меньшей заданного значения P_1 .

Для оценки экономичности рассчитанного комплекта запасных частей целесообразно ввести следующие коэффициенты:

$K_o = \frac{N_3}{N_o}$ — объемный коэффициент ЗИПа, представляющий собой отношение общего количества запасных элементов всех наименований N_3 к общему количеству рабочих элементов тех же наименований N_o ;

$K_n = \frac{n_o}{N_3}$ — средний ожидаемый коэффициент использования ЗИПа, представляющий собой отношение среднего ожидаемого количества отказов элементов системы за расчетное время эксплуатации n_o к общему количеству запасных элементов N_3 .

Указанные коэффициенты зависят от величин λ_i и T_p , а также от значения коэффициента повторяемости элементов в системе, определяемого соотношением:

$$K_n = \frac{N_o}{m},$$

где N_o — общее количество элементов в системе; m — количество наименований (типоименований) элементов.

Для наглядного представления зависимостей коэффициентов K_o и K_n от значений λ_i , T_p , K_n были произведены расчеты количества запасных элементов для некоторой условной системы при следующих исходных данных: $N_o = 10\,000$, $T_p = 10\,000$ ч, $P_1 = 0,9$. Расчеты производились для нескольких значений средней интенсивности замены λ_i элементов, входящих в систему (10^{-6} , 10^{-5} , $5 \cdot 10^{-5}$ и 10^{-4} 1/ч). При каждом значении λ_i расчеты производились для разных значений K_n в пределах от 1 до 100.

На рис. 1 представлены результаты расчета в виде зависимостей коэффициентов K_o и K_n от значений K_n для принятых величин λ_i и T_p . Данные графика позволяют сделать вывод, что для получения достаточно малых значений объемного коэффициента ЗИПа K_o (порядка 0,1 ÷ 0,2), необходимо обеспечивать:

1) высокую надежность рабочих элементов системы, с тем, чтобы среднее ожидаемое количество отказов на элемент за расчетное время эксплуатации $n'_o = \lambda_i T_p$ не превышало величины 0,01 ÷ 0,02;

2) максимальную унификацию используемых элементов с тем, чтобы значение коэффициента их повторяемости было не менее 20—30.

Для увеличения коэффициента использования ЗИПа K_n каких-либо специальных мер не требуется, поскольку он однозначно связан с коэффициентом K_o соотношением:

$$K_o K_n = \frac{N_3}{N_o} \cdot \frac{n_o}{N_3} = \frac{n_o}{N_o} = \lambda_i T_p.$$

Наиболее просто высокие значения коэффициента повторяемости достигаются для крупноблочной аппаратуры с объемным монтажом и навесными элементами. Однако для современной радиоэлектронной аппаратуры более характерно широкое

применение неразборных функциональных узлов и целых блоков. Для системы, состоящей из таких блоков, объем ЗИПа может резко возрасти по сравнению с ЗИПом для системы, состоящей из навесных электроэлементов. Это происходит не только потому, что для блоков и узлов труднее добиться такой же степени унификации, как для отдельных электроэлементов, а главным образом потому, что на каждый ожидаемый отказ одного элемента приходится иметь целый запасной узел или блок.

Для иллюстрации этого положения на рис. 2 приведены кривые зависимости объемного коэффициента ЗИПа K_o от значения коэффициента повторяемости рабочих элементов (узлов, блоков) для некоторой условной системы, рассчитанные для различных вариантов ее построения. Кривая 1 рассчитана для случая, когда все элементы являются навесными и

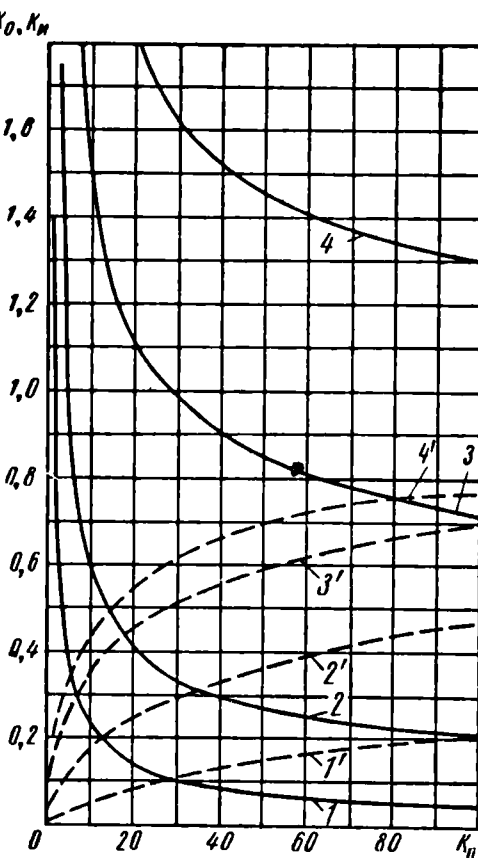


Рис. 1. Зависимость объемного коэффициента ЗИПа K_o и коэффициента использования K_n от коэффициента повторяемости элементов K_n при различных значениях среднего ожидаемого количества отказов на элемент в период эксплуатации $n'_o = \lambda_i T_p$.

кривые
1, 1' — $\lambda_i T_p = 0,01$;
2, 2' — $\lambda_i T_p = 0,1$;
3, 3' — $\lambda_i T_p = 0,5$;
4, 4' — $\lambda_i T_p = 1,0$.

K_o — — — — — K_n — — — — —

допускают раздельную замену. Кривые 2 ÷ 6 рассчитаны для случаев, когда те же элементы объединены в невосстанавливаемые блоки, содержащие количество элементов, указанное на графике.

Остальные исходные данные, принятые при расчете, имеют следующие значения: $T_p = 10\,000$ часов; $\lambda_i = 10^{-6}$ 1/час; $P_1 = 0,9$.

Как видно из рис. 2, с увеличением количества элементов в невосстанавливаемых блоках, объемный коэффициент ЗИПа K_o резко возрастает. В связи с этим представляет интерес рассмотрение вопроса о том, как изменится этот коэффициент, если запасные блоки сделать восстанавливаемыми.

Если в нашем примере принять среднее время восстановления блока каждого типа равным 20 ч, требуемый коэффициент готовности системы $K_r = 0,99$ и число ремонтных каналов $n = 1$, то для рассматриваемой системы расчетное значение объемного коэффициента ЗИПа, состоящего только из восстанавливаемых блоков, будет таким, как показано на рис. 2 пунктиром (кривая 7).

Поскольку в состав ЗИПа, кроме самих восстанавливаемых блоков, должны быть включены и элементы, необходимые для их восстановления (от-

носительное количество которых определяется кривой 1), то общий объемный коэффициент ЗИПа в первом приближении будет определяться суммой кривых 1 и 7 (кривая 8). Из рассмотрения графика на рис. 2 можно сделать следующие выводы:

1. Объединение элементов в невосстанавливаемые узлы и блоки вызывает резкое увеличение необходимого объема комплекта запасных частей. Следовательно, при разработке невосстанавливаемых блоков необходимо обеспечивать повышенную надежность входящих в них элементов по сравнению с навесными элементами.

2. При разработке сменных блоков, содержащих относительно большие количества элементов, необходимо обеспечивать их ремонтпригодность и предусматривать обязательное восстановление их в случае отказа.

3. Необходимо обеспечивать высокую степень унификации как отдельных элементов, так и сменных узлов и блоков. Значение коэффициента повторяемости блоков должно быть не менее 20—30.

В дополнение к изложенному следует назвать ряд организационных мероприятий, реализация ко-

торых могла бы оказать существенное влияние на положительное разрешение проблемы ЗИПа.

1. Для систем, рассчитанных на длительную эксплуатацию, целесообразно поставлять ЗИП не на весь предполагаемый период эксплуатации, а частями. При этом первоначально вместе с системой может поставляться комплект запасных частей, рассчитанный на определенный отрезок эксплуатации. По истечении каждого такого отрезка ЗИП должен пополняться элементами, израсходованными за истекшее время. Такое решение позволит значительно уменьшить объем ЗИПа и сократить затраты на его изготовление.

2. Если на одном объекте установлено несколько однотипных устройств, то значительное сокращение общего объема ЗИПа может быть достигнуто, если вместо индивидуальных комплектов ЗИПа, придаваемых к каждому устройству, применить объединенный комплект (один для всех однотипных устройств).

3. Дальнейшим шагом, направленным на разрешение проблемы ЗИПа, должно явиться полное или частичное объединение запасных частей для всех радиоэлектронных устройств, установленных в пределах одного судна, в один общий комплект. Такое решение в принципе может привести к значительному сокращению общих объемов судового ЗИПа, однако для этого требуется высокая степень унификации радиоэлектронных систем по применяемым элементам и, особенно, по отдельным блокам.

Таким образом, для уменьшения объема ЗИПа радиоэлектронной аппаратуры и повышения степени его использования необходимо осуществление ряда технических и организационных мероприятий. Из них решающими являются меры, принимаемые непосредственно при разработке аппаратуры, а именно — доведение коэффициента повторяемости элементов и блоков до значения 20—30 и обеспечение ремонтпригодности сложных сменных блоков.

ПО СТРАНИЦАМ ЖУРНАЛОВ

MARINE ENGINEERING/LOG, 1970 (т. 75, № 4—6, апрель—июнь). Апрельский выпуск журнала посвящен вопросам централизованного контроля и использования электронно-вычислительных машин на судах. Для уменьшения объема, занимаемого машинным отделением на грузо-пассажирском пароходе «Кариб Стар» (водоизмещение 170 т, скорость хода 21 уз), приводимом в движение шестью гребными винтами диаметром 755 мм, цепные передачи типа Морзе к движителям расположены под днищем в выносных обтекаемых кожухах (№ 5). Сообщается также о растущем применении алюминиевых сплавов в качестве корпусных материалов. В частности, указанные сплавы использованы при постройке траулера для ловли креветок «Арлин В. Майз», траулера «Пот Лак», круизного судна на 500 пассажиров «Эйвелон».

Для специалистов по антикоррозионной защите корпусов судов представит интерес статья, посвященная разработанному фирмой Вулси Марин Индастриз стеклопластиковому покрытию типа Рес-Н-Глас (№ 6). Это покрытие, наносимое на

поверхность путем напыления при нормальной температуре, имеет следующие достоинства: высокую абразивную стойкость, прочность, отсутствие растрескивания и вздутий, возможность нанесения на гидродинамически гладкие поверхности и совместимость с катодной защитой. Исследования показали, что такое покрытие по своему качеству эквивалентно 16 слоям обычной краски, а срок его эффективности составляет не менее пяти лет.

Фирмой Стирнс Электрик Корпорейшн разработан унифицированный ряд электрических дисковых тормозов, предназначенных для использования в судовых палубных механизмах (№ 6). По сравнению с тормозами колодочного типа дисковые тормоза легче и компактнее в 2—3 раза при значительно более высоких рабочих показателях. Важным преимуществом новой конструкции тормоза является также то, что он представляет собой отдельный, заключенный в водонепроницаемый корпус узел, который можно быстро соединить с обслуживаемым механизмом.

Представляет также интерес статья о современном состоянии и перспективах развития японской судостроительной промышленности (№ 6).

АДМИРАЛТЕЙЦЫ — СЪЕЗДУ ПАРТИИ

С большим воодушевлением встретили судостроители Адмиралтейского ордена Ленина завода опубликование в печати проекта Директив XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 гг. Рабочие, инженеры, техники и служащие завода приняли активное участие в обсуждении этого проекта. На собраниях в цехах и на участках звучали выступления, выражающие единодушное одобрение программы деятельности партии и народа на ближайшее пятилетие.

В эти дни адмиралтейцы, как и все советские люди, подводят итоги предсъездовской трудовой вахты. Вскоре после того, как решение Пленума ЦК КПСС о созыве XXIV съезда нашей партии было опубликовано в печати, передовые коллективы предприятия выступили с инициативой продолжить Ленинскую трудовую вахту под девизом «От каждого трудящегося — конкретный трудовой подарок XXIV съезду КПСС».



У достроечной стенки завода — будущий флагман советского рыбодобывающего флота плавучая база «Восток».

Обращение, принятое передовиками производства, нашло самую широкую поддержку всех адмиралтейцев. В бригадах, на участках, в цехах и отделах прошли собрания, на которых принимались новые социалистические обязательства, высказывались конкретные предложения по достойной встрече очередного съезда партии; каждый судостроитель принял индивидуальный план повышения производительности труда на своем рабочем месте. Было решено пересмотреть обязательства на второе полугодие 1970 г.

Большая организаторская работа партийного комитета, с первых же дней предсъездовской вахты взявшего под свой контроль ход соревнования, позволила добиться его широкой гласности. Во всех цехах появились стенды, на которых отмечались итоги соревнования. «Молнии», специальные выпуски стенгазет, заводская многотиражная печать и радиовещание регулярно информировали адмиралтейцев о ходе социалистического соревнования.

Все это в немалой степени способствовало успешному выполнению кораблями своих обязательств. Досрочно завершив сдаточную программу 1970 г., коллектив с честью сдержал слово, данное партии и народу. Сотни передовых бригад задолго до окончания года рапортовали о завершении плановых заданий. Заводские новаторы еще 4 декабря выполнили свою пятилетку, сэкономив предприятию более 7 млн. руб.

С первых же дней 1971 г. предсъездовское соревнование получило еще больший размах. Всему коллективу стали известны имена передовиков соревнования из бригады монтажников В. Горбунова, маляра Д. Кутайцева, фрезеровщиков В. Липко и Р. Шарифгалиева, лакировщиц бригады М. Барановой. Готовясь достойно встретить XXIV съезд КПСС, многие передовые рабочие уже выполнили план текущего года.

Отличных трудовых успехов в соревновании добились бригады судовых разметчиков под руководством А. Рыбакова и Н. Орлова. Почти на 800 нормо-часов ежемесячно перекрывали они свои плановые задания.

Каждый день в кузнечном цехе подводились итоги работы передовых бригад по нарядам с красной полосой. Такими нарядами адмиралтейцы оформляли в дни предсъездовской вахты свою работу сверх плана. Бригады Н. Осипова, В. Федосеева, А. Делюкина и других выполнили производственную программу прошлого года еще в начале ноября, изготовив многие сотни сложных поковок сверх задания.

Большими трудовыми успехами ознаменовали подготовку к XXIV съезду партии и труженики монтажного цеха. Готовясь достойно встретить это знаменательное событие, бригада Н. Сумрякова на месяц сократила цикл монтажа сложного оборудования. Коллектив ледокольного участка этого цеха, значительно сократив плановые сроки ревизии, досрочно сдал в эксплуатацию портовый



Одной из лучших на Адмиралтейском заводе считается бригада слесарей-сборщиков, возглавляемая коммунистом И. И. Кузьминым (в центре). Все выполняемые бригадой работы оцениваются на «отлично».

ледокол «Федор Литке». Значительный вклад в общее дело вносят передовые бригады П. Поцелуева, И. Степанова, Н. Андреева, Ю. Хороманского, регулярно перевыполняющие свои нормы выработки. Отличных успехов в социалистическом соревновании добилась и бригада монтажников С. Никитина. Благодаря усилиям этого коллектива был своевременно и с высоким качеством выполнен большой объем работ по монтажу различных систем и трубопроводов на портовом ледоколе и плавучем доке. Монтажники с честью выполняют свои обещания досрочно подготовить ледокол к спуску. С особой похвалой отзывается бригадир о комсомолу участка Валерии Лоцманове. Отлично работать ему помогает учеба — Валерий заканчивает IV курс судостроительного техникума.

В дни подготовки к съезду Ленинской партии в корпусном цехе не раз отмечали ударный труд бригады судосборщиков, которой руководит один из лучших специалистов Иван Иванович Кузьмин. Десятки судов созданы руками этого опытного мастера и его товарищей. Когда адмиралтейцам доверили строительство новых плавучих рыбомучных баз типа «Посъет», то первой из бригад, которой поручили формирование корпуса головного судна, была бригада Кузьмина. И судосборщики с честью оправдывают это высокое доверие: свои предсъездовские обязательства они успешно выполнили, выработав дополнительно к плану несколько тысяч нормо-часов по нарядам с красной полосой.

Каждый цех, каждый участок рапортует в эти дни о своих трудовых подарках. Коллектив малого механического цеха досрочно сдал все изделия по машиностроению для монтажно-достроечных работ на рыбопромысловой базе «Восток», портовом ледоколе и доке. Монтажники ледокольного участка выступили с инициативой досрочно на 25 дней закончить строительство и сдать



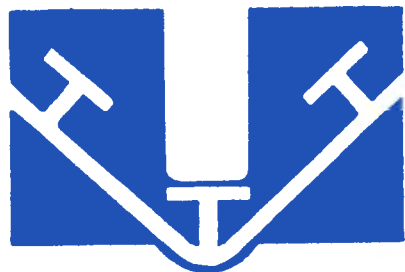
Четвертый год трудится на заводе слесарь-монтажник Валерий Лоцманов. За это время он сумел зарекомендовать себя отличным специалистом.

в эксплуатацию очередной ледокол. Около 100 тысяч нормо-часов по нарядам с красной полосой — таков трудовой вклад корпусников...

Немало славных дел на счету адмиралтейцев, выполненных в преддверии XXIV съезда партии. Их труд получил высокую оценку Родины: за успешное выполнение пятилетнего плана и организацию производства новой техники Адмиралтейский завод награжден орденом Трудового Красного Знамени. Предсъездовская ударная вахта еще раз продемонстрировала высокий трудовой энтузиазм и большие возможности коллектива одного из старейших в стране судостроительных предприятий.

В. И. Гуреев,
редактор заводской газеты

Фото С. С. Смольского
(ТАСС)



ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ПРИСАДОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ ПРИ ИМПУЛЬСНО-ДУГОВОЙ СВАРКЕ

Г. П. АРСЕНОВ, С. Т. КРОТОВ, А. К. ЛИНДЕРМАН

УДК 621.791.75.042

При импульсно-дуговой сварке металлов с плавящимся электродом на основной ток дуги, питаемый от сварочного источника постоянного тока, накладываются дополнительные импульсы тока определенной частоты от специального импульсного источника. Режим сварки будет установившимся, когда частота капель расплавленного металла соответствует частоте дополнительных импульсов, подаваемых в зону сварочной дуги от импульсного источника.

На качество сварки в данном случае будут влиять соотношение энергии между основным и импульсным источниками тока, необходимой для формирования и переноса капли расплавленного металла, а также стабильность скорости подачи присадочной проволоки в зону сварочной дуги. Производственные испытания сварочного полуавтомата «Импульс-2» позволили установить влияние распределения энергии между основным и импульсным источниками тока на формирование и перенос капли расплавленного металла. Это влияние сказывается в следующем: при недостатке энергии разряда конденсаторной батареи на конце электрода образуется крупная капля — режим сварки неустановившийся, плохое качество шва; при избытке энергии основного источника происходит разбрызгивание присадочного электрода на свариваемое изделие и как следствие — плохое качество сварки, непроизводительные расходы.

Если соотношение энергии между основным и импульсным источниками тока зависит от диаметра электрода, толщины свариваемого изделия и т. д., то стабильность скорости подачи присадочной проволоки в зону сварочной дуги зависит от основных критериев качества работы систем автоматического регулирования [1], [2]. В существующих сварочных полуавтоматах импульсно-дуговой сварки металлов электропривод подачи присадочной проволоки имеет, как правило, разомкнутую систему регулирования. Это создает определенные трудности их практического применения, поскольку точность скорости подачи присадочной проволоки во времени не отвечает требованиям сварки.

Для сварочного полуавтомата «Импульс-2» с целью стабильности подачи присадочной проволоки во времени был разработан статический регулятор с обратной связью по скорости вращения исполнительного двигателя.¹ Блок-схема и принципиальная схема статического регулятора скорости представлена на рис. 1 и 2. Разработанная схема является двухполупериодной и состоит из следующих основных элементов и узлов: измерителя рассогласования Σ , выполненного на резисторах R_4, R_5, R_6 ; фазосдвигающей цепи (ФСЦ), состоящей из транзисторов T_1, T_2 , включенных встречно-параллельно, и конденсатора C_2 ; разделительных диодов $D_6—D_{11}$; формирователя импульсов (ФИ) с прямым передним фронтом, состоящего из переключающих диодов D_{12}, D_{18} ; разделительных диодов D_{13}, D_{19} ; двухполупериодного тиристорного усилителя мощности (ТУ), выполненного на тиристорах D_{14}, D_{16} ; разделительных диодов D_{15}, D_{17} ; исполнительного двигателя (ИД); объекта регулирования (ОР); тахогенератора, жестко скрепленного с валом исполнительного двигателя (ТГ); элемента главной обратной связи (ОСС).

Схема работает следующим образом. Выпрямленное и стабилизированное опорное напряжение θ_i подается на измеритель рассогласования, где сравнивается с сигналом обратной связи θ_0 . Ошибка системы $\theta = \theta_i - \theta_0$ из точек 1, 2 (см. рис. 2) подается в фазосдвигающую цепь. Управляющее воздействие, сформированное в импульсы с прямым передним фронтом, подается с фазосдвигающей цепи через переключающие диоды на управляющие электроды тиристоров.

Поскольку угол сдвига фазы между током и напряжением в фазосдвигающей цепи зависит от величины сигнала ошибки θ , то импульсы, поступающие на управляющие электроды тиристоров, будут сдвинуты по времени пропорционально сигналу θ . Таким образом, угол открывания тиристоров в момент нахождения положительной полуволны переменного напряжения на аноде будет также зависеть от сигнала ошибки θ , величина которого определит напряжение, поданное на якорь исполнительного двигателя. Из этого следует, что при изменении скорости вращения исполнительного двигателя (например, вследствие переменной нагрузки M_c) меняется напряжение на зажимах якоря тахогенератора и, соответственно, изменяется результирующая величина ошибки θ . В результате изменяется среднее значение тока в якоре двигателя, благодаря чему скорость двигателя восстанавливается до значения, близкого к заданному.

¹ В разработке и отладке статического регулятора скорости принимали участие В. Е. Кудрявцев и Г. А. Голиков.

В процессе производственных испытаний сварочного полуавтомата «Импульс-2» было произведено осциллографирование скорости вращения исполнительного двигателя подачи присадочной проволоки (сигнал с тахогенератора) при одинаковых параметрах замкнутой и разомкнутой систем регулирования. Полученные осциллограммы, а также образцы сварки опытных конструкций показали, что замкнутая система регулирования, в отличие от разомкнутой, обеспечивает значительно большую стабильность подачи присадочной проволоки во времени, обеспечивает устойчивое горение сварочной дуги, повышает качество сварки, исключая разбрызгивание присадочного материала на свариваемое изделие. Это объясняется также тем, что точность подачи присадочной проволоки характеризуется установившейся ошибкой, которая возникает в системе при постоянном возмущающем воздействии. Если в разомкнутой системе установившаяся ошибка, вызванная постоянным возмущающим воздействием, составляет в относительных единицах величину δ , то в соответствующей замкнутой системе регулирования с коэффициентом усиления K при том же возмущающем воздействии установившаяся ошибка уменьшается в $1+K$ раз и будет равна выражению $\gamma = \frac{\delta}{1+K}$.

В процессе производственных испытаний сварочного полуавтомата было произведено осцилло-

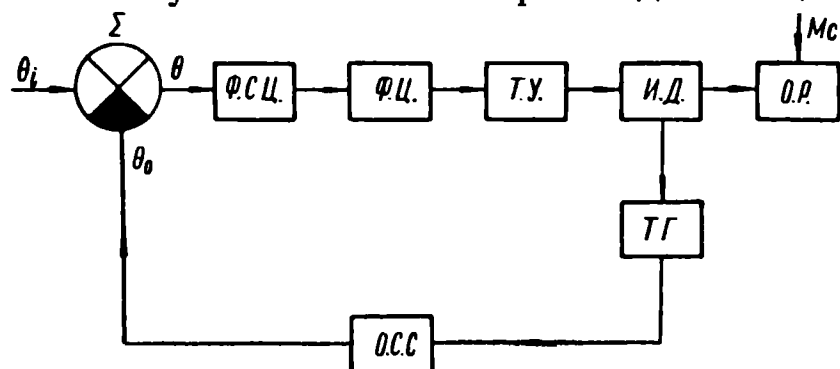


Рис. 1. Блок-схема статического регулятора скорости подачи присадочной проволоки.

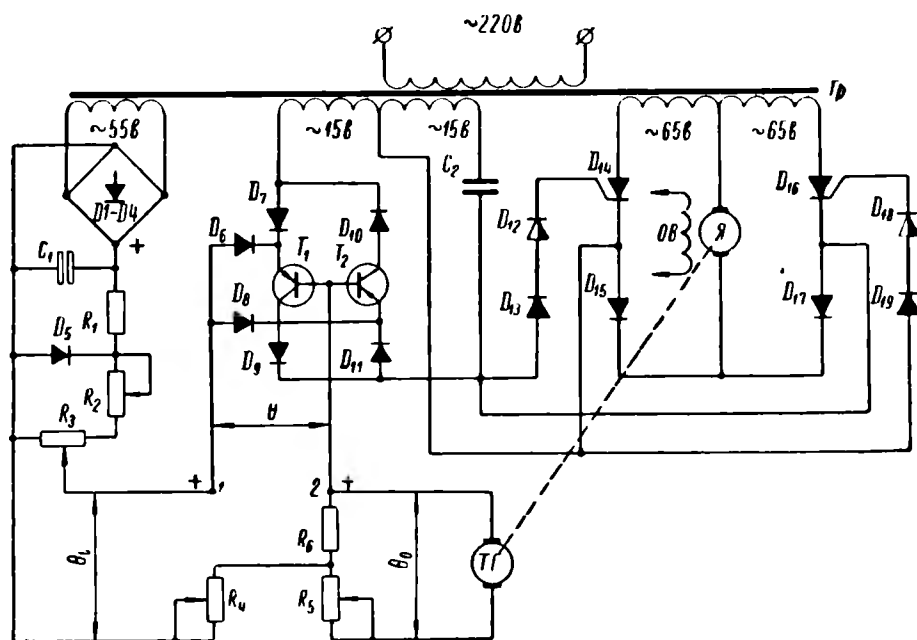


Рис. 2. Принципиальная схема статического регулятора скорости подачи присадочной проволоки.

графирование переходного процесса системы регулирования при ступенчатом воздействии на входе системы с целью определения ее быстродействия и устойчивости. На основании полученных данных можно отметить, что данный статический регуля-

тор скорости отвечает требованиям основных критериев качества работы систем автоматического регулирования.

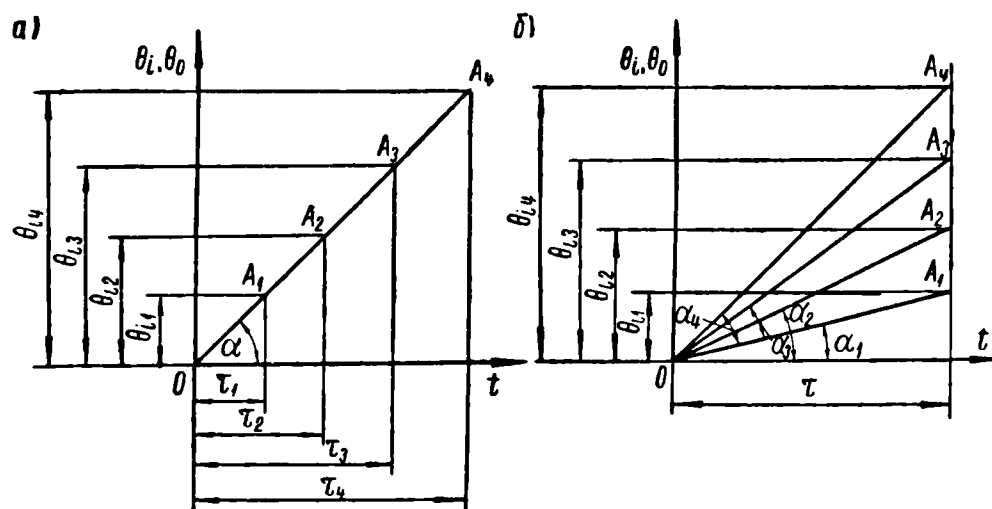


Рис. 3. Графики касательных к кривой $\theta_0=f(t)$, построенные на основании данных осциллограмм: а — замкнутая система; б — разомкнутая система.

Анализ полученных осциллограмм позволил построить графики (рис. 3), на которых приняты следующие обозначения:

OA_1, OA_2, OA_3, OA_4 — касательные, проведенные из начала координат и кривой $\theta_0=f(t)$ при подаче на вход системы соответствующего ступенчатого воздействия;

$\theta_{i1} < \theta_{i2} < \theta_{i3} < \theta_{i4}$ — ступенчатое воздействие на входе системы;

$\tau_4 > \tau_3 > \tau_2 > \tau_1$ — постоянная времени системы при соответствующем ступенчатом воздействии на входе системы;

α — угол, образованный между касательной (OA_1, OA_2, OA_3, OA_4), проведенной из начала координат, и осью абсцисс;

$\alpha_4 > \alpha_3 > \alpha_2 > \alpha_1$ — угол, образованный между касательной (OA_1, OA_2, OA_3, OA_4), проведенной из начала координат, и осью абсцисс;

τ — постоянная времени системы.

Из графика (рис. 3, а) видно, что постоянная времени системы определяется величиной возмущающего воздействия, в то время как тангенс угла наклона, характеризующий быстродействие системы, является величиной постоянной для замкнутой системы регулирования. Из графика (рис. 3, б) видно, что постоянная времени системы является величиной постоянной, в то время как тангенс угла наклона, характеризующий быстродействие разомкнутой системы, определяется величиной возмущающего воздействия.

Из вышеизложенного следует, что замкнутая система регулирования при одинаковом возмущающем воздействии будет быстрее восстанавливать заданную величину скорости, чем разомкнутая система регулирования, что соответственно увеличивает точность подачи присадочной проволоки во времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Д. В., Филиппов Г. С. Основы теории и расчета следящих систем. Госэнергоиздат, 1959.
2. Васильев Д. В., Чуич В. Г. Расчет систем автоматического управления. Машгиз, 1959.



ВЕРТИКАЛЬНЫЙ СУДОПОДЪЕМНИК НА КОРотКОХОДОВЫХ ГИДРОДОМКРАТАХ

С. М. БЕЕР

УДК 621.876-131.1:621.866-82

Судоподъемники с вертикальным подъемом и спуском судов являются одним из наиболее прогрессивных типов судоподъемных сооружений. Вертикальные судоподъемники имеют следующие преимущества: обеспечение технологических удобств центровки и посадки судна на кильблоки, минимальную площадь, занимаемую сооружением как на территории завода, так и на акватории, расширение возможностей механизации и автоматизации судоподъемных работ, надежный контроль распределения нагрузок по корпусу судна.

Однако строительство вертикальных судоподъемников сдерживается сложностью существующих конструкций этих сооружений. Имеющиеся судоподъемники (длинноходовой гидравлический в Штральзунде, ГДР, системы «Синхролифт» на механических лебедках, США) являются уникальными сооружениями, изготовление отдельных узлов которых достаточно сложно.

Работниками Ленинградского отделения Гипро-рыбпрома был предложен новый тип вертикального судоподъемника на короткоходовых домкратах¹, который имеет ряд существенных конструктивных, эксплуатационных и экономических преимуществ. Общая схема этого судоподъемника показана на рис. 1.

Судно, находящееся на судовозных тележках, размещается на платформах, которые подвешены на зубчатых тягах. Платформы имеют катки, перемещающиеся по направляющим. Зубчатые тяги проходят через короткоходовые гидродомкраты непрерывного действия, которые расположены в верхней части опорных конструкций. Подъем или спуск платформ с судном производится в результате взаимодействия зубчатых тяг с короткоходовыми домкратами. В конструкции гидродомкрата предусмотрены специальные устройства — верхние стопора, которые фиксируют платформы в верхнем положении (при этом зубчатые тяги могут быть опущены в нижнее положение). Процесс подъема

судна в общем аналогичен осуществляемому при использовании вертикальных судоподъемников других типов и заключается в следующем: на платформы, находящиеся в верхнем положении, устанавливаются кильблочные балки с кильблоками, после чего производится выверка и центровка кильблоков. Платформы опускаются в нижнее положение, судно наводится на них и центруется. Затем производится подъем судна.

В верхнем положении платформы фиксируются на верхних стопорах, после чего судно может быть перемещено на стапельное место. При поперечной накатке судна перед его горизонтальным перемещением производится холостое опускание зубчатых тяг. Спуск судна осуществляется в обратном порядке.

Схематический чертеж короткоходового домкрата непрерывного действия изображен на рис. 2.

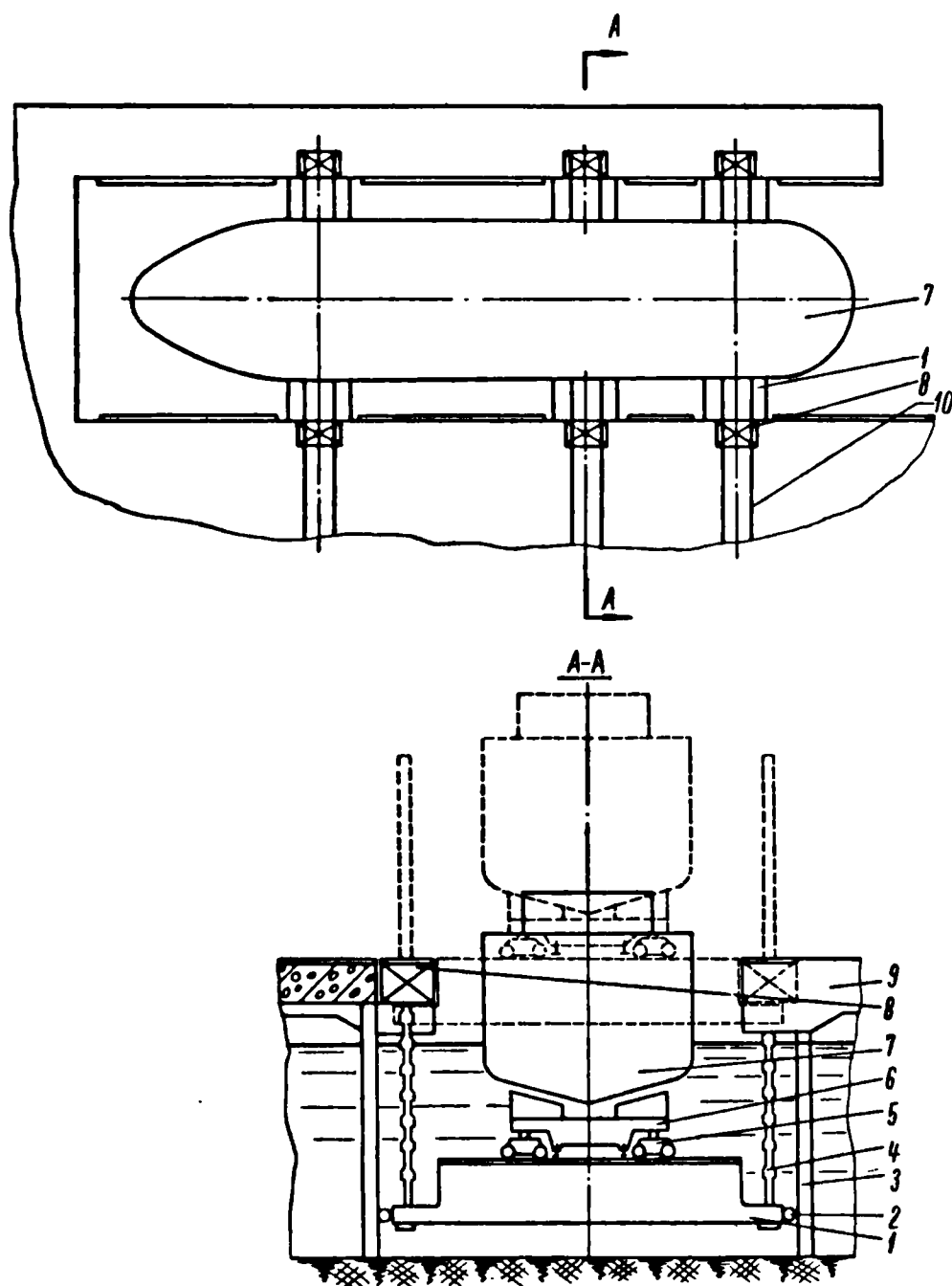


Рис. 1. Схема судоподъемника.

¹ Беер С. М. и Войциков В. Т. Авторское свидетельство № 195377.

1 — платформа; 2 — катки; 3 — направляющие; 4 — зубчатые тяги; 5 — судовозные тележки; 6 — кильблочная балка; 7 — судно; 8 — короткоходовой гидродомкрат; 9 — опорная конструкция; 10 — откатные пути.

В начале цикла (при подъеме судна) главный гидроцилиндр с траверзой находится в нижнем положении, при этом зубчатые тяги опираются на рамные фиксаторы. Осуществляется рабочий ход — подъем траверзы главным гидроцилиндром: траверзные фиксаторы, упираясь в выступы тяг, поднимают их на ход гидроцилиндра. В конце хода рамные фиксаторы попадают под очередные выступы тяг. При этом между рамными фиксаторами и выступами тяг образуется зазор, так как ход гидроцилиндра несколько больше шага выступов тяг. После окончания подъема производится опускание траверзы (холостой ход цикла). При этом тяга остается на рамных фиксаторах. В конце хода опускания траверзы ее фиксаторы попадают под очередные выступы тяг, и цикл повторяется.

При спуске судна в начале цикла тяги также опираются на рамные фиксаторы, а траверза находится в нижнем положении. С помощью гидроцилиндров управления разводятся траверзные фиксаторы и происходит подъем траверзы — холостой ход цикла. При этом тяга остается на рамных фиксаторах. В конце хода траверзные фиксаторы замыкаются и несколько приподнимают тяги, образуя зазор между рамными фиксаторами и выступами тяг. Рамные фиксаторы разводятся с помощью гидроцилиндров управления и осуществляется ход траверзы с тягами вниз (рабочий ход опускания). Перед концом рабочего хода рамные фиксаторы замыкаются, на них передается нагрузка. Затем цикл повторяется. Для увеличения надежности замыкания фиксаторов предусмотрены пружины.

Проект вертикального судоподъемника был разработан для судоремонтной базы в Вентспилсе. В начале строительства этого сооружения были изготовлены два опытных гидродомкрата со специальными гидростанциями (рис. 3). После их испытания на стенде было изготовлено остальное оборудование. В 1970 г. строительство судоподъемника (рис. 4) закончилось и были проведены его испытания.

Основные характеристики судоподъемника

Грузоподъемность, т	600
Число подъемных платформ	4
Грузоподъемность гидродомкрата, т	100
Ход подъема, м	8,5
Ход одного цикла, мм	390
Продолжительность подъема, мин.	50
Рабочее давление в гидросистеме, кгс/см ²	100
Установленная мощность электродвигателей, квт	90

Во время испытаний вначале поднимали баржу порожнем, а затем с дополнительным грузом в виде бетонных блоков для создания максимальной нагрузки на судоподъемник. После это-

го были проведены первые подъемы и спуски судов (рис. 5). В августе 1970 г. государственная комиссия приняла судоподъемник в эксплуатацию.

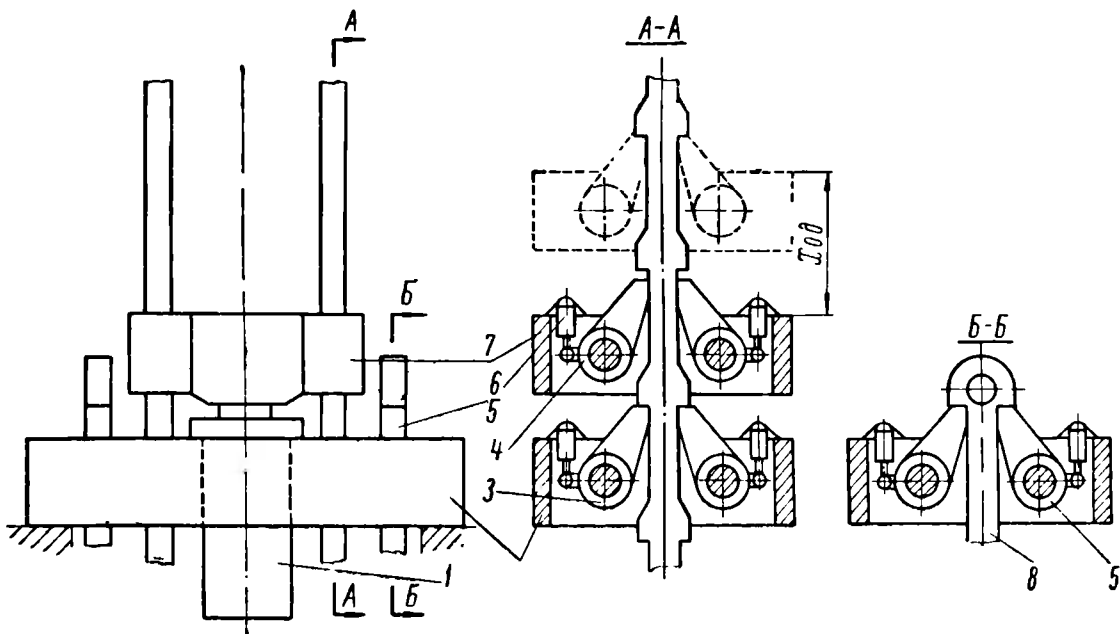


Рис. 2. Короткоходовой гидродомкрат.

1 — главный гидроцилиндр; 2 — рама; 3 — рамные фиксаторы; 4 — траверзные фиксаторы; 5 — фиксаторы верхних стопоров; 6 — гидроцилиндры управления; 7 — траверза; 8 — тяга верхнего стопора.

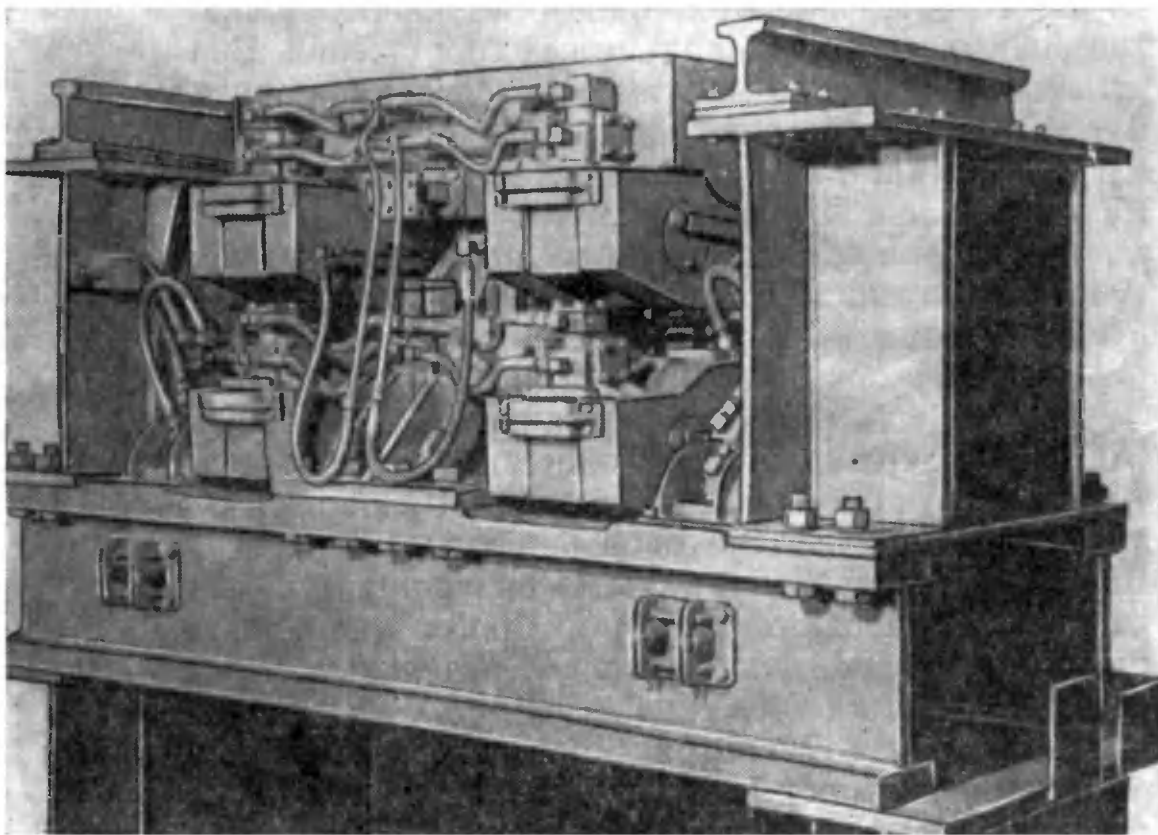


Рис. 3. Опытный гидродомкрат.

Судоподъемник имеет независимое питание гидродомкратов от самостоятельных гидростанций, расположенных в специальных помещениях. На каждой стороне ковша судоподъемника имеется резервная гидростанция. Электрогидравлическое управление судоподъемником осуществляется оператором с центрального пульта, расположенного в торцевой части ковша (рис. 6). Кроме того, предусмотрено аварийное (оно же и наладочное) управление с переносных пультов, находящихся в районе гидростанций.

Оператор с центрального пульта включает электромагниты гидравлических золотников, находящихся на гидростанциях. Золотники управляют распределением потоков масла гидросистемы. В каждой гидросистеме имеется две сети: высокого давления (100 кгс/см²) для питания главного цилиндра и низкого давления (20 кгс/см²) для пита-

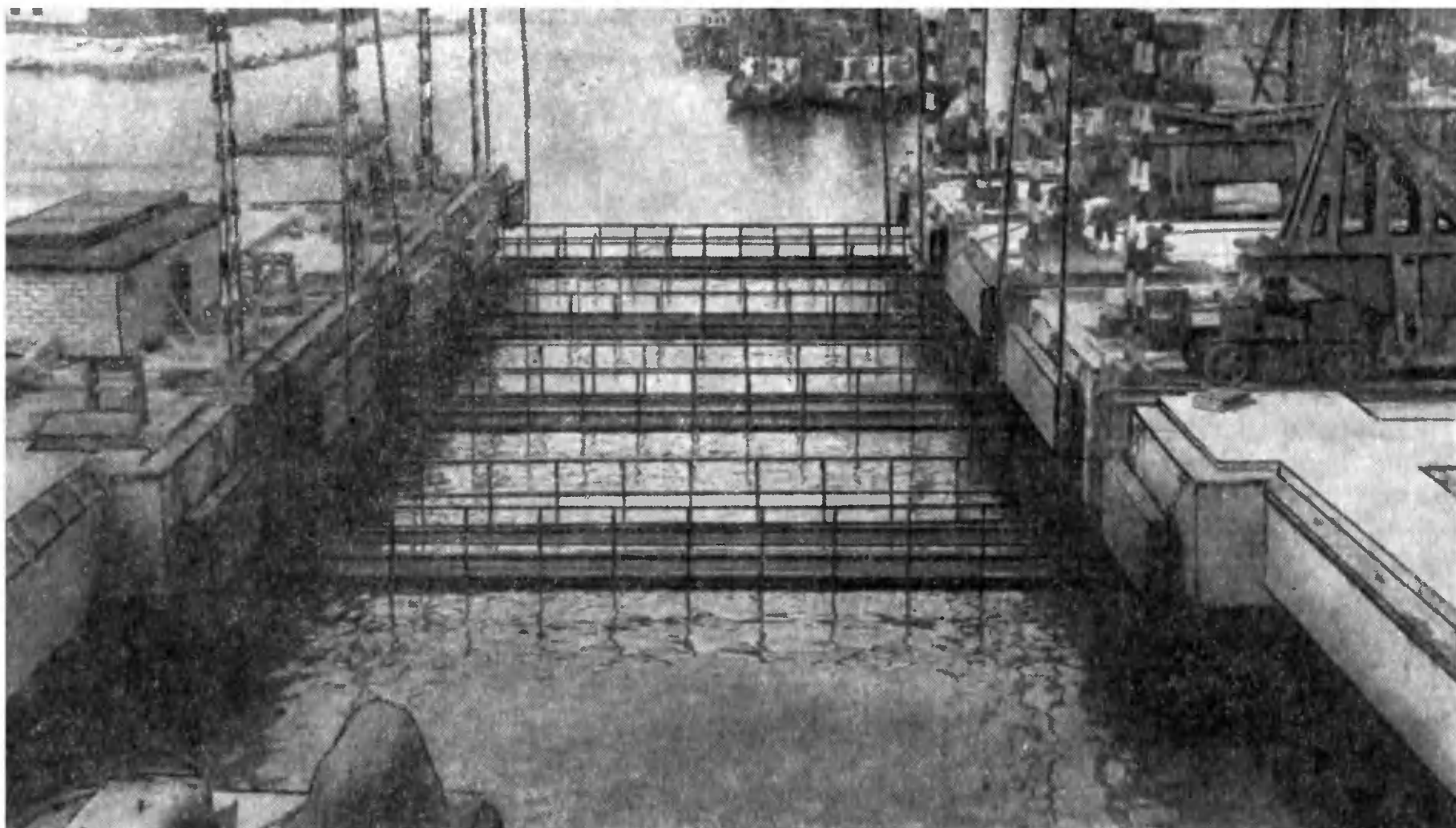
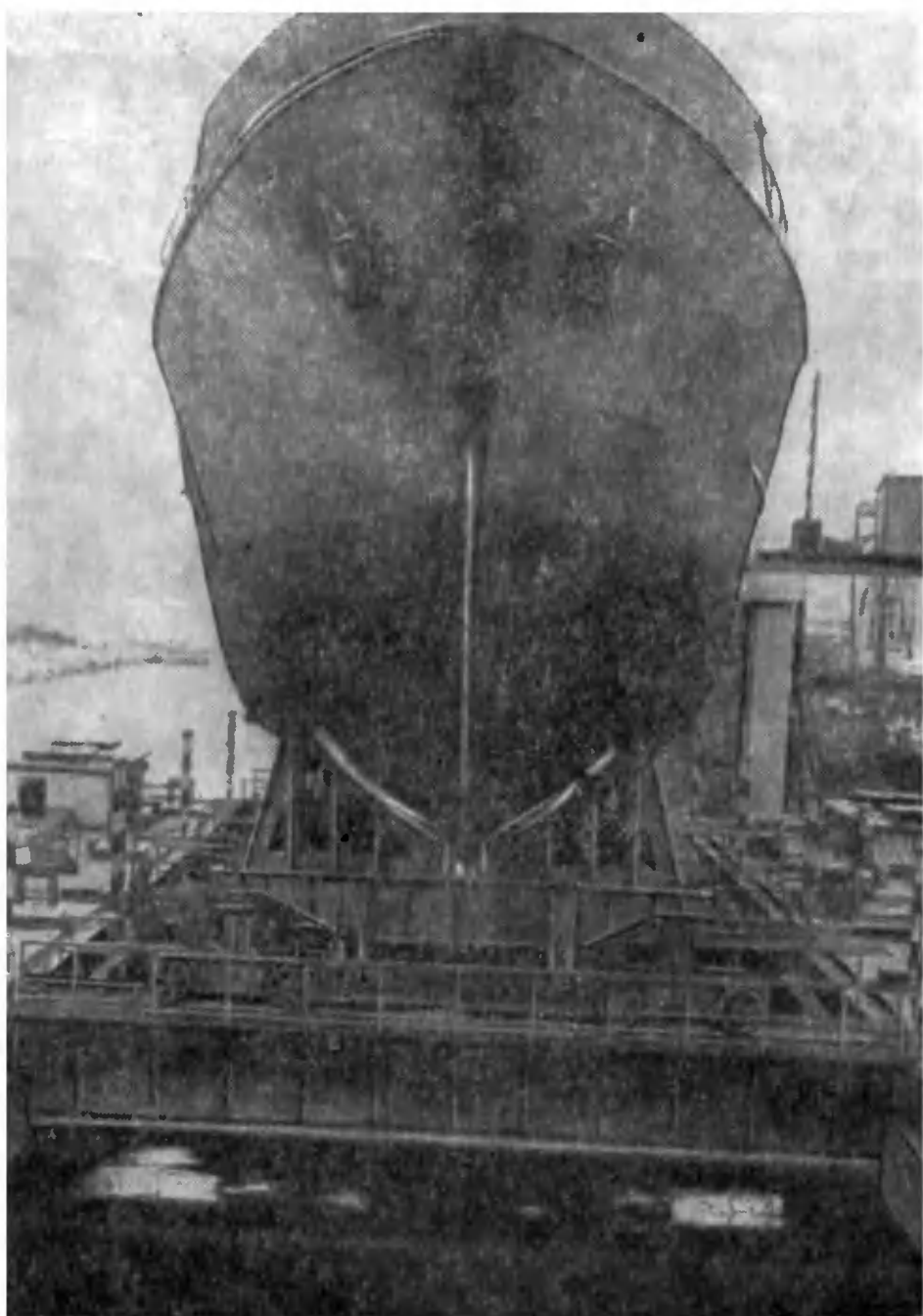


Рис. 4. Общий вид судоподъемника.

ния цилиндров управления. На центральный пульт выведены показания приборов, определяющих дав-



ление в главных гидроцилиндрах и отсчитывающих количество пройденных циклов. Кроме того, на пульте предусмотрена сигнализация положений траверсы, фиксаторов и верхних стопоров.

Градуировка приборов, контролирующих давление в главных гидроцилиндрах, соответствует нагрузкам в тоннах. Таким образом, оператор имеет возможность наблюдать за распределением нагрузок по корпусу судна в момент посадки и в процессе всего подъема или спуска. Подъем судов производится на балках с кильблоками, которые могут опираться на платформы через винтовые домкраты или через судовозные ведомые тележки (рис. 7). Возможность применения судовозных тележек предусмотрена с целью использования их гидроцилиндров, объединенных трубопроводами в три группы, в качестве опорной системы, обеспечивающей равномерное распределение нагрузок по корпусу судна.

Новое сооружение на короткоходовых гидродомкратах значительно отличается от существующих вертикальных судоподъемников. Так, по сравнению с гидравлическим длинноходовым вертикальным судоподъемником в Штральзунде (ГДР), новая конструкция имеет следующие преимущества:

1. Отсутствие крупногабаритных и сложных в изготовлении узлов, какими являются длинноходо-

Рис. 5. Первый подъем судна.

вые гидроцилиндры (их ход равен ходу подъема судна).

2. Возможность полной сборки, испытания и отладки гидродомкратов на заводе-изготовителе вследствие их небольших габаритов. Так, гидродомкрат грузоподъемностью 100 т имеет габариты $0,82 \times 1,2 \times 2$ м и массу около 4,4 т.

3. Осуществимость серийного производства подъемных гидродомкратов, обусловленная тем, что их габариты невелики и конструкция не зависит от хода подъема судна. Меняя длину зубчатых тяг и количество платформ, можно строить эти сооружения в широком диапазоне грузоподъемностей при наличии небольшого числа типоразмеров гидродомкратов.

4. Значительное упрощение систем автоматики. Взамен сложных следящих сельсинных систем, контролирующих синхронное движение длинноходовых гидроцилиндров по всей высоте подъема, применяется простая блокировка одновременного пуска всех гидроцилиндров на каждом цикле короткоходового домкрата.

5. Упрощение опорных строительных конструкций за счет отсутствия подводных фундаментов для опирания длинноходовых цилиндров и значительно меньших требований, предъявляемых к точности направляющих для платформ.

По сравнению с судоподъемниками на механических лебедках с тросовой подвеской платформ системы «Синхролифт» (США) новая конструкция отличается следующими преимуществами:

1. Для больших нагрузок гидравлические домкраты значительно проще, легче и дешевле, а габариты их меньше, чем у механических лебедок.

2. Вследствие отсутствия крупных редукторов, подшипниковых узлов и стальных канатов с блоками эксплуатация судоподъемника упрощается.

3. Для синхронизации работы всех подъемных механизмов в судоподъемниках «Синхролифт» применяются специальные регулируемые электроприводы. В новом судоподъемнике, как уже упоминалось, вопросы синхронизации решаются проще и дешевле.

При разработке конструкции судоподъемника на короткоходовых гидродомкратах были опасения относительно ступенчатого процесса подъема или спуска судна (имелись в виду возможные толчки при остановках и увеличение времени подъема из-за холостого хода гидроцилиндра в каждом цикле). Однако, как показала эксплуатация, толчки при остановках и пусках отсутствуют, так как скорость перемещения платформы весьма невелика ($\sim 0,4$ м/мин); кроме того, имеющиеся в главном гидроцилиндре демпферы смягчают подход поршня к крайним положениям.

Увеличение времени подъема из-за наличия холостого хода составляет примерно 15 мин. Его можно значительно снизить увеличением скорости холостого хода. Однако в построенном судоподъемнике для упрощения гидропривода, учитывая незначительность увеличения времени подъема, скорость холостого хода принята равной скорости рабочего хода.

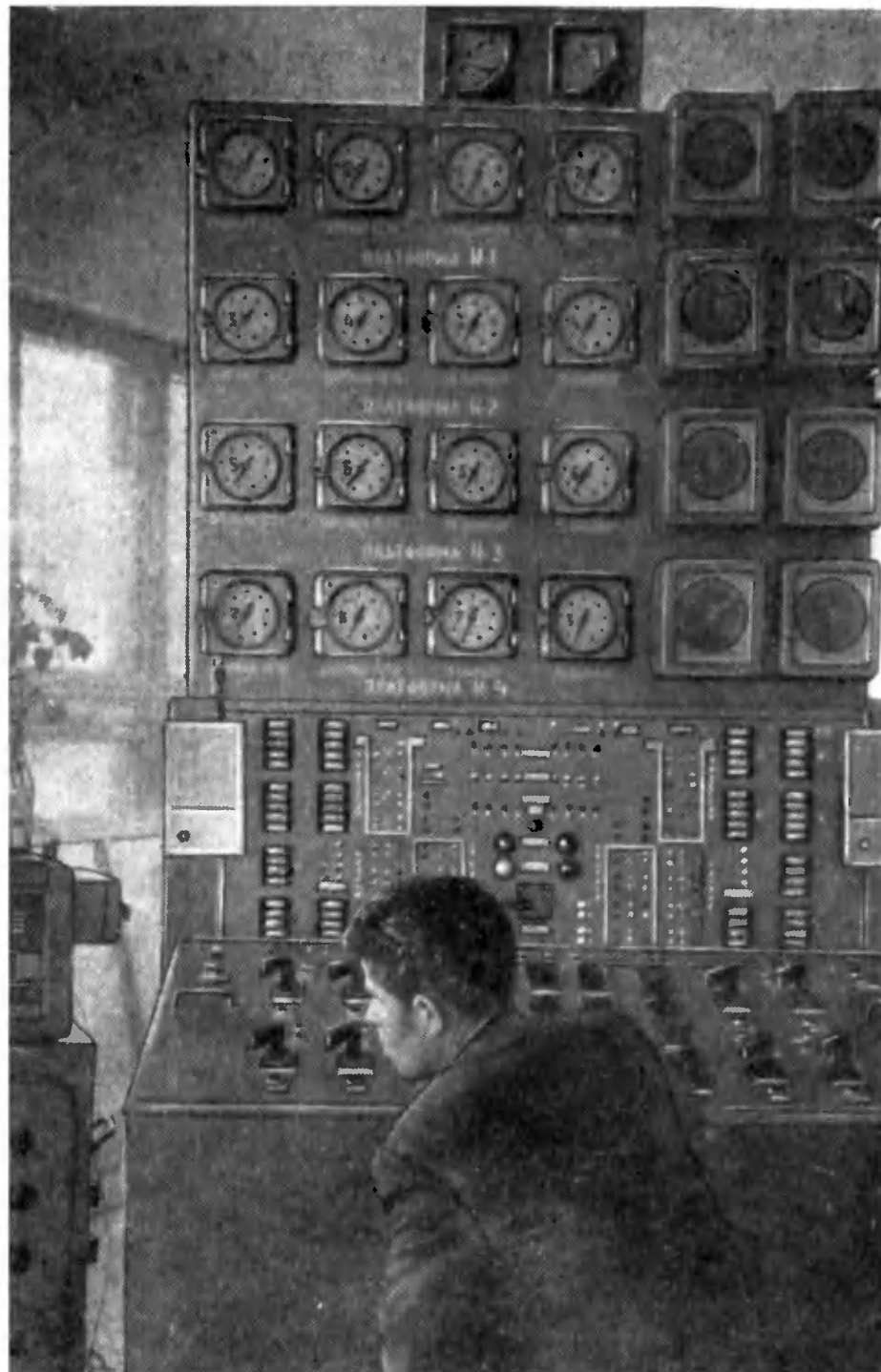


Рис. 6. Центральный пульт управления судоподъемником.

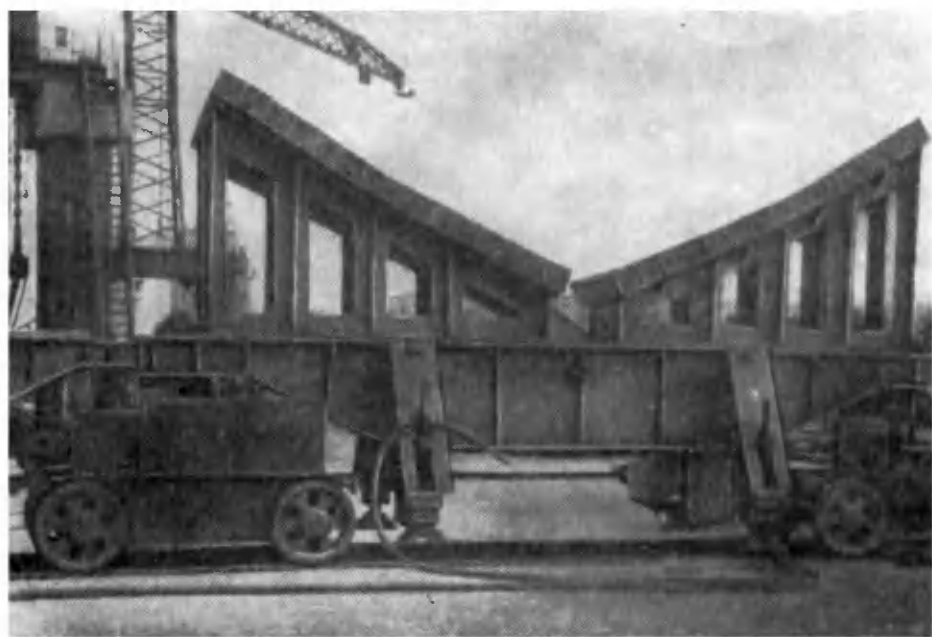


Рис. 7. Судовозные тележки с кильблоками.

Вертикальный судоподъемник на короткоходовых домкратах может применяться как в судостроении, так и в судоремонте. Он может быть использован в сочетании со стапельными местами как при продольной, так и при поперечной накатке судов.

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ ОПОРНЫХ БУРТОВ ЦИЛИНДРОВЫХ ВТУЛОК ДИЗЕЛЕЙ

Л. Р. ДИЖУР, В. А. КЕНИГСТУЛ, В. Г. СЕРЫЙ

УДК 620.179.16:621.43-589.82

В течение ряда лет Килийский судоремонтный завод производит ремонт судовых двигателей типа 8NVD-48. Характерные неисправности цилиндрических втулок этих двигателей — образование трещин и разрушение втулок в районе опорного бурта. Практика показала, что единственным надежным методом контроля опорных буртов является ультразвуковой метод, позволяющий обнаружить трещину в начальной стадии ее образования.

Расчет прочности и анализ статистических данных показывает, что в районе посадочного участка бурта цилиндрической втулки двигателя возможно возникновение усталостных трещин, наиболее вероятное направление которых видно на рис. 1. Обычно распространение трещин идет в направлении 1, однако зачастую в начале возникновения трещина идет в направлении 2 под углом 45° к поверхности АВ, а затем параллельно ей. Распространение трещин только в направлении 2 менее вероятно и может являться следствием возникновения высоких термических напряжений. Иллюстрацией способа обнаружения дефектов служит рис. 2. Прямой

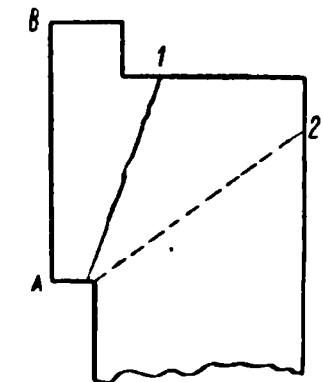


Рис. 1. Наиболее вероятное распространение трещин в районе посадочного участка бурта цилиндрической втулки двигателя 8NVD-48.

искатель на частоту 2,5 мГц располагается на поверхности АВ. Посланные им колебания, распространяясь узким пучком перпендикулярно поверхности АВ внутри изделия, встречают на своем пути дефект. Колебания отражаются от него и, возвратившись к искателю, регистрируются осциллоскопическим индикатором.

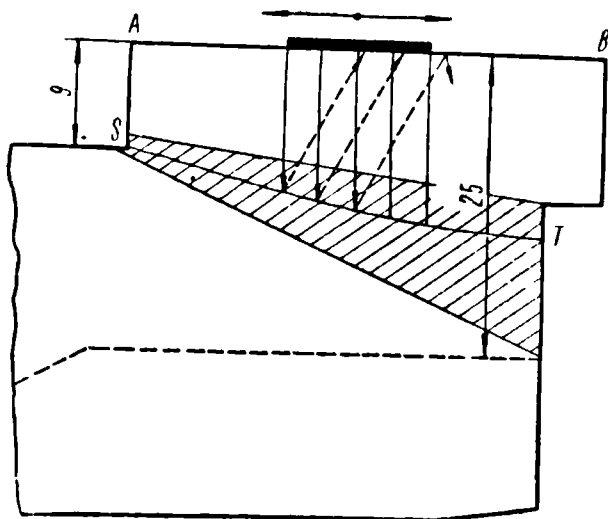


Рис. 2. Схема способа обнаружения дефектов в цилиндрической втулке.

Иллюстрацией способа обнаружения трещины в начальный период ее возникновения служит рис. 3. Наклонный искатель, скользя по поверхности АВ, посылает луч, который, отражаясь от дефекта СТ, возвращается к искателю и регистрируется прибором. Работа только прямым искателем нецелесо-

образна из-за того, что в начальной стадии возникновения трещина обычно идет под углом 45° к поверхности АВ и не может быть обнаружена. Поэтому искатель должен обеспечивать в металле угол преломления луча 45° . Экспериментально установлено, что скорость распространения продольной звуковой волны в чугуне данной марки $C_L = 4440$ — 4900 м/с ($C_t = 2650$ м/с) в соответствии с уравнением

$$\frac{C_L}{\sin \alpha} = \frac{C_t}{\sin \beta},$$

где C_L — скорость ультразвуковых колебаний (УЗК) в призме (плексиглас);

C_t — скорость УЗК в материале втулки (чугун);

α — угол ввода луча в чугун;

β — угол преломленного луча в чугуне.

Следовательно, синус угла ввода искателя определится из формулы $\sin \alpha = \sin \beta \frac{C_L}{C_t}$, а угол будет равен 45° .

Для контроля цилиндрических втулок на Килийском судоремонтном заводе применяется прибор УДМ-1М. С целью повышения чувствительности контроля работа производится на шкалах ДХ или ДУ после специальной настройки. Настройка для работы прямым искателем достигается за счет настройки глубиномера и чувствительности прибора. При настройке глубиномера переключатель «вид измерения» устанавливают в положение ДХ (ДУ), переключатель «частота» в положение 2,5 мГц, регулятор «отсечка» в положение 0, регулятор мощности импульса в положение 5. Присоединив к прибору нормальный искатель на 2,5 мГц, его устанавливают на боковой поверхности специально изготовленного эталона (рис. 4). Манипулируя ручкой «усиление», добиваются появления на экране четырех импульсов отражения. Через правый боковой лючок с помощью триммера «ДХ (ДУ) конец шкалы» импульсы регулируются таким образом, чтобы четвертый импульс был у конца шкалы. Затем ручку глубиномера устанавливают на отметке 25 мм (соответственно толщине эталона) и с помощью триммера «ДХ (ДУ) начало шкалы» стромб-импульс подводят к первому импульсу отражения. Передвинув стромб-импульс на деление 75 (или 100) с помощью триммера «ДХ (ДУ) конец шкалы», соответствующий импульс отражения совмещают со ступенькой стромб-импульса. Эту операцию повторяют несколько раз до тех пор, пока все импульсы не будут соответствовать отметкам на шкале глубиномера. После этого настройка шкалы считается законченной.

Настройка чувствительности прибора сводится к получению минимальной мертвой зоны и наибольшей чувствительности при наименьшем количестве помех. Это достигается с помощью регуляторов «чувствительность» и «мощность импульса», причем необходимо, чтобы между импульсом 25 мм и началом развертки не появлялись посторонние импульсы. Мертвую зону искателя проверяют путем подвода ступеньки стромб-импульса к заднему фронту зондирующего импульса. При установке глубиномера на отметку 8 мм зондирующий

импульс и ступенька должны быть видны раздельно. После регулировки отражение 25 мм должно иметь амплитуду не менее 15. Во всех случаях регулятор ВРЧ выводить из нулевого положения запрещается. Если каким-либо искателем настоящую регулировку выполнить не удастся, его необходимо заменить.

Настройка прибора для работы призматическим искателем (на поперечных волнах) складывается из настройки шкалы глубиномера, определения $S_{\text{экв}}$ и настройки чувствительности. Для работы на продольных и поперечных волнах настройку прибора необходимо выполнять раздельно на шкалах ДХ и ДУ.

Прямой искатель устанавливают на поверхность эталона А (см. рис. 4), переключатель «род измерений» устанавливают в положение ДУ (ДХ) и получают четыре отражения от поверхности В. Прибор настраивают так, чтобы четыре отражения совпали с отметками на шкале глубиномера 25, 50, 75 и 100 мм.

Призматический искатель с углом ввода 50° на 2,5 мГц присоединяют к прибору и, установив его на поверхности А, двигают по ней, добиваясь максимальной амплитуды отражения от поверхности С. После этого искатель фиксируют и на эталоне напротив отметки 0 делают засечку. Таким образом находится точка ввода УЗК в материал.

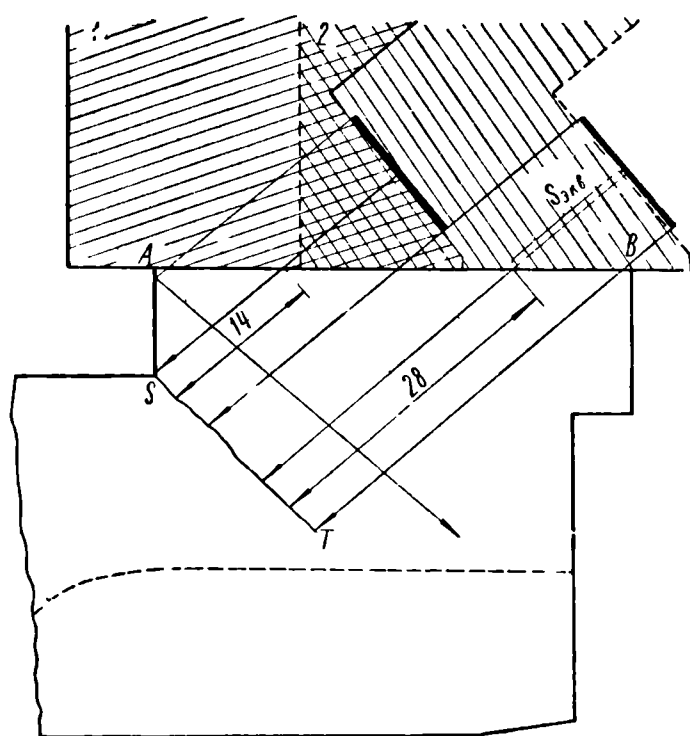


Рис. 3. Иллюстрация способа обнаружения трещины в начальный момент ее возникновения.

Не меняя положения искателя на поверхности А, измеряют глубиномером расстояние до импульса отражения. Отняв от полученной величины 50 (расстояние от центра ввода до поверхности С), получают эквивалентную толщину призмы $S_{\text{экв}}$, постоянную для данного искателя. Эта величина необходима для вычисления истинных координат дефекта.

Для настройки чувствительности устанавливают центр ввода искателя на точку 0 эталона. Ручки регуляторов ВРЧ и «отсечка» переводятся в положение 0. Манипулируя ручкой «чувствительность», добиваются исчезновения помех на экране. Проверка чувствительности осуществляется путем поворота искателя на 180° и подвода его к отверстию Z.

Отражение от отверстия должно быть видно четко.

Втулка должна быть поднята над блоком и закреплена так, чтобы контролируемая поверхность поднялась на 10—20 мм над уровнем блока. Поверхность зачищается по всей длине окружности и непосредственно перед контролем смазывается слоем контактной смазки, не превышающим 0,8 мм.

Производство контроля на продольных волнах выполняют в соответствии с рис. 2. Зону контроля с помощью стромб-импульса глубиномера устанавливают равной 25 мм. По центру клапанного гнезда на поверхности располагают искатель и наблюдают за отражением от внутренней поверхности.

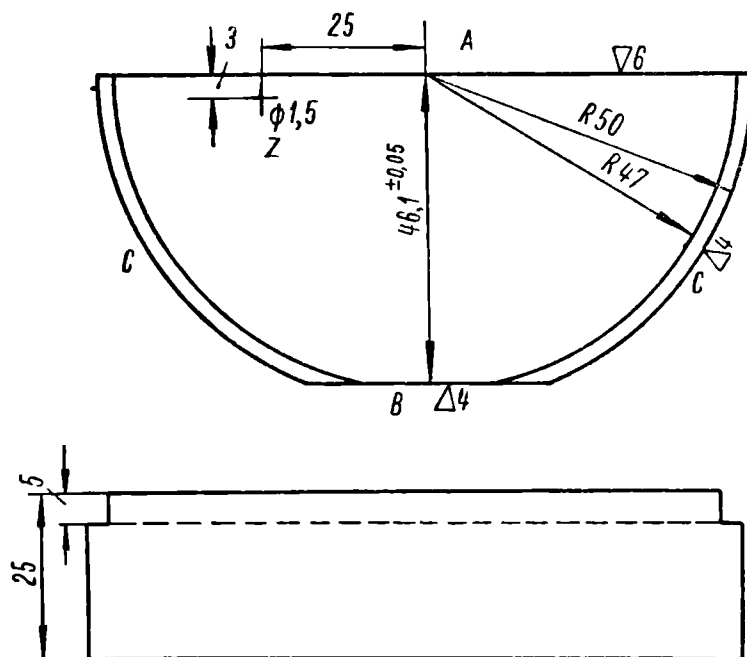
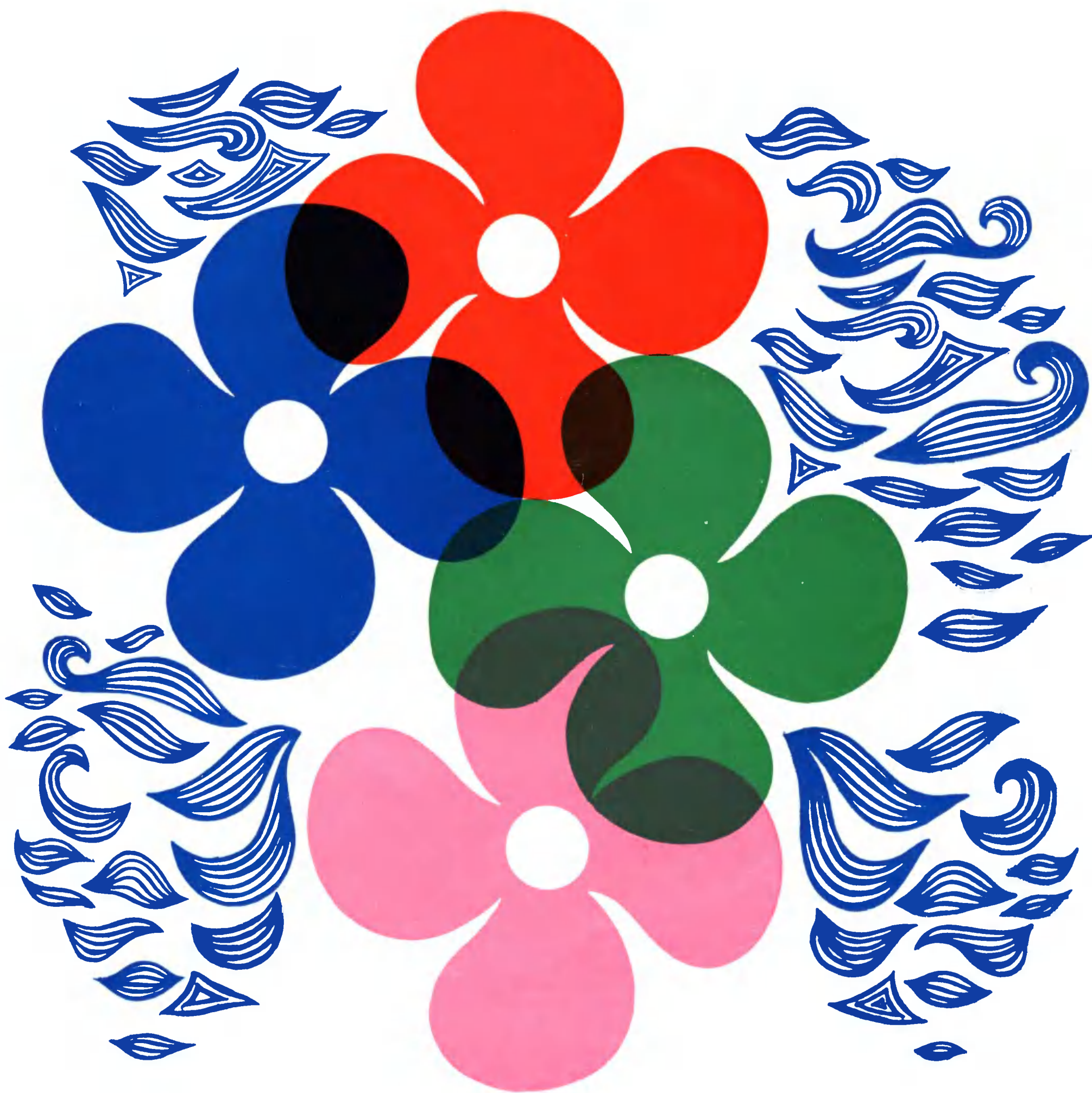


Рис. 4. Схема эталона для настройки глубиномера прибора УДМ-1М.

Сигнал должен быть четким, должен иметь амплитуду не менее 15 и соответствовать толщине металла. Между сигналом и началом развертки недопустимы структурные помехи. Затем производится сканирование по всей окружности продольно-поперечным перемещением искателя. Шаг сканирования не должен превышать $2/3$ диаметра искателя. Наличие сигнала в зоне контроля свидетельствует о наличии дефекта в материале втулки. С целью выявления конфигурации дефекта этот участок сканируется дополнительно. Если продольными искателями дефект не обнаружен, приступают к определению наличия трещин в начальной стадии их образования (в соответствии с рис. 3). Передним фронтом стромб-импульса начало рабочей зоны устанавливают на расстоянии $S_{\text{экв}} + 14$ мм (для втулок двигателей 8NVD-48). Зона автоматического контроля устанавливается соответствующим регулятором шириной 14 мм. Сканирование по поверхности контроля производится с шагом, равным не более 0,5 толщины искателя. При ходе вниз передняя грань искателя должна выходить за пределы бурта на 7 мм, при ходе назад задняя грань искателя доходит до конца бурта. Появление сигнала в зоне свидетельствует о наличии дефекта.

ЛИТЕРАТУРА

- Беляев Н. М. Сопротивление материалов. М., 1956.
Биргер И. А. и др. Расчет на прочность деталей машин. М., 1966.
Ермолов И. Н. Методы ультразвуковой дефектоскопии. М., 1966.
Орлин А. С. и др. Двигатели внутреннего сгорания, т. II. М., 1962.
Шрайбер Д. С. Ультразвуковая дефектоскопия. М., 1965.



С ПРАЗДНИКОМ
8 МАРТА!



**МАЛОТОННАЖНОЕ
СУДОСТРОЕНИЕ**

БЫСТРОХОДНЫЙ МЕЛКОСИДЯЩИЙ КАТЕР

И. Г. БЕККЕР, А. С. ЗАЛКИНД

УДК 629.125.22-185.4

Быстроходный мелкосидящий катер ЛФ-22 (рис. 1) предназначен для оперативной связи между рейдами и участками на лесосплавных путях. Большая скорость хода, прочный корпус, хорошая проходимость по мелководью, надежная защищенность движительно-рулевого комплекса, высокая маневренность и закрытая одноконтурная система охлаждения двигателя позволяют эксплуатировать катер в сложных условиях мелководья, на реках с засоренным фарватером и большой скоростью течения. Однако он может быть с успехом использован и на глубоководных акваториях, отнесенных к разряду «Р» (по классификации Речного Регистра РСФСР), для спасательных целей, служебных разъездов, санитарных и почтовых перевозок, туристских прогулок и т. д.

Катер имеет современный силуэт и хорошую внешнюю и внутреннюю отделку, небольшой вес и компактность позволяют перевозить его не только железнодорожным, но и автомобильным транспортом. Длина катера составляет 6,6 м, ши-



Рис. 1. Внешний вид катера ЛФ-22.

рина 2,3 м, высота габаритная 2,0 м. При водоизмещении 2,4 т катер вмещает 5 чел. Осадка при полном водоизмещении без хода составляет 0,32 м, при эксплуатационной скорости (45 км/ч) — 0,25 м, дальность плавания по запасам топлива достигает 160 км. Сварной корпус катера остроку-

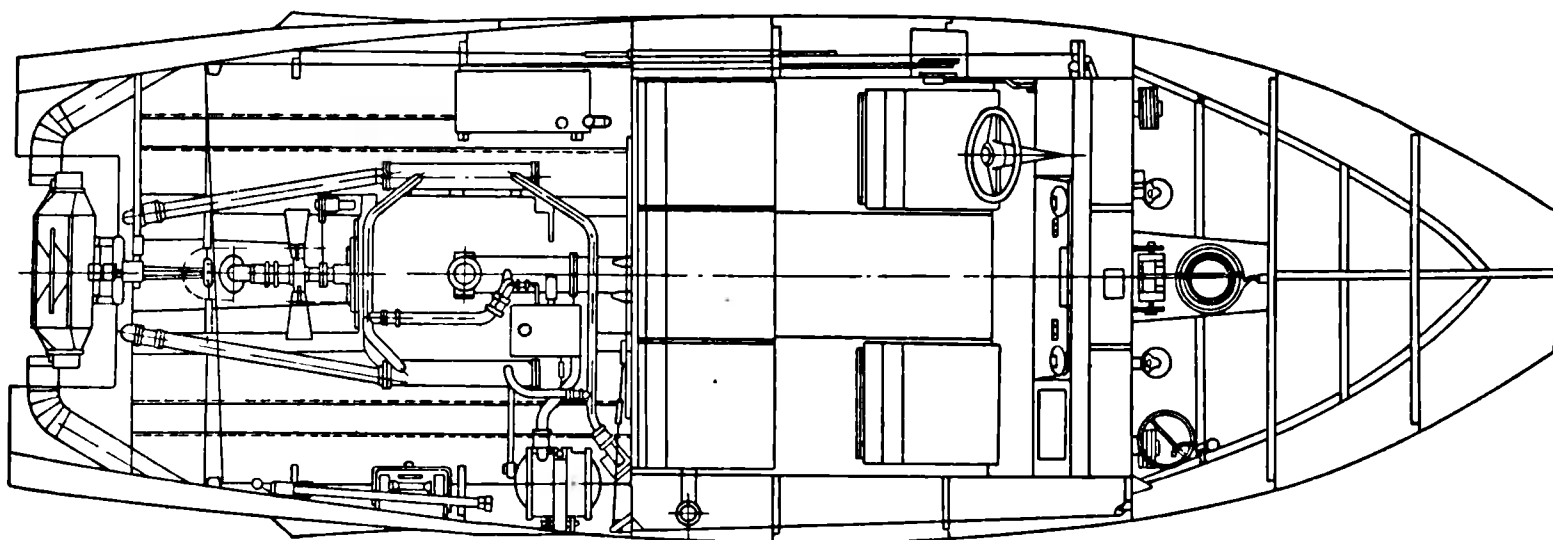
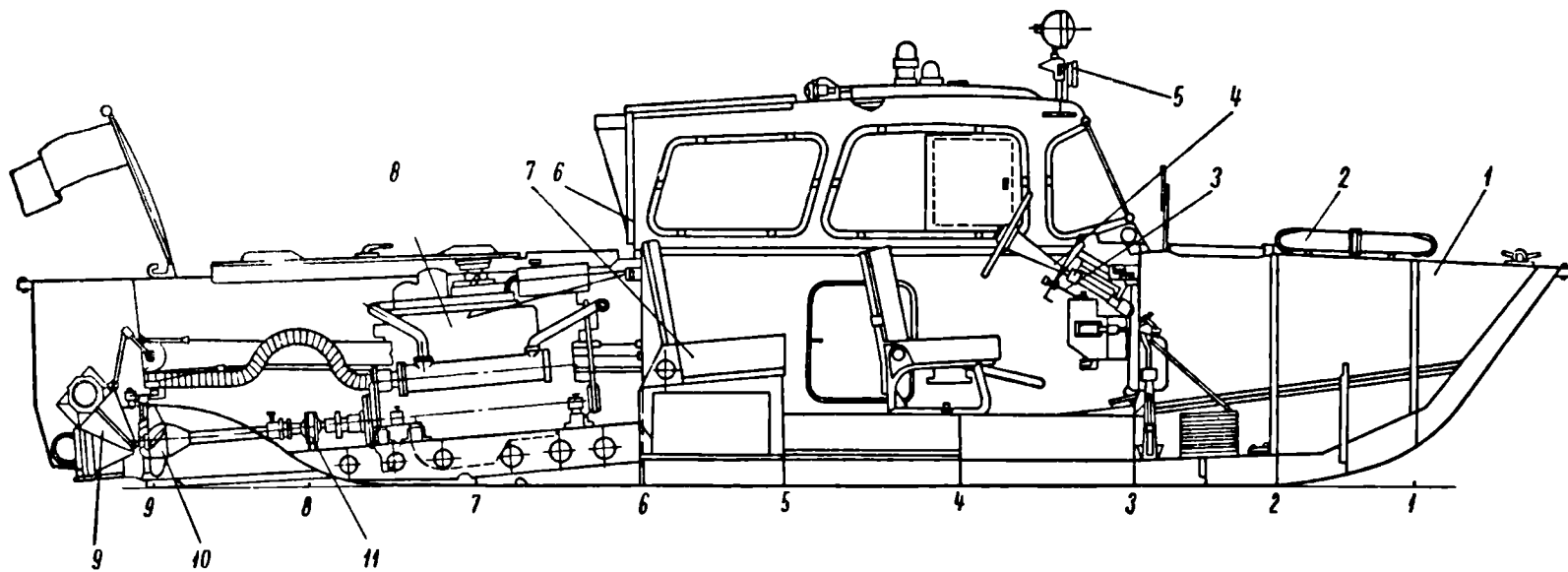


Рис. 2. Общее расположение.

1 — корпус; 2 — спасательный круг; 3 — пульт управления; 4 — штурвал; 5 — звуковой сигнализатор; 6 — салон-рубка; 7 — диван; 8 — двигатель; 9 — захлопка заднего хода; 10 — рабочее колесо водометного движителя; 11 — упорный подшипник.

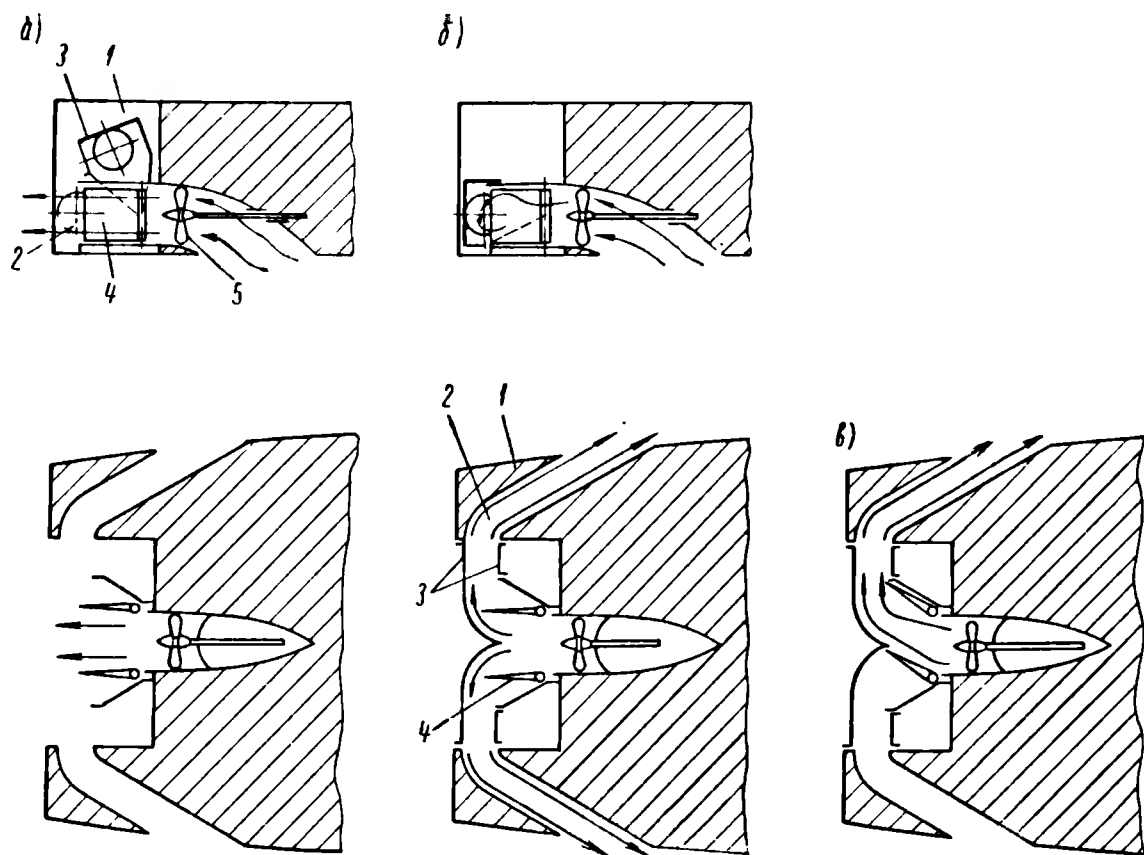


Рис. 3. Схема управления катером: а — передний ход (захлопка поднята); б — задний ход (захлопка опущена); в — поворот (налево) на заднем ходу. 1 — корпус; 2 — водовод заднего хода; 3 — захлопка; 4 — перо руля; 5 — рабочее колесо водомета.

лый, со скользящими обводами и транцевой (с вырезом) кормой. Набран он по поперечной системе набора. Корпус разделен на три отсека, над средним отсеком расположена надстройка — салон-рубка из стеклопластика с круговым обзором (рис. 2). Передние боковые стекла сделаны открывающимися (сдвижными), на переднем панорамном стекле смонтирован стеклоочиститель. Внутренняя обшивка салона-рубки выполнена из кожзаменителя, причем все стыки и швы перекрыты декоративными штапиками и раскладками из твердых пород деревьев. Внутри салона установлен отопитель автомобильного типа, снаружи, на крыше, огражденной поручнями, смонтирована автомобильная фара, отличительные и сигнальные огни, а также звуковой сигнал.

ПО СТРАНИЦАМ ЖУРНАЛОВ

MARINE ENGINEERING/LOG, 1970 (т. 75, №№ 7—9, июль — сентябрь). Интересные материалы посвящены вопросам модернизации и внедрения новой техники на верфях побережья Мексиканского залива (№ 7) и Западного побережья США (№ 9). В частности, сообщается о вводе в действие на верфи Бетлехем Стил Корпорейшн в Сан-Франциско самого большого в мире плавучего дока грузоподъемностью 65 000 т, способного обслуживать суда дедвейтом до 230 000 т.

В июльском номере журнала помещена статья, в которой рассматриваются перспективы транспортировки грузов морем в ближайшие 15—20 лет; предполагается развитие подводных перевозок путем буксирования емкостей с помощью атомных подводных лодок, а также перевозок на надводных грузовых судах, имеющих скорость хода до 100 уз.

Ряд статей посвящен новинкам судостроительной техники. С целью механизации процессов монтажа и демонтажа рулей, гребных винтов и дейдвудных валов во время постройки и ремонта судов фирмой Элуэлл-Паркер Электрик Компани разработана передвижная установка в виде подъемной платформы с приспособлениями, установленная на двух автопозвожниках (№ 7). Использование установки позволяет уменьшить трудоемкость работ на 80%.

Для монтажников судовых систем представляет интерес описание новой подвески, позволяющей устанавливать трубо-

На катере используется конвертированный автомобильный двигатель ЗИЛ-375 мощностью 160 л.с. при 2600 об/мин, установленный на резино-металлических амортизаторах. Применение замкнутой одноконтурной системы охлаждения снижает образование накипи в водяной рубашке двигателя и исключает засорение трубопроводов.

Наиболее оригинальным устройством на катере ЛФ-22 является водометный движитель, состоящий из водозаборного тоннеля, рабочего колеса и направляющего аппарата. Водозаборный тоннель образован криволинейной поверхностью, обеспечивающей его непрерывное заполнение водой на любой скорости хода при минимальных гидравлических потерях. Кроме того, форма и расположение тоннеля дают возможность максимально использовать динамический напор от набегающего потока во время движения катера. Снизу отверстие водозаборного тоннеля защищено стальной решеткой, для осмотра рабочего колеса и решетки в верхней части тоннеля имеется люк.

Рабочее колесо диаметром 300 мм (шаг 335 мм) укреплено на конусе гребного вала при помощи шпонки и гайки. Упорный подшипник охлаждается заборной водой от направляющего аппарата. Для повышения к. п. д. движителя служит направляющий аппарат, состоящий из пяти профилированных лопаток, приваренных к ступице. Направляющий аппарат крепится болтами к транцевой переборке. На переднем и заднем ходу катер управляется двумя рулями, расположенными за направляющим аппаратом движителя в специальной коробке (рис. 3).

Опытный образец катера ЛФ-22, изготовленный на Костромском судомеханическом заводе, проходил испытания на Волге. В ходе их подтвердились высокие скоростные и маневренные качества катера. Во время испытаний катер легко преодолевал участки реки глубиной не более 0,250 м, причем на мелководье скорость хода увеличивалась примерно на 5%.

С 1969 г. Костромской судомеханический завод ведет серийное строительство катеров типа ЛФ-22.

провода диаметром до 50 мм силами одного человека (№ 9).

Фирмой Нортон Компани создано износостойчивое керамическое покрытие типа Норок-277 для защиты трущихся металлических поверхностей в дейдвудных уплотнениях типа Симплекс (№ 7).

Принципиально новый экономичный метод транспортировки навалочных грузов при перегрузке с берега на судно и обратно запатентован фирмой Маркона (№ 8). В частности, гранулированная железная руда смешивается с водой в пропорции 3:1, что позволяет перекачивать ее в виде пульпы по трубопроводу. Построено первое судно, оборудованное такой грузовой системой с пропускной способностью 1000 т руды в час — рудовоз «Марконафло Мерчант» дедвейтом 51 050 т. Если обычно грузовые операции увеличивают стоимость перевозимой руды на 35—55%, то при новом методе эти затраты снижены до 2,5%.

Заслуживает внимания заметка о международной выставке «Судовое оборудование-70», организованной в Лондоне (№ 9), где, в частности, экспонировалось разнообразное радионавигационное оборудование, система активной стабилизации качки типа Сперри-Джайрофин, а также гребные винты фирм Стоун Манганиз, Френч АЦБ, КаМеВа, Липс.

В сентябрьском номере опубликована статья, в которой обсуждается проблема уплотнений баббитовых дейдвудных подшипников на масляной смазке.



История судостроительных заводов

ПЕТРОЗАВОДУ — 250 ЛЕТ

В. М. КАНАТЧИКОВ

УДК 629.12.006:3(09)

На небольшом полуострове, образованном при впадении Большой Охты в Неву, высится корпуса Петрозавода — одного из старейших в Ленинграде судостроительных предприятий.

История его создания относится еще к тому времени, когда Россия вела войну со Швецией за выход в Балтийское море. Тогда на этом месте стояла мощная шведская крепость Ниеншанц, прикрывавшая русским подступы к устью Невы с суши. Поэтому и взятие Ниеншанца 1(12) мая 1703 г. войсками Петра I стало важным этапом в ходе Северной войны. Крепость уничтожили, укрепления сравняли с землей. Однако Петр не мог не обратить внимание на то, что эта территория очень удобна для постройки судов. 21 февраля 1720 г. он подписал указ о постройке здесь «пяти сот изб с сеньями». Через год последовал второй указ: переселить в Петербург во вновь отстроенные дома 359 человек, «привычных к судовой работе». Постановлением Петербургской генерал-полицмейстерской канцелярии переселенцам вменялось в обязанность «отбывать урочные сроки... на Охтинской верфи». Так в 1721 г. и возникло производство, давшее начало нынешнему Петрозаводу.

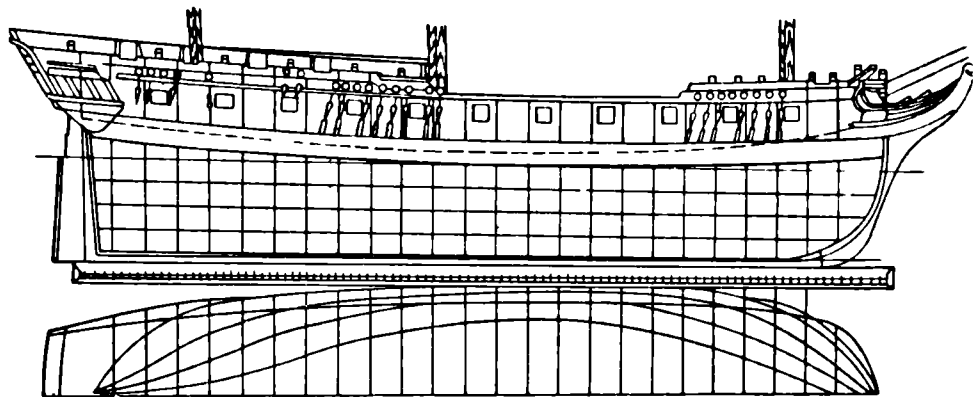
Тогда же началась постройка первых швертботов и сойм (небольших речных деревянных судов), через год была открыта судостроительная школа. Петр I сам следил за тем, чтобы строившиеся здесь суда отвечали требованиям современности. 20 августа 1723 г. он приказал: на Охтинской верфи «...плотникам вереек в продажу и в подряд никаких не делать, а делать швертботы и другие новоманерные суда».

После смерти Петра I развитие Охтинской верфи продолжалось, хотя и не такими темпами. В 1728—1740 гг. здесь велось строительство по проекту архитектора И. К. Коробова. В 1739 г. началось сооружение нового эллинга. В документах тех лет верфь упоминается в числе первых промышленных предприятий, расширявшихся по инициативе и на средства правительства. В середине и во второй половине XVIII в. охтинцы строили гребные и парусные суда; только за период с 1790 по 1793 г. были спущены на воду крупные парусные галеты «Гусь», «Чепура», «Утка», и «Чайка», построенные под руководством корабельного мастера Мелихова.

Дальнейшее развитие мореплавания в начале XIX в. требовало создания более совершенных судов. Именно к этому времени относится докладная записка правительству, составленная вице-адмиралом П. В. Чичаговым, в которой подчеркивалось чрезвычайно выгодное расположение Охтинской верфи для развития крупного кораблестроения. На записке Чичагова Александр I сделал надпись: «Привести в исполнение». 28 июня 1806 г. был утвержден проект новых фрегатских эллингов. На верфи, получившей к тому времени название Охтинского Адмиралтейства, начался бурный подъем судостроения.

С 1809 г. здесь начал работать опытный корабельный мастер Вениамин Фомич Стоке. Он руководил сооружением самой верфи и в течение 24 лет возглавлял постройку судов. Первый крупный корабль, построенный под его руководством (16-пушечный люгер «Стрела»), сошел со стапеля в 1811 г., первый парусный фрегат (32-пушечный

«Полукс») — в 1812 г. Через три года Стоке закончил постройку первого на верфи 74-пушечного линейного корабля «Финлянд». Впоследствии охтинцы давали флоту пять-шесть крупных морских парусных судов в год.



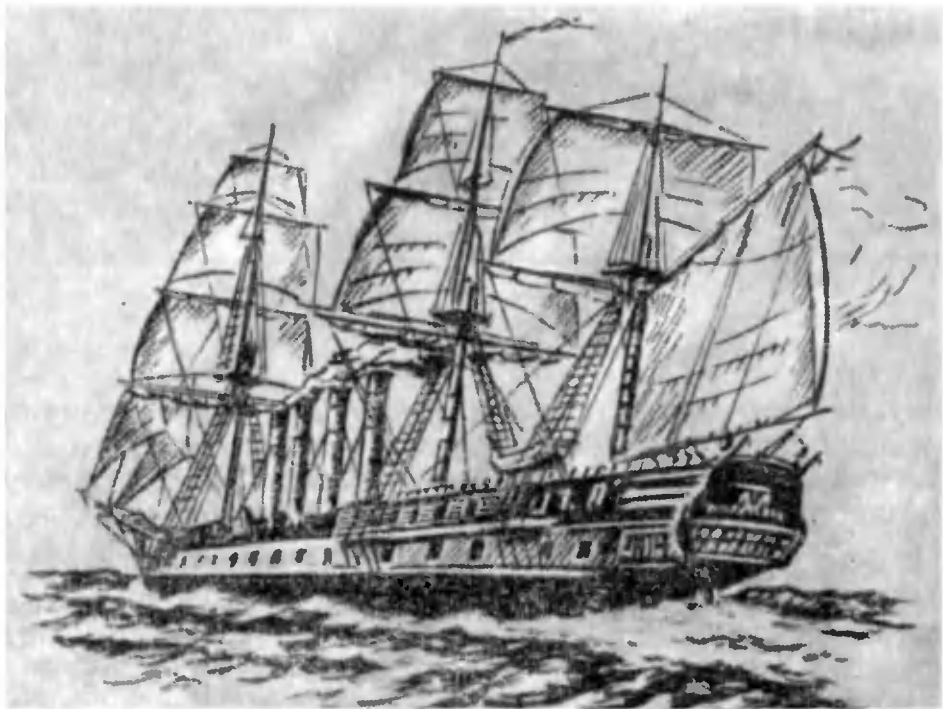
Чертеж деревянного фрегата «Полукс».

Охтинское Адмиралтейство быстро завоевало авторитет у моряков. Построенные здесь суда отличались высокими мореходными качествами, прочностью, хорошими условиями для экипажа. Треть всех русских парусных кораблей, совершивших кругосветные плавания в первой половине XIX в., построена охтинскими мастерами. Характерным парусным судном дальнего плавания является шлюп «Восток», спущенный со стапеля в 1818 г. Он стал флагманским кораблем экспедиции Ф. Ф. Беллинсгаузена, открывшей шестой материк Земли — Антарктиду. Широко известны также кругосветные экспедиции В. М. Головнина, М. Н. Васильева, С. П. Хрущева, О. Е. Коцебу, Ф. П. Литке, М. Н. Станюковича на деревянных парусных шлюпах «Камчатка», «Открытие», «Аполлон», «Предприятие», бригах «Сенявин» и «Моллер», построенных охтинцами в 20—30-х годах XIX в. Парусный транспорт «Кроткий» под командой Ф. П. Врангеля и Л. А. Гагемейстера совершил кругосветное плавание дважды.

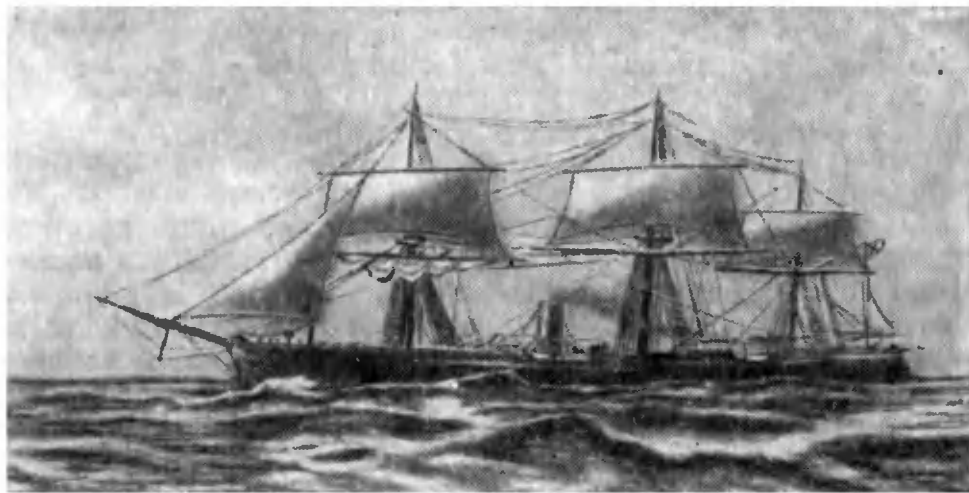
В то время строились и крупные линейные корабли. Один из них — 74-пушечный «Александр Невский» — впоследствии принимал участие в знаменитом Наваринском сражении.



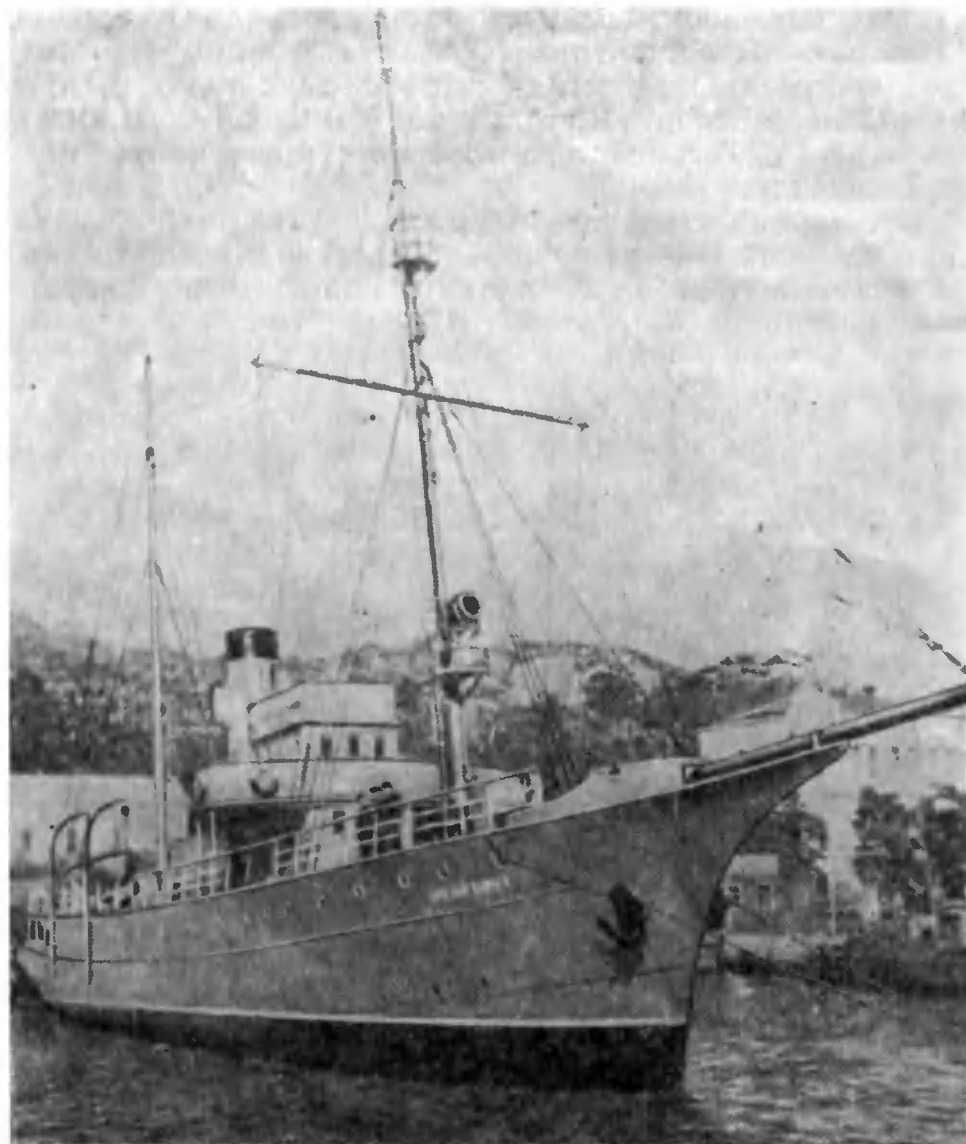
Парусный шлюп «Восток» (с рисунка художника М. Семёнова).



Первый русский винтовой фрегат «Архимед» (с рисунка художника А. Шишкалова).



Крейсер «Генерал-адмирал».



Сторожевое судно «Красный вымпел».

С 1821 г. на верфи начал работать известный русский кораблестроитель Александр Андреевич Попов, стремившийся превратить ее в одно из наиболее совершенных судостроительных предприятий, многое внесший в практику постройки судов. Так при создании 64-пушечного линейного корабля «Эммануил» Попов впервые для судов такого типа предложил круглую форму образования кормы вместо традиционной транцевой с «фонарем». Помимо упрощения конструкции, это позволило значительно усилить прочность корпуса и улучшить мореходные качества корабля. Кроме того, на «Эммануиле» Попов впервые в практике отечественного судостроения применил смешанную систему набора с использованием железных книц и медных креплений в носовой части, а также обшивку медными листами наружной поверхности днища. До этого в России такой метод применялся только при постройке мелких судов.

К 1828 г. в Охтинском Адмиралтействе работало уже 1200 рабочих. Строительство велось совершенными по тому времени методами. Так, например, постройка на стапеле шлюпов «Аполлон» и «Предприятие» водоизмещением по 800 т заняла всего четыре с половиной месяца — значительно меньше, чем на других верфях.

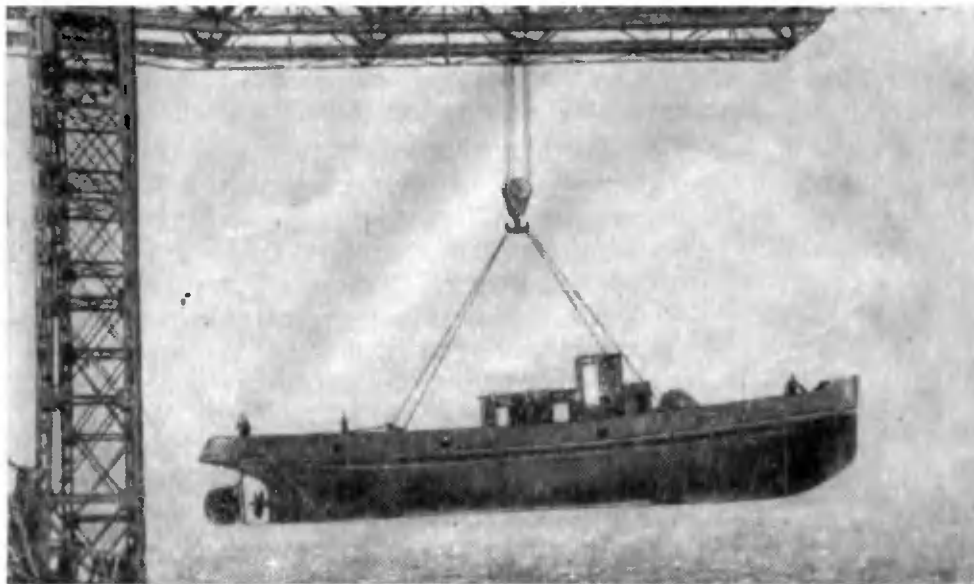
Одновременно с парусными охтинцы начинают создавать и первые паровые суда. В ноябре 1827 г. был заложен колесный пароход «Опыт» длиной 33 м с паровой машиной мощностью 40 л. с. Всего три месяца длился стапельный период двух следующих (1828 г.) 40-сильных однотипных пароходов «Нева» и «Охта», строившихся под руководством В. Ф. Стоке по чертежам потомственного русского корабеля из охтинских поселян К. А. Глазырина. Однако именно этот период (1828—1831 гг.) стал периодом наивысшего подъема парусного судостроения на Охте. Ежегодно со стапелей сходило до восьми крупных парусных кораблей, включая линейные.

В сентябре 1832 г. был спущен на воду фрегат «Паллада», по праву считавшийся одним из красивейших кораблей своего времени. Строился он под руководством В. Ф. Стоке при активном участии капитан-лейтенанта П. С. Нахимова, назначенного первым командиром корабля. Книга И. А. Гончарова «Фрегат „Паллада“» — результат плавания писателя вокруг света на этом судне.

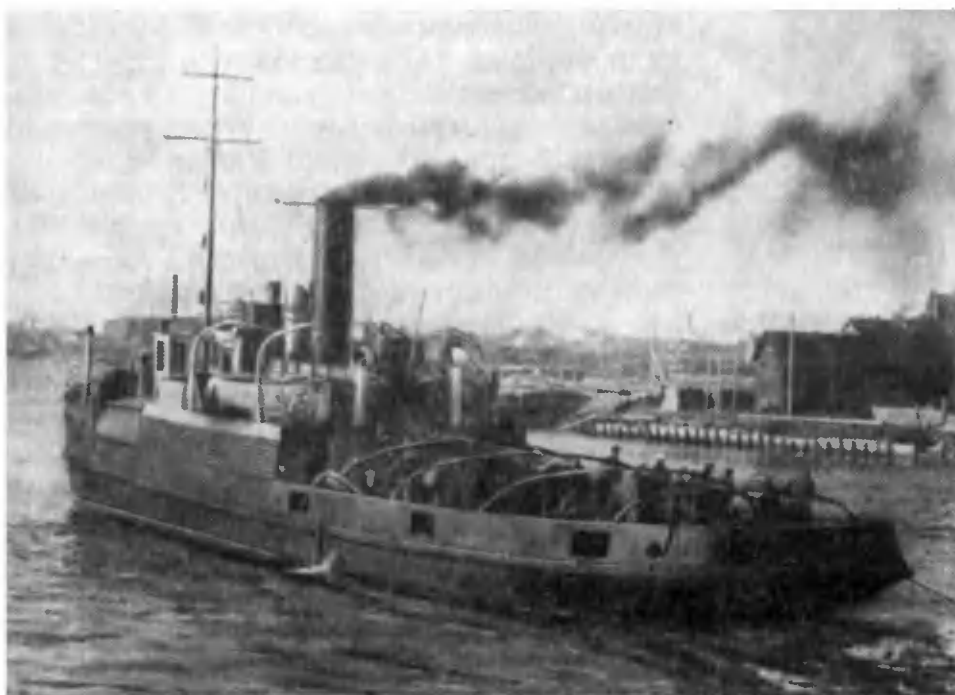
В 1832 г. вместо Стоке управляющим Охтинским Адмиралтейством был назначен известный русский кораблестроитель Иван Афанасьевич Амосов. Проработав на верфи почти 30 лет, он многое сделал для развития судостроения на Охте. Вместе со Стоке Амосов спроектировал и построил в 1833 г. 74-пушечный линейный корабль «Фершампенуаз», отличавшийся хорошими мореходными качествами и высокой прочностью — он пробыл в строю без капитального ремонта более 15 лет, что в полтора раза превышало обычные сроки службы кораблей подобного класса. Когда верфь получила заказ на постройку 44-пушечного фрегата «Аврора», предназначенного для охраны рубежей России на Дальнем Востоке, Амосов и Стоке разработали проект нового судна. Постройкой же его руководил другой талантливый кораблестроитель Степан Онисимович Бурачек. Фрегату, построенному добротно и надежно, понадобился капитальный ремонт только после 20 лет плавания. «Аврора» активно участвовала в героической обороне Петропавловска-на-Камчатке в 1854 г. при его осаде англо-французской эскадрой.

В конце тридцатых годов прошлого столетия под руководством Бурачека и Амосова были построены линейные парусные корабли 74-пушечный «Константин» и 84-пушечный «Выборг», причем первый из них пробыл в строю без капитального ремонта 17 лет, установив рекорд долголетия на Балтике для деревянного корабля. В 1853 г. «Выборг» полностью переоборудовали: установили 450-сильную машину и гребной винт. Он стал первым паровым линейным кораблем в России, совершившим плавание вокруг Европы. Годом позже такому же переоборудованию подвергся и «Константин».

Сороковые годы XIX в. знаменательны для верфи созданием целого ряда паровых судов. В 1839 г. был спущен на воду один из первых в России паровых военных кораблей «Скорый», в 1844 г. завершилась постройка 400-сильного колесного парохода-фрегата «Грозный», положившего начало этому новому классу отечественных кораблей. Яркой страницей истории Охтинского Адмиралтейства является создание первого русского винтового



Спуск озерно-речного буксира мощностью 200 л. с.



Паровой буксир мощностью 400 л. с.

судна — фрегата «Архимед», спущенного на воду летом 1848 г. Кроме паровой машины мощностью 300 л. с. и двухлопастного винтового движителя, корабль имел полное парусное вооружение по классу фрегата. «Архимед» положил начало развитию совершенно нового типа быстроходных фрегатов, характерных для отечественного флота.

Строительство большого количества паровых судов требовало обновления и расширения производства. В этот период на Охте возводятся новые помещения, переоборудуется шлюпочная мастерская, сооружается стапель специально для пароходо-фрегатов. Охтинское Адмиралтейство превращается в одно из крупнейших судостроительных предприятий, обеспечивающих Балтийский флот быстроходными паровыми кораблями.

В 1855 г. на верфи под руководством капитана Карповского и поручика Иващенко началось строительство 17 паровых канонерских лодок типа «Забияка» водоизмещением 170 т. Несмотря на то, что опыта серийной постройки судов охтинцы еще не имели, заказ они выполнили в короткий срок. Так стапельный период канонерской лодки «Кобчик» составил всего 30 дней. Вслед за этими кораблями под руководством капитана 1 ранга Андрея Александровича Попова, сына упоминавшегося выше Александра Андреевича Попова, начала строиться серия из 14 винтовых корветов типа «Рында» водоизмещением 900 т. В течение мая—июля 1856 г. все 14 кораблей были спущены на воду. Впоследствии корветы этой серии составили ядро быстроходного парового крейсерского флота.

Примечательным событием в истории верфи стала постройка в 1875 г. по проекту адмирала А. А. Попова полуброненосного корабля «Генерал-адмирал» — первого в мире океанского крейсера с поясным бронированием по ватерлинии¹. Его строителем был корабельный инженер Н. А. Субботин, а его ближайшим помощником — корабельный мастер П. А. Титов. Для Охтинского Адмиралтейства это было самое крупное за всю его историю судно: водоизмещение 4600 т, длина 87 м, ширина 14,6 м, осадка ~ 6 м. Свыше 40 лет находился корабль в строю. После переоборудования в 1909 г. в минный заградитель он получил новое название — «Нарова» и участвовал в первой мировой войне.

С 1873 по 1882 г. верфь входила в состав Невского машиностроительного завода. В конце семидесятых годов XIX в. охтинские корабелы построили под руководством адмирала А. А. Попова 20 малых миноносок типа «Карась». К этому же времени относится закладка двух крупных клиперов — «Разбойник» и «Вестник», отличавшихся хорошими мореходными качествами. Причем на «Вестнике» впервые для судов такого типа была использована в наборе корпуса сталь.

В августе 1882 г. по проекту изобретателя О. Костовича начал строиться дирижабль «Россия». Достроить его, к сожалению, так и не удалось из-за недостатка средств, а вот спроектированный Костовичем восьмицилиндровый четырехтактный мотор мощностью 80 л. с. был изготовлен охтинскими корабелами и стал первым в мире двигателем внутреннего сгорания, работавшим на бензине.

В конце XIX в. Охтинскую верфь временно арендовала фирма Крейтон и К°, приступившая вскоре к постройке быстроходных миноносцев; первые четыре ко-

¹ Подробнее о крейсерах см. журнал «Судостроение», 1971, № 1. Р. М. Мельников «Развитие класса крейсеров».



Рейдовый буксир с крыльчатыми движителями перед спуском на воду.



Морской дизель-электрический буксир мощностью 2000 л. с.



Линия поточно-позиционной постройки портовых буксиров мощностью 1200 л. с.

рабля зимой 1902—1903 гг. перешли своим ходом с Балтики на Черное море вокруг Европы. Один из них — миноносец «Свирепый» получил широкую известность как участник революционных событий 1905 г. На «Свирепом» обходил корабли на Севастопольском рейде руководитель восставших моряков лейтенант П. П. Шмидт. Восстановленный после гражданской войны миноносец получил новое имя — «Шмидт» и стал одним из первых кораблей советского Черноморского флота.

В 1906 г. завод Крейтона приступил к строительству первых в русском флоте больших крейсерских подводных лодок водоизмещением 400 т, а затем — портовых и вспомогательных кораблей водоизмещением до 1000 т. Осенью 1910 г. на заводе была спущена на воду паровая яхта «Адмирал Завойко», позднее ставшая сторожевым судном и переименованная в «Красный вымпел». Этот корабль — первенец советского Тихоокеанского флота — за свои боевые и революционные заслуги удостоился права на вечную стоянку во Владивостоке.



Боковой спуск портового буксира мощностью 1200 л. с.

В 1913 г. завод снова перешел в ведение государства. Примерно в это время он получил свое нынешнее название — Петрозавод.

Многочисленные документы, хранящиеся в государственных архивах Москвы и Ленинграда, свидетельствуют о богатых революционных традициях петрозаводцев. Еще в период 1905—1907 гг. на верфи зародились конспиративные рабочие кружки. Активное участие приняли охтинцы в революционных событиях 1905—1907 гг. Они включились во всеобщую стачку петербургских рабочих в знак солидарности с бастующими путиловцами. 3 января 1905 г. судостроители предъявили хозяевам завода требования об установлении 8-часового рабочего дня, улучшении условий труда, признании рабочих представителей. К 1914 г. на Петрозаводе была создана своя партийная организация, которую возглавлял рабочий-большевик судосборщик П. Судаков. Под ее руководством проходили маевки, революционные выступления судостроителей. Вместе с пролетариями Выборгской стороны охтинцы принимали активное участие в подготовке и проведении Февральской, а затем и Великой Октябрьской социалистической революции.

В середине 1913 г. на Петрозаводе вспыхнула забастовка. Среди бастовавших был и токарь Матвей Захаров, впоследствии видный советский военачальник, Маршал Советского Союза, начальник Генерального штаба Вооруженных Сил СССР. Матвей Васильевич Захаров — активный участник Октябрьского вооруженного восстания и гражданской войны, герой Великой Отечественной войны. И сейчас М. В. Захаров не порывает связей с родным заводом, интересуется делами коллектива судостроителей.

В 1917—1918 гг. на Петрозаводе находился штаб Охтинской революционной дружины, обеспечивавшей вооружением рабочих, участвовавших в свержении царского правительства. Впоследствии из этой дружины формировались отряды Красной Гвардии, в рядах которых сражались десятки петрозаводцев. Боевые знамена охтинцев хранятся в Центральном музее Вооруженных Сил в Москве.

Уже в годы гражданской войны, несмотря на разруху и голод, царившие в стране, петрозаводцы выпускали продукцию, необходимую молодой Республике Советов. Предприятие постепенно восстанавливалось, набирало силы. После перехода в августе 1931 г. в ведение Всесоюзного объединения судостроительной промышленности «Союзверфь», завод начал осваивать строительство буксирных судов. Эта специализация сохранилась и до настоящего времени.

В конце 1931 г. был заложен первый 200-сильный озерно-речной буксир, а в августе следующего года коллектив одержал большую победу: со стапеля сошли первые два буксира этого типа. Рос коллектив, накапливался опыт, увеличивалась техническая оснащенность предприятия. Буксиры мощностью 200 л. с. строились крупной серией. Одновременно в постройке находились баржи разной грузоподъемности и пассажирские теплоходы для внутригородских линий. Петрозаводцы широко внедряли электросварку, а в 1934 г. построили баржу грузоподъемностью 175 т полностью цельносварной конструкции. Затем от стенки завода ушли первые буксиры мощностью 400 л. с. В 1936 г. предприятие получило заказ на постройку шести двухсотсильных буксиров улучшенной конструкции, предназначенных для канала им. Москвы. Всего 10 месяцев потребовалось охтинским судостроителям, чтобы спроектировать, построить и сдать эти суда заказчику.

В годы Великой Отечественной войны Петрозавод не был эвакуирован в тыл. Коллектив в небывало трудных условиях блокады организовал выпуск оружия, строил и ремонтировал боевые корабли, транспортные суда. Охтинцы сумели наладить выпуск 15 самоходных ме-

таллических тендеров и шести плашкоутов для водной «Дороги жизни».

В послевоенные годы постройка судов на заводе велась на принципиально новой технической основе. Уже в 1950 г. морские буксиры мощностью 500 л. с. строились прогрессивным поточно-позиционным методом из укрупненных секций и блоков. Это одна из первых в отечественном судостроении поточная линия. Тогда же начали широко внедряться новые технологические процессы машинной газовой резки, обработки корпусных деталей, автоматической сварки, стапельных и монтажных работ. Затем завод перешел на постройку крупных серий морских водолазных ботов, морских дизель-электрических буксиров мощностью 2000 л. с. и портово-рейдовых буксиров мощностью 600 и 900 л. с. с крыльчатыми двигателями.

В настоящее время со стапелей Петрозавода сходят современные дизельные портовые буксиры мощностью 1200 л. с., составляющие ядро отечественного портового флота. Суда этого типа не только успешно эксплуатируются в Прибалтике и Заполярье, на Черном море и Дальнем Востоке, но и пользуются большим спросом на мировом рынке.

РАЗВИТИЕ КЛАССА КРЕЙСЕРОВ¹

Р. М. МЕЛЬНИКОВ

УДК 623.822.3(09)

Говоря о бронепалубных крейсерах конца XIX — начала XX вв., следует отметить, что к чести отечественного судостроения русские корабли избежали сомнительных опытов создания громадных плавучих мишеней, какими были не защищенные поясной броней бронепалубные английские крейсера. Только за период с 1895 по 1898 гг. англичане спустили на воду 10 таких кораблей водоизмещением от 11 000 до 14 400 т, хотя опыт постройки броненосных крейсеров предостерегал от подобных экспериментов. В России же крейсера, не защищенные поясной броней, относились только к классу средних бронепалубных крейсеров. Строительство таких кораблей началось в 1895 г., спустя почти 10 лет после создания первого сравнительно крупного бронепалубного крейсера «Адмирал Корнилов». Были заложены корабли двух типов: малого «Светлана» водоизмещением 3700 т и среднего «Диана» (6700 т). «Светлана», строившаяся в Гавре (Франция) на верфи Форж и Шантье-де-ля Медитеранне, стала первым легким крейсером русского флота, на котором парусный рангоут уже не предусматривался. Ее иногда называли «яхтой-крейсером», но вместе с тем она имела броневую палубу толщиной 38—64 мм, бронированную (102-мм) боевую рубку и неплохое вооружение — шесть 152-мм, четыре 75-мм, десять 47-мм, два 37-мм орудия и два торпедных аппарата. Скорость этого корабля, вступившего в строй в 1898 г., превышала 20 уз. Близким к «Светлане» был и другой крейсер яхтенного назначения — «Алмаз», построенный значительно позднее — в 1903 г. (водоизмещение 3285 т, скорость хода 19 уз, вооружение четыре 75-мм, восемь 47-мм пушек и два пулемета, бронирования не имел).² Оба крейсера вошли в состав разведочного отряда эскадры адмирала Рожественского, причем «Светлана» была на правах флагмана. Этот корабль героически погиб в неравной схватке с японскими крейсерами в Цусимском бою. «Алмаз» благополучно дошел до Владивостока, вернулся на Балтику, а затем вошел в состав Черноморского флота.

23 мая 1897 г. было заложено сразу три однотипных крейсера: на верфи Галерного острова — «Диана» и «Паллада», в Новом Адмиралтействе — «Аврора». Проектом

От небольших ботов до мощных дизельных портовых буксиров — таков путь Петрозавода, флагмана отечественного буксиростроения. Успешно выполнены задания пятилетки и ленинского юбилейного года, досрочно завершены обязательства, принятые к XXIV съезду партии. А впереди новые большие задачи. И петрозаводцы — преемники славных традиций охтинских корабелов — решат их с честью. Залогом этого является вся 250-летняя история трудовых побед прославленного завода.

ЛИТЕРАТУРА

Быховский И. А. Рассказы о русских кораблестроителях. Изд-во «Судостроение», 1966.

Веселаго Ф. Ф. Список русских военных судов с 1668 по 1860 год. СПб., 1872.

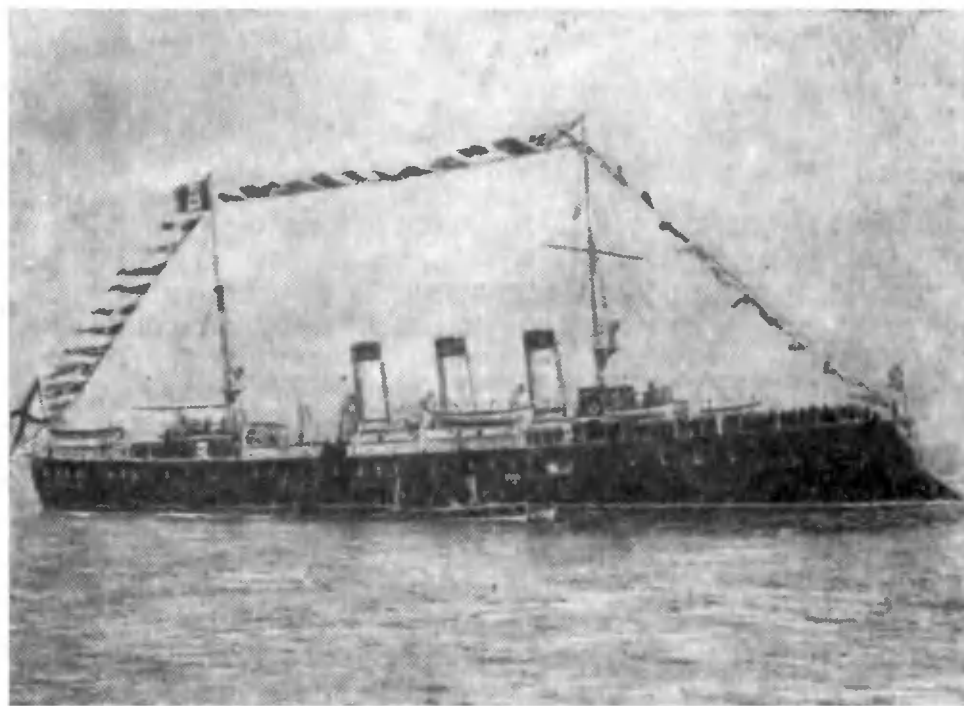
Дмитриев Н. Н. и Колпычев В. В. Судостроительные заводы и судостроение в России и за границей. СПб., 1909.

Мансуров Б. Охтинское адмиралтейское поселение. СПб., 1856.

Моисеев С. П. Список кораблей русского парового и броненосного флота с 1861 по 1917 год. Воениздат, 1948.

предусматривалось водоизмещение 6731 т, паровые машины общей мощностью по 11 610 л. с. и скорость хода 20 уз. Как и на «Светлане», на крейсерах устанавливались новые водотрубные котлы Бельвиля. По примеру ранее построенных крейсеров для защиты от коррозии стальной корпус в подводной части покрывался слоем дерева, поверх которого крепились медные листы. «Паллада», «Диана» и «Аврора» вступили в строй соответственно в 1901, 1902 и 1903 гг. Вооружение каждого корабля составляло восемь 152-мм орудий в палубных установках с броневыми щитами, двадцать четыре 75-мм, восемь 37-мм и две 64-мм пушки Барановского, по одному надводному торпедному аппарату (в форштевне) и по два подводных (по бортам). Броневая защита, как и у всех бронепалубных крейсеров, включала карапасную 51-мм палубу, выполненную в виде панциря черепахи с 76-мм скосами и боевую рубку с 152-мм броней. Такие корабли, прикрытые от снарядов лишь одной броневой палубой, получили название «прикрытых» или «защищенных» крейсеров. Корабли строились по программе 1895 г. и предназначались для Балтийского моря, но всем им пришлось служить на Дальнем Востоке и участвовать в русско-японской войне: «Диане» и «Палладе» — в Порт-Артуре, «Авроре» — в эскадре Рожественского.

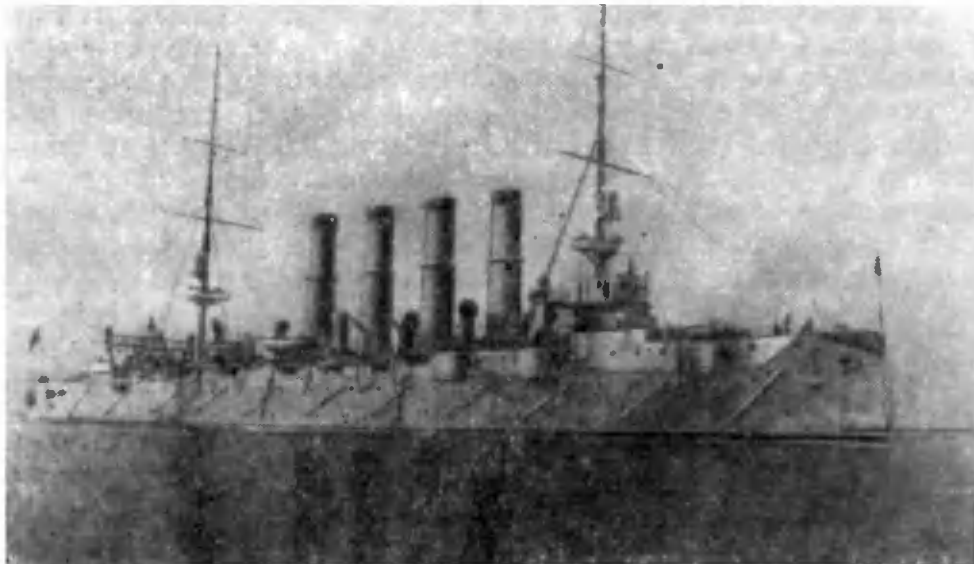
Все последующие бронепалубные крейсера русского флота строились по новой программе 1898 г., предусматривавшей усиление эскадры Тихого океана. Для пред-



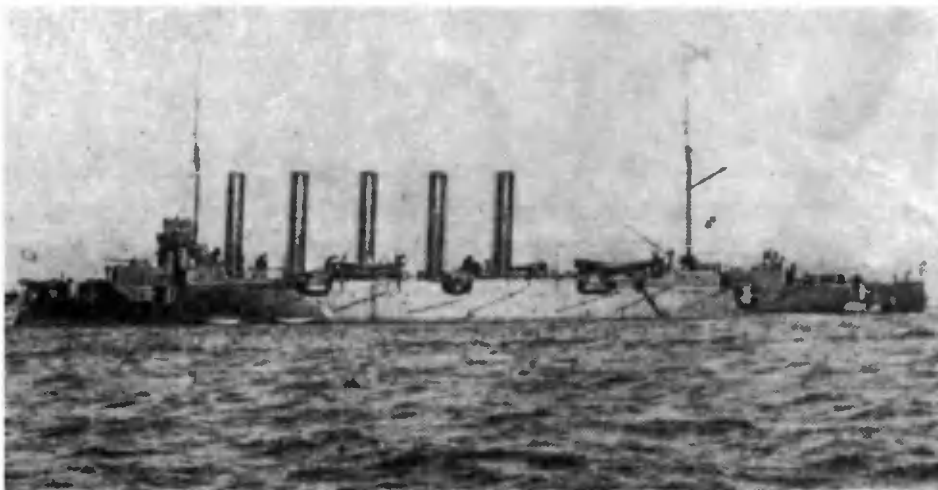
Яхта-крейсер «Светлана».

¹ Окончание. Начало см. журн. «Судостроение», 1971, № 1.

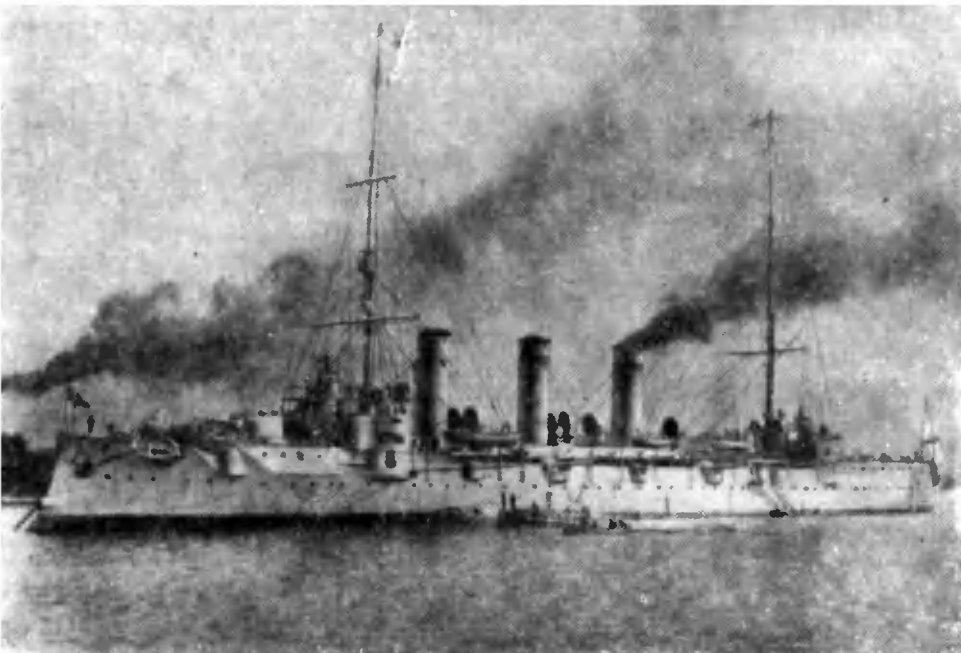
² В годы первой мировой войны «Алмаз» (семь 120-мм орудий) стал «гидрокрейсером» — носителем гидросамолетов.



Бронепалубный крейсер «Варяг».



«Аскольд» в Порт-Артуре (снимок 1903 г.).



«Олег» — крейсер типа «Богатырь» (снимок 1910 г.).

стоящей постройки пяти эскадренных броненосцев, восьми крейсеров, 32 миноносцев и двух кораблей специального назначения было выделено 90 млн. руб. Причем половина крейсеров (будущие «Варяг», «Аскольд», «Богатырь» и броненосный «Баян») согласно официальной классификации 1892 г. была отнесена к крейсерам 1 ранга, а половина — к крейсерам 2 ранга («Новик», «Боярин», «Жемчуг» и «Изумруд»). Все перечисленные бронепалубные крейсеры проектировались по заданиям, разработанным Морским Техническим Комитетом (МТК). На кораблях обоих типов (водоизмещение 6000 и 3000 т) предусматривалось по два гребных винта, запас топлива не менее 12% от водоизмещения и дальность плавания — не менее 5000 миль при ходе 10-узловой скоростью. 6000-тонные крейсеры должны были иметь полную скорость хода 23 уз, котлы — системы Бельвиля, броневую

палубу и 152-мм броню боевой рубки. Оговаривалось прикрытие элеваторов и котельных кожухов 38-мм броней, метацентрическая высота с полными запасами угля — не менее 46,7 см. Вооружение по двенадцать 152-мм и 75-мм орудий, шесть 47-мм пушек, два подводных и четыре надводных торпедных аппарата. Для крейсера водоизмещением 3000 т предусматривалась скорость хода 25 уз, по шесть 120-мм и 47-мм орудий и по шесть надводных торпедных аппаратов. Этими проектными заданиями и руководствовались заводы, вызвавшиеся участвовать в конкурсе, объявленном Морским министерством. Предложения на постройку крейсеров водоизмещением 6000 т и 3000 т представили Невский судостроительный завод и ряд зарубежных фирм. Самые мощные отечественные предприятия в этом конкурсе не участвовали из-за большой загруженности работами по программе 1895 г.

Заказы на постройку получили в 1898 г. лишь некоторые из претендентов: фирма Крамп в Филадельфии (крейсер водоизмещением 6000 т), фирма Круппа «Германия» в Киле (крейсер водоизмещением 5900 т), завод фирмы Шихау в Эльбинге (крейсер водоизмещением 3000 т), общество «Вулкан» в Штеттине (крейсер водоизмещением 6250 т). Это были «Варяг», «Аскольд», «Новик» и «Богатырь», названные так в честь парусных корветов и символизирующие преемственность славных традиций русского флота.

С постройкой этих кораблей связано внедрение целого ряда технических новшеств, принятых МТК к началу XX в. Часть из них применялась уже на крейсерах типа «Диана». Впервые на новых кораблях, начиная с «Варяга», появились металлические шлюпки и металлическая мебель — заботы об устранении горючих материалов серьезно волновали МТК. Широкая электрификация коснулась многих судовых устройств и механизмов. Электрическое управление рулем потеснило применявшуюся до этого паровую рулевую машину, которая стала вспомогательной, резервной. Новыми более удобными в обслуживании якорями Холла со штоками заменили адмиралтейские, применявшиеся со времен парусного флота. Кроме того были установлены снижавшие популярность на флоте телефоны системы лейтенанта Колбасьева, корабельные радиостанции, мачтовые семафоры, электрические приборы управления артиллерийским огнем, указатели положения пера руля и т. д. Не в пример некоторым зарубежным флотам, где все еще боялись расстаться с огнетрубными котлами, в русском флоте был взят твердый курс на применение котлов нового типа — водотрубных.

Однако то, что эти корабли строились на различных зарубежных заводах под наблюдением различных специалистов, сказалось на их индивидуальных качествах; несмотря на то, что задания на проектирование были идентичны, их нельзя назвать однотипными. Изменялись главные размерения (см. таблицу), расположение артиллерии, число дымовых труб и тип котлов. Если орудия на «Варяге» не имели броневых щитов, то на «Аскольде», несмотря на меньшее водоизмещение, оказалось возможным защитить броней и пушки, и прислугу, а на «Богатыре» треть его главной 152-мм артиллерии даже заключить в башни, распределив оставшиеся 152-мм орудия поровну в бронированных казематах и за броневыми щитами. Вооружение каждого корабля составляло по двенадцать 152-мм и 75-мм орудий, восемь 47-мм, две 37-мм и две 64-мм пушки Барановского, два пулемета и шесть торпедных аппаратов, причем на «Аскольде» и «Богатыре» — два подводных.

Эволюция кораблей этого класса весьма поучительна. Она наглядно демонстрирует, как ослабление чисто крейсерских качеств и усиление линейного назначения крупных крейсеров влияло на их тактико-технические элементы в пределах примерно одного и того же водоизмещения. При сравнении тактико-технических данных кораблей от «Варяга» до «Богатыря» видно, что район действия крейсеров постепенно уменьшался, артиллерийское вооружение улучшалось, повышалась скорость хода, усиливалась броневая защита. Последние крейсеры типа «Богатырь» имели максимальное сосредоточение наступательных и оборонительных элементов при весьма высокой скорости хода (23 уз) и хорошо бронировании, помимо карапасной палубы (обычной принадлежности та-

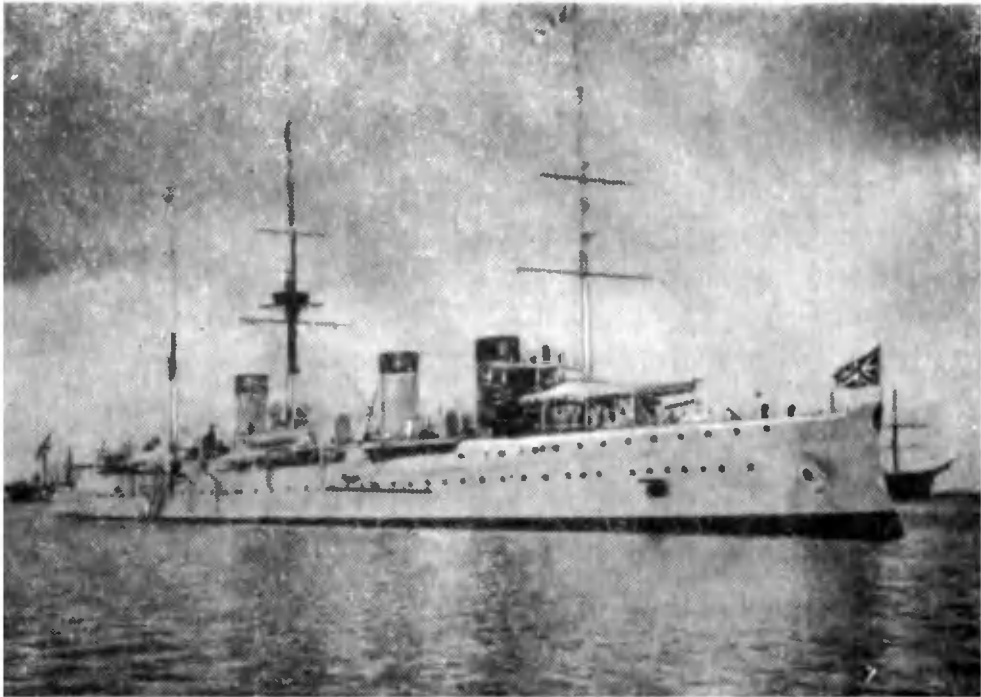
ких кораблей) и местного прикрытия жизненно важных узлов, на них предусматривалась гораздо лучшая защита главной артиллерии. Не случайно корабли типа «Богатырь» нередко причисляли к броненосным крейсерам. Они по праву считались лучшими представителями своего класса. И если первый из них («Богатырь») строился за границей, то все последующие («Олег», «Кагул», «Очаков») были отечественной постройки, включая и главные машины.

Сравнение тактико-технических данных крейсеров «Варяг», «Аскольд» и «Богатырь»

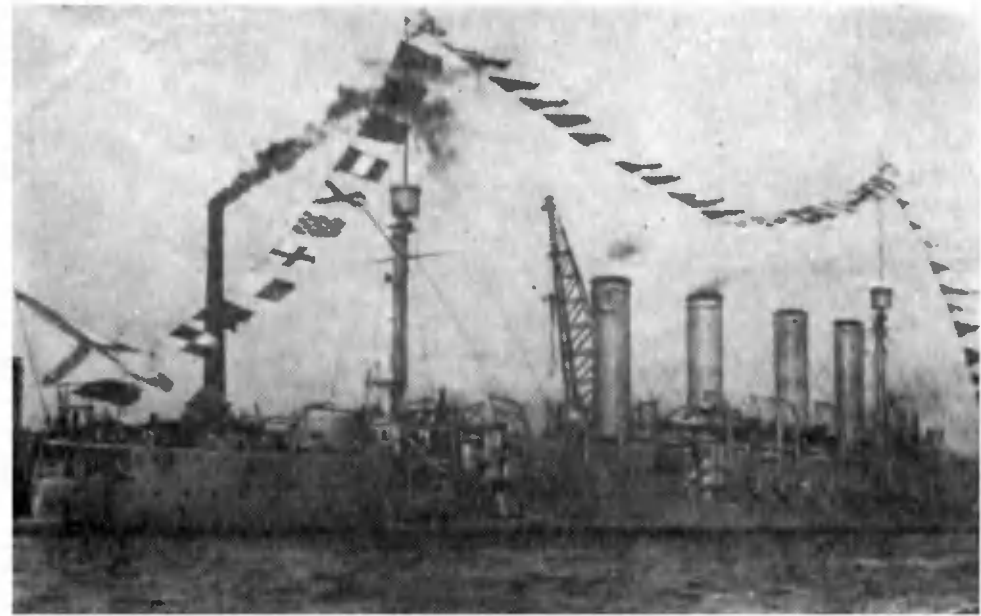
Основные элементы и характеристики	«Варяг»	«Аскольд»	«Богатырь»
Начало постройки	1898 г.	1899 г.	1899 г.
Время испытаний	21 сентября 1900 г.	8 сентября 1901 г.	7 июня 1902 г.
Длина по грузовой ватерлинии, м	127,88	129,99	126,04
Ширина наибольшая, м	15,85	15,0	16,46
Углубление среднее, м	5,94	6,22	6,31
Водоизмещение, т	6500	5950	6695
Скорость хода (на 12-часовом пробеге), уз	23,18	23,39	23,45
Мощность главных механизмов, л. с.	14 157	20 434	20 279
Дальность плавания (при скорости хода 10 уз), мили	5000	3140	2760
Бронирование, мм:			
палуба	38—76	40—76	35—70
казематы	—	—	35—80
башни	—	—	89—127
боевая рубка	152	152	140

Почти все корабли класса средних бронепалубных крейсеров отличились в истории. «Варяг» известен своим героическим подвигом в бою у Чемульпо, «Очаков» — восстанием на Черном море в 1905 г. «Аскольд» прославился во время русско-японской войны, будучи флагманом крейсеров Порт-Артурской эскадры. В бою 28 июля 1904 г. этот легкий бронепалубный крейсер дважды заставил отступить японские броненосные крейсера («Асама» и «Якумо»). Оставаясь после войны в составе Сибирской флотилии, совершив несколько дальних учебных плаваний, он с начала мировой войны перешел в Средиземное море. Здесь корабль участвовал в Дарданелльской операции 1915 г., своей меткой стрельбой и отличной высадкой десанта он вызвал восхищение союзников, признавших его первым среди кораблей отряда. В Тулоне в 1916 г. произошла встреча «Варяга» и «Аскольда», которым еще предстояла служба в водах Ледовитого океана. «Богатырь» воевал в отряде владивостокских крейсеров в 1904 г., но вскоре из-за тяжелой аварии вышел из строя почти на все время войны. Большая известность выпала на долю его младшего собрата — «Олега», вместе с «Авророй» сражавшегося в Цусиме.

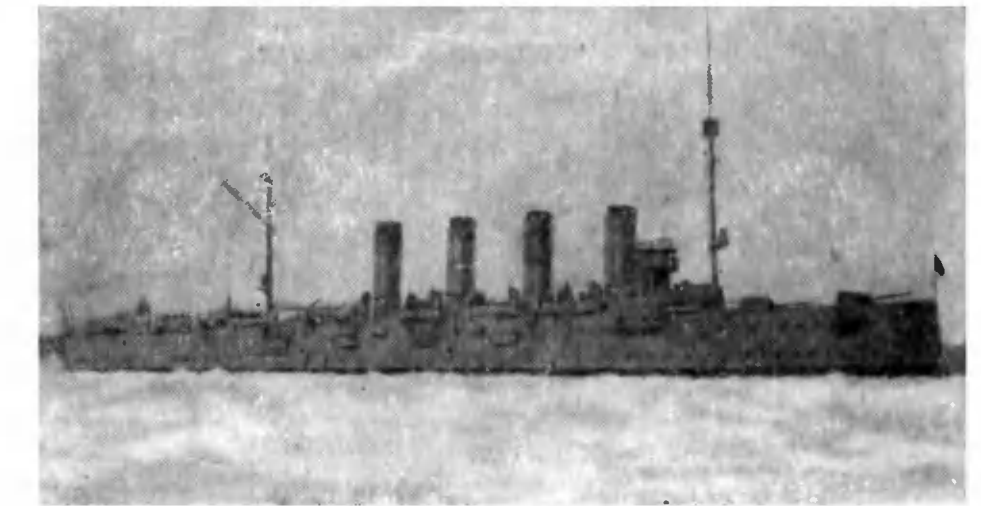
Крейсеры типа «Новик» и его модификации («Боярин» и «Жемчуг») были последними из тех, кто пополнил русский флот перед войной 1904—1905 гг. «Новик», вступивший в строй в 1901 г., представлял собой, по всеобщему признанию, образец малого бронепалубного крейсера (водоизмещение 3080 т; вооружение: по шесть 120-мм и 47-мм орудий, две 37-мм и одна 64-мм пушки, два пулемета и пять торпедных аппаратов, толщина броневой палубы 30—51 мм, боевой рубки 30 мм). Значительная дальность плавания (5000 миль), высокая скорость хода (25 уз) позволяла ему успешно выполнять функции корабля-разведчика, посыльного судна и защитника эскадры от атак миноносцев. Эти качества он продемонстрировал под Порт-Артуром, где кораблем командовал капитан 2 ранга Н. О. Эссен, выдающийся ученик и послед-



«Жемчуг» — малый бронепалубный крейсер типа «Новик».



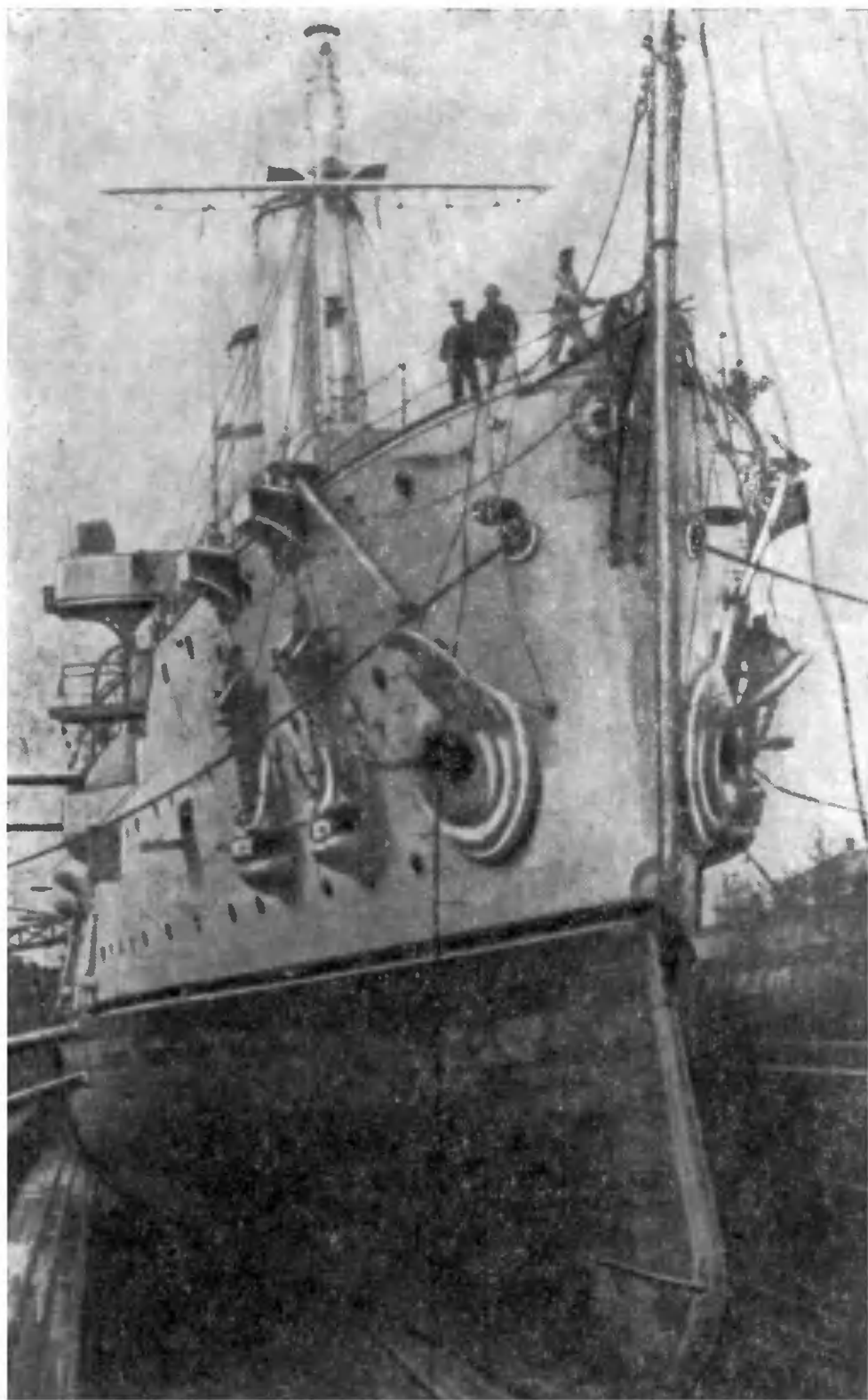
Броненосный крейсер «Баян» на Неве.



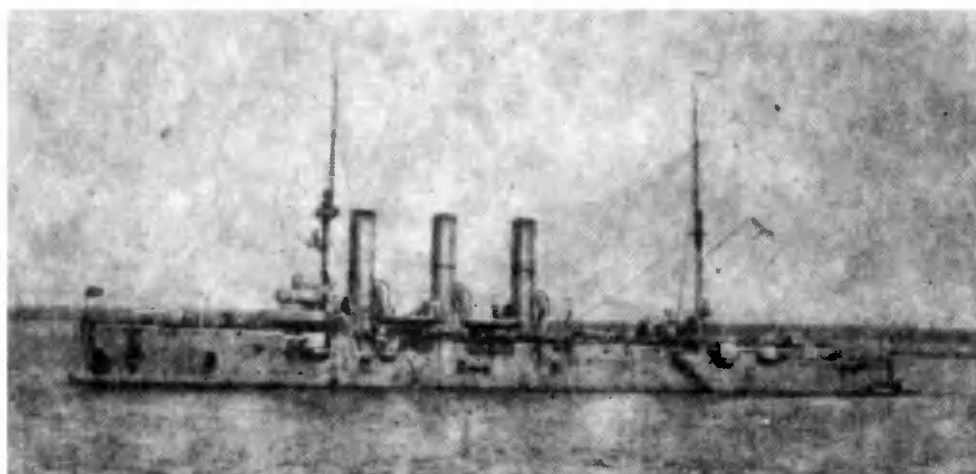
Крейсер «Россия» (снимок периода первой мировой войны).

ователь адмирала С. О. Макарова, будущий командующий Балтийским флотом. Интересно, что именно этот тип корабля Макаров считал наиболее подходящим для океанского крейсерства, отмечая, что «предпочтительнее послать 12 крейсеров в 3000 т, чем три крейсера в 12 000 т»¹. Примерно такие, как у «Новика», элементы имел и крейсер «Боярин», построенный в 1902 г. компанией Бурмейстер ог Вайн в Копенгагене (скорость хода 22,5 уз, дальность плавания 3000 миль). По чертежам «Новика» на Невском заводе строились последующие крейсера этой

¹ Макаров С. О. Документы. т. 2, Воениздат, М., 1960, стр. 511.



Крейсер «Аврора» в сухом доке.



Крейсер «Диана» после перевооружения 130-мм орудиями (снимок периода первой мировой войны).

серии — «Жемчуг» и «Изумруд» (мощность машин 17 000 л. с., скорость хода 24 уз), на которых было усилено вооружение (восемь 120-мм пушек) и сделан целый ряд добавлений и усовершенствований.

Крейсеру «Боярин» пришлось уже в первый день русско-японской войны выполнить роль корабля-разведчика, предупредившего эскадру о приближении японского флота к Порт-Артуру после ночной атаки 27 января 1904 г. «Изумруд» и «Олег», догнав эскадру адмирала Рожественского уже на Мадагаскаре, с честью выдержи-

ли трудный поход. Они были зачислены в состав разведочного отряда. «Олег» после Цусимского боя вернулся в Россию, «Изумруд», прорвавшийся сквозь кольцо японского флота, погиб у Владивостока, «Жемчуг» вошел в состав Сибирской флотилии.

В ходе русско-японской войны выявилось преимущество броненосных крейсеров нового типа. Тогда же, в 1905 г., было заложено три броненосных крейсера по чертежам «Баяна», погибшего под огнем осадных орудий в Порт-Артуре. Первым в 1908 г. вступил в строй пришедший из Тулона «Адмирал Макаров», а еще через три года — однотипные «Паллада» и «Баян», строившиеся на верфи Новое Адмиралтейство. Недостатком крейсеров этого типа оставались одноорудийные башни, сложность которых не оправдывалась их мощностью. В 1916 г. артиллерия «Адмирала Макарова» и «Баяна» («Паллада» погибла в начале войны) была значительно усилена: три 203-мм и двенадцать 152-мм орудий составляли вооружение каждого крейсера.

Прошли модернизацию и ремонт тихоокеанские крейсера, вернувшиеся после войны на Балтику. На кораблях исчезли громоздкие боевые марсы, более легкими стали мачты и реи, изменилось и их количество. В результате перевооружения заметно возросла огневая мощь крейсеров (в 1916—1917 гг. «Аврора» имела четырнадцать 152-мм орудий; «Богатырь» и «Олег» — по шестнадцать, а «Диана» — десять 130-мм пушек; на «Громобое» артиллерия составляла шесть 203-мм и двадцать 152-мм пушек; на «России» — восемь 203-мм и четырнадцать 152-мм орудий).

Новым кораблем, в постройке которого еще явственнее был использован опыт недавней войны, стал броненосный крейсер «Рюрик», названный так в память старого «Рюрика», геройски погибшего в бою 1 августа 1904 г. у корейских берегов. «Рюрик», строившийся в Англии на заводе компании Виккерс, вступил в строй в 1908 г. (водоизмещение 15 500 т, скорость хода 21 уз, мощность механизмов — 20 600 л. с.). Корабль был бронирован по всему борту. 152-мм главный броневой пояс высотой 3,8 м (2,3 м над ватерлинией) имел в оконечностях толщину 76 мм. Защиту дополняла броня главной палубы и скосов толщиной 38 мм, нижней палубы и спардека (25 мм), боевых рубок (203 мм) и дальномерных (127 мм). Четыре 254-мм орудия располагались в двух концевых бронированных (203-мм) башнях, восемь 203-мм орудий — в четырех бортовых (178-мм). Двадцать 120-мм пушек находилось в бронированных 76-мм казематах, шести-метровое возвышение которых гарантировало стрельбу в свежую погоду, увеличение калибра противоминной артиллерии было также вызвано анализом боевого опыта. Из торпедных аппаратов осталось лишь два подводных.

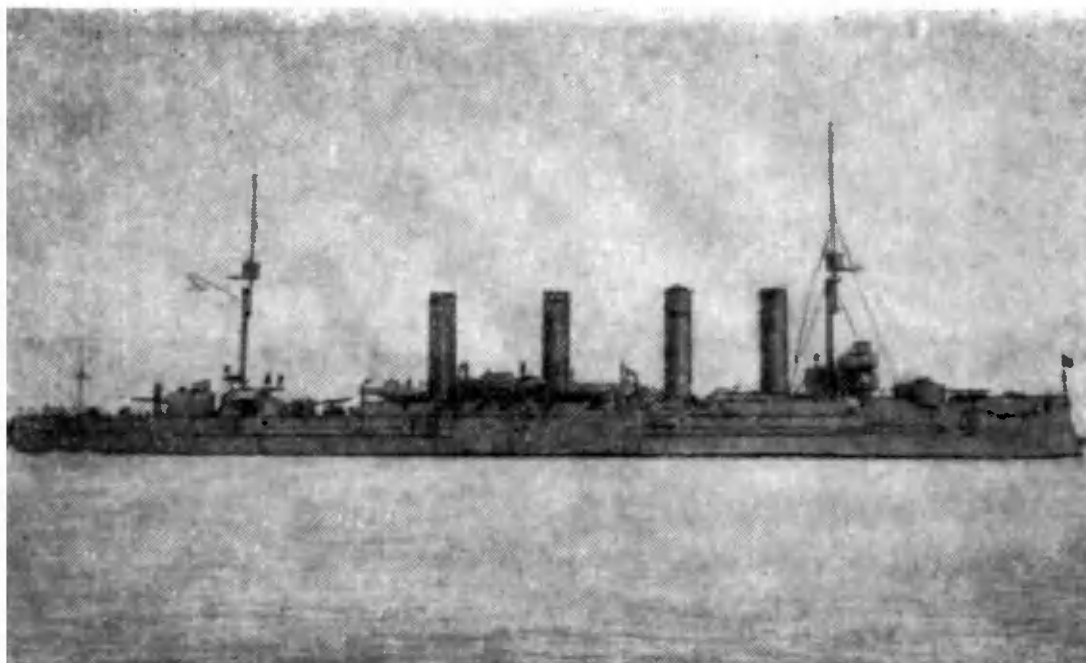
Долгое время «Рюрик» оставался флагманом Балтийского флота, продемонстрировав во время первой мировой войны свои высокие боевые качества. Однако проект этого крейсера учитывал далеко не весь опыт войны (результаты Цусимского боя еще не были известны в период проектирования). Хотя разделение артиллерии на главную и противоминную и произошло, первую представлял не один калибр, а два — 254-мм и 203-мм. Недостаточной оказалась и скорость хода, повышения которой можно было добиться лишь благодаря применению турбин. По вине завода-строителя много переделок потребовали жесткие барабаны башен 254-мм и 203-мм орудий, оказавшиеся слишком слабыми для русских 50-калиберных пушек.

Наступивший после постройки «Рюрика» вынужденный перерыв в пополнении корабельного состава не означал застоя в русском флоте. Вновь созданный Морской Генеральный штаб определял место и роль флота в системе вооруженных сил страны, разрабатывал его структуру, составлял кораблестроительные программы, определял основные требования для технических заданий на проектирование кораблей. Именно в этот период были окончательно выяснены задачи броненосных крейсеров. Так, по мнению корабельного инженера В. П. Костенко, они складывались из следующих действий кораблей этого типа: глубокая авангардная разведка боем; быстрое нанесение удара по наиболее уязвимым кораблям противника; быстрый охват флангов неприятеля,

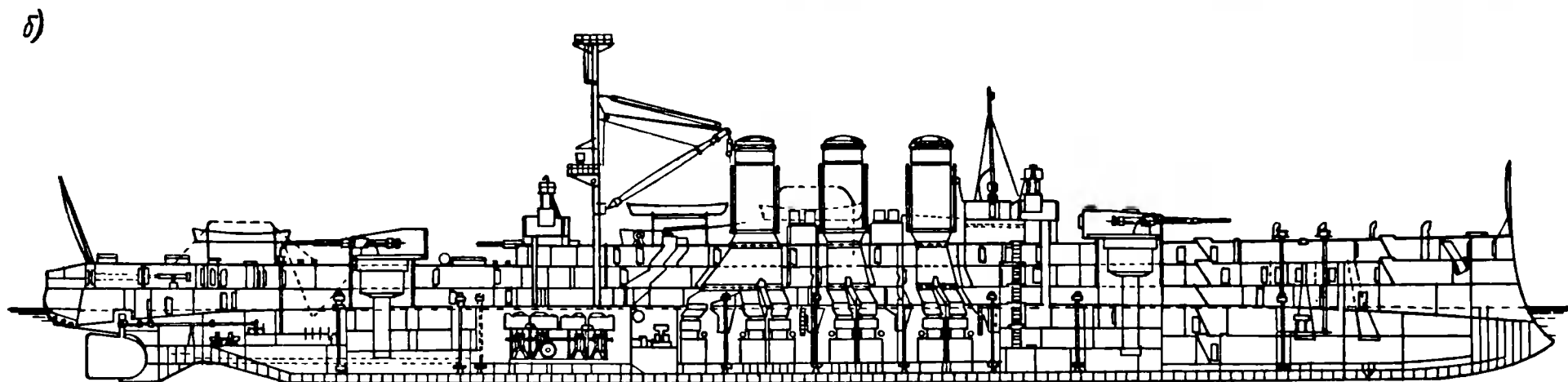
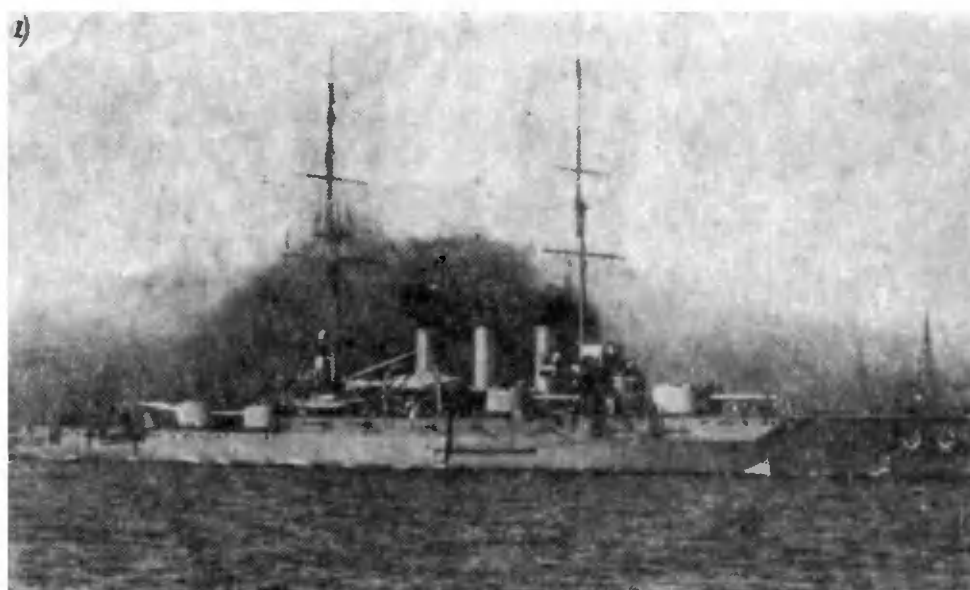
погоня за уходящим противником, принуждение его к бою в невыгодных для него условиях до подхода броненосцев; поддержка своих главных сил и легких крейсеров в бою против аналогичных кораблей противника; самостоятельные дальние боевые экспедиции.

Признание важной роли броненосных крейсеров закрепляется включением их в новую официальную классификацию 1907 г., а острая необходимость в современных легких крейсерах, отсутствовавших в составе Балтийского флота, заставила в том же 1907 г. спешно приступить к их проектированию. Назначение кораблей определялось как «разведочная служба при эскадре броненосцев или совместные действия с отрядом миноносцев».¹ Водоизмещение крейсеров по первоначальному заданию МТК должно было составить 4500 т, 28-узловую скорость хода предполагалось обеспечить применением паровых турбин общей мощностью 29 000 л. с. Вооружение: одно 203-мм орудие в башне, шесть 120-мм орудий в трех башнях, два торпедных аппарата, бортовое бронирование. Однако проект, разработанный в нескольких вариантах Балтийским заводом в 1907—1908 гг., не был осуществлен в это время по различным причинам. Лишь в 1911 г., когда определился тип линейных кораблей, началась их постройка, пришла очередь крейсеров. Первыми были разработаны Главным управлением кораблестроения технические задания на проектирование броненосных крейсеров для Балтийского моря со скоростью хода не менее 26,5 уз. Вооружение их при водоизмещении от 28 500 до 30 500 т должно было составить девять 356-мм орудий в трех башнях, двадцать четыре 130-мм орудия в казематах, по четыре 64-мм и 47-мм пушки и четыре пулемета. Бронирование предусматривалось по всему борту; толщина главного броневоего пояса в средней части 250 мм, в оконечностях 125 мм.

В конкурсе на проектирование новых русских крейсеров участвовало семь отечественных и зарубежных предприятий. Лучшим комиссия признала проект, представленный в 1912 г. Адмиралтейским заводом, в котором предусматривалась возможность установки на корабле четвертой башни главного калибра за счет сравнительно небольшого превышения установленного водоизмещения. После совместной переработки Балтийским



«Адмирал Макаров» в 1916—1917 гг.

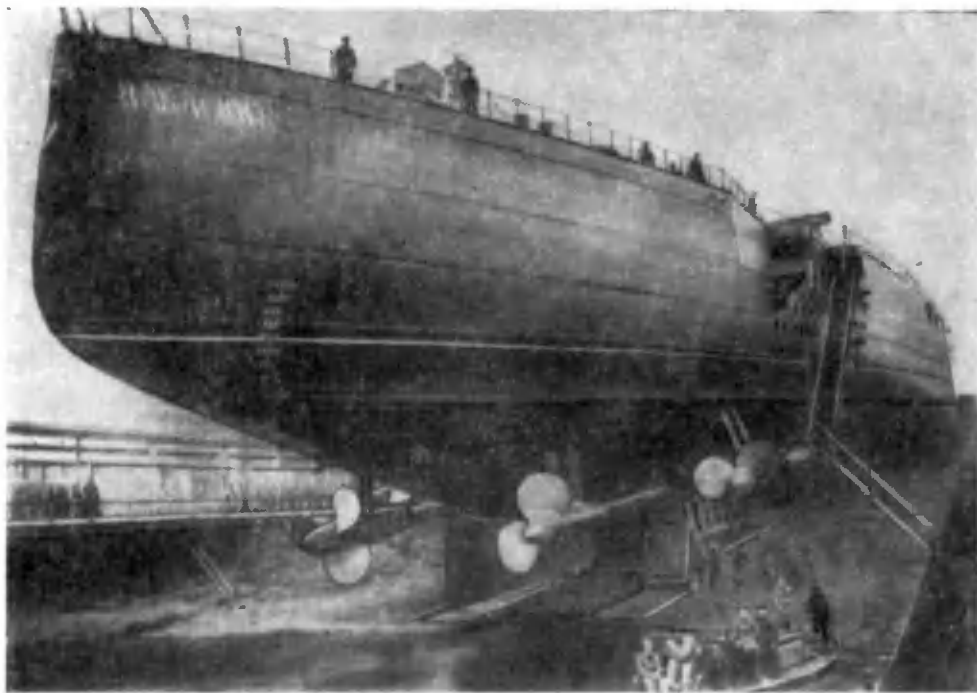


Броненосный крейсер «Рюрик»: а — общий вид; б — продольный разрез.

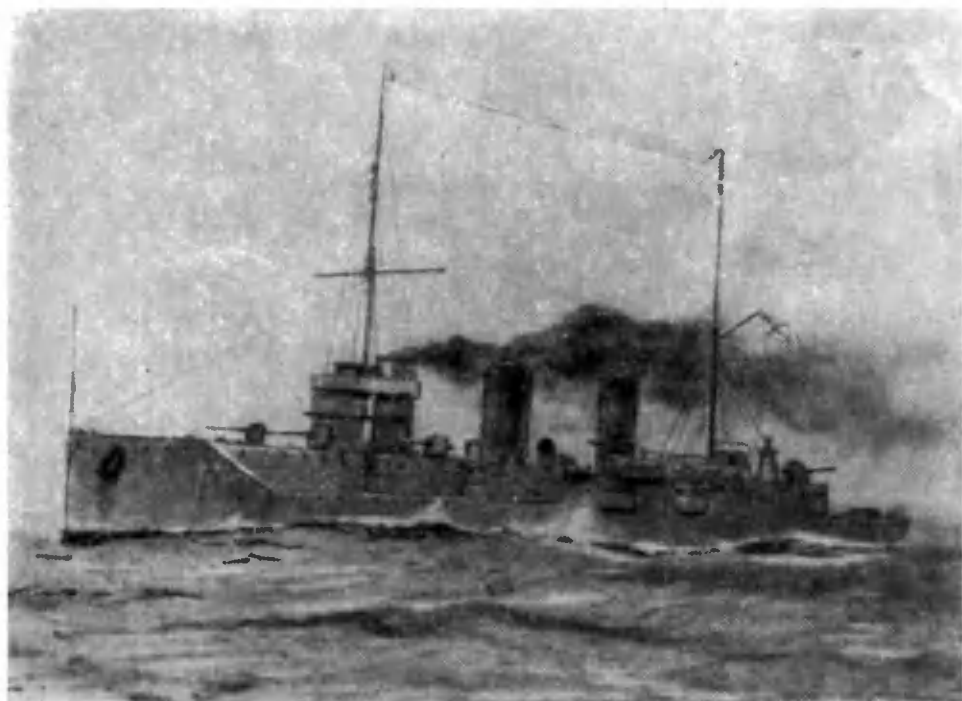
и Адмиралтейским заводами проект был утвержден, в декабре 1912 г. состоялась закладка четырех крейсеров: «Измаил» и «Кинбурн» — на Балтийском заводе, «Бородино» и «Наварин» — на Адмиралтейском (водоизмещение 32 500, длина 221,9 м, скорость хода не менее 28 уз при мощности турбин до 80 000 л. с.). Вооружение: помимо уже упоминавшихся главной (12 орудий) и противоминной артиллерии, а также 64-мм «противоаэропланых» орудий, на крейсерах устанавливалось по восемь 75-мм пушек, предназначавшихся для учебных целей и салютов, и шесть торпедных аппаратов. Увеличение числа торпедных аппаратов объяснялось повышением эффективности и дальности (до 50 миль) торпедной стрельбы за последние годы. Расположение артиллерии главного

калибра было линейным, как на линкорах типа «Севастополь», но носовая башня устанавливалась на полубаке, как на «Рюрике», что гарантировало действие башни при самой свежей погоде. Значительно улучшилось и бронирование крейсеров: увеличилась толщина брони боевых рубок и палуб, более надежным стало соединение плит броневоего пояса и т. д. Главный броневой пояс (237,5 мм в средней части и 112,5 в оконечностях) состоял из плит высотой 5,122 м, углубленных ниже ватерлинии на 1,75 м. Второй и третий броневые пояса имели толщину по 102 мм, броня башен от 229 до 300 мм, толщина трех броневых палуб — от 36 до 75 мм, боевых рубок от 229 до 300 мм. Бронировались даже тыловые и разделительные переборки казематов, кожухи и основания дымовых труб. Общий вес броневой защиты корабля превышал 9700 т.

¹ ЛГИА, ф. 1304, оп. 1, д. 2927, л. 5.



Линейный крейсер «Наварин» перед спуском на воду.



Легкий крейсер типа «Адмирал Бутаков».

Строительство сверхмощных крейсеров велось усиленными темпами — к концу 1913 г. готовность «Наварина» составляла 20,3%, а «Измаила» — 43,5%. Через год на «Измаиле» было сделано уже почти 60% всех работ, что позволило первым спустить этот корабль на воду в июне 1915 г. За ним в октябре того же года последовали «Кинбурн» и «Бородино». К этому времени крейсера (в соответствии с классификацией 1915 г.) стали называться линейными. «Наварин», последний из кораблей этого типа (при проектировании не исключалась возможность их действия вне Балтики и столкновения с линейными кораблями), был спущен на воду в конце 1916 г. Однако все они так и не успели войти в строй действующего флота.

Легкие крейсера типа «Адмирал Бутаков», постройка которых началась в конце 1913 г., явились продолжением создания кораблей типа «Новик» на новой, более высокой ступени развития техники. Несмотря на то, что их водоизмещение возросло до 6800 т, на вид это были такие же легкие и стройные корабли с длинным (до 158,5 м) стремительным корпусом. Обязательной принадлежностью легкого крейсера стала поясная броня по всему борту. Русские корабли несли два таких пояса: нижний толщиной 76 мм, верхний — 25,4 мм. Сохранилось и палубное бронирование — 25,4 мм. Турбины мощностью 50 000 л. с. должны были обеспечить скорость хода до 29,5 уз; девять котлов из 13 имели нефтяное отопление, остальные — смешанное. Пятнадцать скорострельных 130-мм пушек производства Обуховского завода, превосходящих в дальности стрельбы старые шестидюймовки,

составляли главную артиллерию такого крейсера. Орудия располагались на верхней палубе (по бортам) за броневыми щитами, что обеспечивало наибольшую эффективность огня при стрельбе (в особенности ночью) по быстроходным эсминцам, охрана от которых главных сил флота становилась основной задачей новых крейсеров. Для защиты с воздуха предусматривалось четыре 64-мм «противоаэропланых» пушки и столько же пулеметов. Вооружение корабля довершали три торпедных аппарата, скрытых под бортовой броней, и 100 мин заграждения.

Для Балтийского флота было заложено четыре таких эскадренных крейсера: «Адмирал Бутаков» и «Адмирал Спиридов» — на Путиловской верфи, «Светлана» и «Адмирал Грейг» — на Русско-Балтийском заводе в Ревеле. Крейсера этого типа с несколько измененными элементами строились и для Черноморского флота: «Адмирал Нахимов», «Адмирал Лазарев», «Адмирал Истомин», «Адмирал Корнилов». Однако и эти корабли оказались недостроенными. Несмотря на обширную программу судостроения, Россия вступила в первую мировую войну, не имея в строю по сути дела ни одного крупного современного боевого корабля. Лишь новые линкоры да ряд эсминцев успели вступить в строй уже в период боевых действий. Большинство же заложенных кораблей, включая и все новые крейсера, остались либо на стапелях, либо у достроечных стенок заводов, а заложенные за год до войны на заводе Шихау малые бронепалубные крейсера для Сибирской флотилии «Муравьев-Амурский» и «Адмирал Невельской» (4300 т, 27,5 уз, восемь 130-мм и четыре 64-мм орудия) были захвачены немцами.

Заканчивая очерк о крейсерах русского флота, нельзя не сказать о той исторической роли, какая выпала на долю экипажей этих кораблей при подготовке и свершении Великой Октябрьской социалистической революции. Вслед за первой «непобежденной территорией революции», эскадренным броненосцем «Князь Потемкин-Таврический», красное знамя революции было поднято на другом новейшем корабле — крейсере «Очаков», ставшем в октябре 1905 г. флагманом вооруженного восстания Черноморского флота, которое возглавил П. П. Шмидт. Навсегда останется в памяти нашего народа подвиг балтийских матросов, поднявших в 1906 г. восстание на крейсере «Память Азова». Экипаж этого корабля, удостоенного почетного Георгиевского флага, поднял на мачте крейсера красный флаг, под которым пришел в Ревельский порт как предвестник перехода всего флота на сторону революции. В огне классовых битв закалялись бойцы революции. И вот уже не одиночные корабли, а целые соединения, весь флот пришел на поддержку восставших рабочих и крестьян.

Известна роль 2-й бригады крейсеров Балтийского флота, которая после Февральской буржуазной революции твердо встала на сторону большевиков. В этот период командиром бригады был избран один из передовых и прогрессивных офицеров М. В. Иванов. Матросы отказались исполнить приказ Керенского о его смещении. Капитан 1 ранга Иванов оставался на своем посту до Октябрьской социалистической революции, когда по указанию В. И. Ленина он вступил в управление Морским Министерством.

В составе Действующего отряда Балтийского флота защищал завоевания Октября крейсер «Олег», в водах Ледовитого океана нес боевую вахту крейсер «Аскольд». На всех фронтах гражданской войны, как и в дни революции, сражались матросы, на бескозырках которых сияли гордые имена «Авроры», «Рюрика», «России» и многих других крейсеров. Знаменем пролетарской революции, символом новой эры и мира на земле стал легендарный крейсер «Аврора», который и поныне несет свою почетную вахту корабля-памятника, корабля-героя.

Под новым советским флагом начали службу заложенные до революции легкие крейсера. Плавание на них стало хорошей школой воспитания молодых кадров флота советской республики. Они находились в числе передовых кораблей на Черном море в предвоенные годы и с честью пронесли свой бело-голубой красноразветренный флаг сквозь огонь Отечественной войны. Отличный пример взаимодействия с армией — боевые действия в годы войны крейсера «Червона Украина» («Адмирал Нахимов»), «Красный Кавказ» («Адмирал Лазарев») и «Красный

Крым» («Светлана», позднее — «Профинтерн»). В звании гвардейских закончили войну два последних крейсера, передав новому поколению кораблей эстафету боевой славы русского флота, его замечательных традиций.

ЛИТЕРАТУРА

Беляев. Очерк военного судостроения в России в период от 1863 года и броненосного фрегата крейсера «Владимир Мономах». СПб., 1885.

Боевая летопись русского флота. Воениздат, М., 1948.

Гончаров Л. Е. Записки по морской тактике. Пг., 1915.

Костенко В. П. На «Орле» в Цусиме. Судпромгиз, 1955.

Костенко В. П. Броневая защита боевых кораблей. М., 1947.

Мордовин П. Русское военное судостроение в течение последних 25 лет, 1855—1880 гг. СПб., 1881.

Моисеев С. П. Список судов русского парового и броненосного флота. Воениздат, М., 1948.

Отчет по Морскому ведомству за 1897—1900 гг. СПб., 1902.

Поггенполь М. Очерк возникновения и деятельности Добровольного флота за время XXV-летия его существования. СПб., 1903.

Русско-японская война 1904—1905 гг. Действия флота. Документы. Отдел IV. Книга третья. Вып. 5, Пг., 1914.

Секретный доклад о деятельности Морского Министерства за 1916 год. СПб., 1917.

Судовой список. СПб. 1904, 1914.

ЦГА ВМФ, ф. 421, оп. 8, д. 62, л. 790.

Шершов А. П. История военного кораблестроения. Военмориздат. Л., 1940.

КОРАБЛЬ МАСТЕРА СКЛЯЕВА

250 лет назад, 16 марта 1721 г. (все даты по н. с.) на верфи Санкт-Петербургского Адмиралтейства в присутствии Петра I был торжественно спущен на воду крупнейший для того времени трехпалубный 88-пушечный линейный корабль «Фридемакер», построенный любимцем царя, замечательным русским корабельным мастером Федосеем Склевым. Своим названием «Фридемакер», что в переводе на русский язык означает «позорный мир», обязан Петру, стремившемуся подчеркнуть несправедливость Столбовского мира, по условиям которого Россия лишилась выхода к Балтийскому морю.

Спуск корабля в зимних условиях, когда акватория верфи еще была скована льдом, представлял собой серьезную техническую задачу. Однако ждать вскрытия Невы ото льда не позволяла обстановка: шла Северная война и каждый новый корабль приближал победу России. Петр I приказал подготовить возле стапелей большую прорубь, оставив в ней битый лед, который должен был притормозить корабль после спуска и тем самым предохранить его корпус от удара о кромку проруби. Смелый замысел вполне оправдал себя — спуск корабля прошел успешно.

Почти одновременно с «Фридемакером» на верфи Адмиралтейства строились два других корабля такого же типа —

«Св. Андрей» и «Св. Петр». Их постройкой руководили иностранные мастера — Р. Рамз и Р. Козенц. Однако Федосей Склеев не уступал им в мастерстве. Более того, «Фридемакер» был почти на метр уже кораблей, строящихся иностранными мастерами, и поэтому обладал лучшими ходовыми качествами. Кроме того, Склеев сумел сократить период постройки своего корабля на два месяца.

До этого Федосей Склеев построил по указанию Петра I три линейных корабля. Однако «Фридемакер» значительно превосходил их по размерам и вооружению. Его водоизмещение составляло почти 1500 т, длина 48 м, ширина 13 м. На нижней палубе были установлены 24-фунтовые пушки, на средней — 16-фунтовые и на верхней — 8-фунтовые, экипаж корабля насчитывал 800 чел., командиром Петр I назначил одного из лучших офицеров флота, Ивана Сенявина.

После спуска на воду под «Фридемакер» подвели большие камели (плавучие доки-понтон) и отбуксировали его в Кронштадт с помощью двух гребных галер. В Кронштадте на корабле были поставлены мачты, стеньги и прочий рангоут, после чего он вышел на ходовые испытания. На испытаниях «Фридемакер» показал отличные ходовые качества и легкость хода. После испытаний Петр I устроил смотр кораблю и остался им очень доволен.

«Фридемакер» находился в составе русского флота более пятнадцати лет.

МАЯК ДАУГАВГРИВА

Во время Отечественной войны 1812 г. многие русские маяки на Балтике, в Финском и Рижском заливах подверглись сильному разрушению. При обследовании состояния маяков в этих районах в 1815—1817 гг. известный русский ученый-гидрограф Л. В. Спафарьев обратил внимание на отсутствие навигационного ограждения при входе в Рижский порт. По его настоянию местные власти выделили средства на строительство Рижского маяка, который решили возвести в устье Западной Двины (Даугавы).

К весне 1818 г. по проекту Спафарьева и архитектора Берсона на северной оконечности острова Динамюнд, в устье Западной Двины, был сооружен один из самых крупных для того времени и красивых по архитектуре деревянных маяков. Новый маяк, получивший название Динамюндский, в 1863 г. значительно реконструировали. Деревянную башню заменили чугунной, установленной на гранитном цоколе. При общей высоте маяка с металлическим фонарным сооружением 30 м дальность видимости верхнего огня достигала 11,6 миль.

В период первой мировой войны Динамюндский маяк был полностью разрушен. Лишь в 1920 г. начались работы по его восстановлению. На месте прежнего маяка возвели новое железобетонное сооружение. Башня высотой 33,5 м в нижней части имела восьмиугольную форму

снаружи и круглую внутри. Толщина стен верхней (цилиндрической) части башни составляла 12,5 см, нижней — 15 см. Новый маяк получил свое нынешнее название Даугавгрива, что в переводе на русский язык означает «устье Даугавы».

В годы Великой Отечественной войны маяк Даугавгрива вновь был разрушен до основания. С 1945 по 1957 гг. на месте маяка возвышался временный навигационный знак. В феврале 1957 г. вступил в строй действующих новый маяк Даугавгрива (см. четвертую страницу обложки журнала). Цилиндрическая башня маяка высотой 35 м и наружным диаметром 4,3 м изготовлена из монолитного железобетона. Она установлена на четырехгранном цоколе и окрашена черными и белыми полосами. Наверху башни смонтирован вращающийся оптический аппарат, обеспечивающий дальность действия маяка в темное время суток до 18 миль.

В последующие годы здесь были введены в эксплуатацию все сооружения маячного комплекса: створный радиомаяк с дальностью действия 30 миль, звукооповещающая установка (наутофон) и створные светящиеся знаки. Аппаратура радиомаяка и наутофона, пульты управления световым маяком и знаками, а также дизельная автономная электростанция установлены в специальном маячно-техническом здании.

Маяк Даугавгрива надежно охраняет безопасность мореплавания на подходах к Рижскому порту.

Л. В. Басис

МЕЖВЕДОМСТВЕННОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

В ноябре 1970 г. в Таллине состоялось научно-техническое совещание по совершенствованию управления производством на судоремонтных предприятиях, организованное секцией судоремонта Центрального правления НТО, Эстонским республиканским правлением НТО судостроительной промышленности имени академика А. Н. Крылова и Главремфлотом Министерства рыбного хозяйства.

В работе межведомственного совещания приняли участие представители партийных и хозяйственных органов ЭССР, работники министерств, предприятий, институтов судостроительной промышленности, рыбного хозяйства, морского и речного флота, представители Госплана СССР.

На совещании был обсужден широкий круг вопросов, связанных с разработкой и внедрением в судоремонт методов сетевого планирования и управления и автоматизированных систем управления производством.

Большой интерес вызвали доклады Н. Т. Чернышука «Основные принципы проектирования и построения АСУ судоремонтным предприятием»; В. М. Богачева, В. В. Кириллова, В. Д. Сальника «Некоторые принципы разработки организационного обеспечения АСУ»; И. А. Михайлова «О некоторых проблемах создания ведомственных и межведомственных систем управления судоремонтом»; Ф. Ю. Сиреля «Применение сигнальных и информационных систем на судоремонтном заводе»; А. Д. Буковского, С. Ф. Дубровина, В. А. Хрусталева «Опыт разработки типовых структур управления судоремонтным предприятием»; П. П. Мединцова «Совершенствование технической подготовки судов к ремонту на основе счетно-перфорационной техники»; О. А. Борчевского, А. В. Исупова, Г. Н. Финкеля «Некоторые направления совершенствования организации и управления доковым ремонтом судов»; В. И. Кушлина «Структура управления предприятием и состав функциональных подсистем комплексной АСУП»; В. А. Лукьянова «Ремонт судов с применением системы СПУ»; И. Д. Креймера «Применение ЭВМ для планирования и управления доковым ремонтом»; Я. М. Перскова, Л. М. Ровнера «Опыт разработки математических моделей и алгоритмов планирования судоремонта в масштабе бассейна»; Р. Ш. Шарповой «Оперативное планирование в судоремонте при условии применения вычислительной техники»; И. А. Хаина «Мероприятия, осуществляемые на судоремонтных предприятиях, по совершенствованию и механизации управления производ-

ством»; А. М. Фисенко «Внедрение системы СПУ на судоремонтном заводе»; Л. Г. Будорацкого «Опыт разработки и внедрения автоматизированной системы подготовки производства с применением ЭВМ на судоремонтных предприятиях»; А. П. Перевозникова «Методы разработки и опыт внедрения АСУП на судоремонтном заводе»; Л. И. Темной, В. Н. Гулько «Составление оптимальных производственных программ на базе ЭВМ»; Р. Н. Егорова, Я. И. Рожинского «Математические методы внутризаводского планирования».

С интересными докладами и сообщениями на совещании выступили также О. А. Борчевский, В. Л. Нечмиров, Д. И. Воловой, Л. В. Румянцева, А. В. Стакун, И. М. Гуревич, В. Г. Гальченко, И. Е. Гецов, В. А. Полюшкин, В. А. Виидас, К. И. Шустов, В. Н. Шайкин, Б. Н. Жучков, В. Д. Мельниченко, М. И. Пузики, В. Я. Завьялов.

В результате обсуждения затронутых проблем было принято решение, в котором дан анализ современного состояния вопросов управления судоремонтным производством и определены основные направления их совершенствования на базе внедрения систем СПУ и АСУП. Среди основных направлений совершенствования управления производством на судоремонтных заводах указаны следующие: разработка научно-обоснованных принципов межотраслевой классификации предприятий, унификации и сводимости элементов АСУ, а также принципиальных положений по составу и структуре управляемых объектов и управляющих систем; создание дифференцированной системы планово-учетных единиц и применительно к ним комплексной системы нормативного хозяйства; разработка принципов функционирования АСУП, а также блок-схем задач с комплексом средств функционирования.

В решении приводятся также рекомендации разработчикам АСУ для судоремонтных предприятий, касающиеся принципов проектирования и внедрения систем, в их числе предварительное согласование с головной отраслевой организацией и межведомственным центром принципиальных вопросов унификации и сводимости информационного обеспечения АСУ, создания классификаторов продукции, выбора системы размещения технических средств; использование системного подхода и комплексного охвата элементов управляемого объекта и функций управляющего звена при построении АСУ; учет опережающего развития технической подготовки производства и оперативного управления им; принятие, в качестве основы для преемственности и сводимости управления, блок-схем конкретных задач; комплексное рассмотрение вопросов подготовки систем управления к переходу на новые методы планирования и управления с помощью ЭВМ.

Участники конференции, представлявшие 28 городов страны, отметили практическую важность обмена опытом в области судоремонта.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Азовцев А. А., Алексеев Н. И. (зам. главного редактора), Андриутин В. И., Арнольд О. А., (зам. главного редактора), Архангородский А. Г., Ашик В. В., Балабаев Г. М., Барабанов Н. В., Белоусов И. С., Беляев Г. С., Благоев В. А., Буров В. Н., Васильев Л. Г., Виноградов С. С., Вознесенский А. И., Воронцов А. Е., Голубев Н. В., Грибов В. М., Дорин В. С., Иванов В. В., Камешков К. А., Кезлинг Г. Б., Клейменов А. А., Клоков М. М., Луговцов Ю. П., Матвеев Г. А., Мещеряков В. В. (главный редактор), Мильский А. И., Моисеев А. А., Пустынцев П. П., Риммер А. И., Рудаков О. Б., Соколов Д. Г., Тышнюк Я. А., Феленковский И. В., Фирсов Г. А., Чувиковский В. С., Шамшин В. М., Шершнев В. Н., Юхнин Е. И., Яковлев Б. М.

На первой странице обложки журнала: крупнейшее научно-исследовательское судно «Академик Сергей Королев», досрочно сданное судостроителями Николаева в подарок XXIV съезду КПСС (фото В. Дерибасса); на третьей странице обложки: Адмиралтейская верфь в С.-Петербурге с литографии К. Беггрова, сделанной по рисунку с натуры Сабата и Шифляпа из собрания Центрального военно-морского музея (фотопроизводство И. Белова); на четвертой странице: маяк Даугавгрива, Рига (фото И. Белова).

Вклейка, посвященная Международному женскому дню 8 марта, работы В. Дроздова.

Адрес редакции: Ленинград, Л-95, Промышленная ул., 7. Телефон редакции 52-29-60, доб. 301, зам. гл. редактора 52-66-74.

Рукописи не возвращаются

Ответственный за выпуск редактор С. Н. Мовчан
Технический редактор В. М. Камолова

Художественный редактор В. Е. Пузанов
Корректоры А. Ф. Андрианова, С. Л. Осмоловская

Издательство «Судостроение»

Сдано в набор 3/XI 1970 г.

Подписано к печати 16/II 1971 г.

М-24076

Формат бумаги 60×90¹/₈.

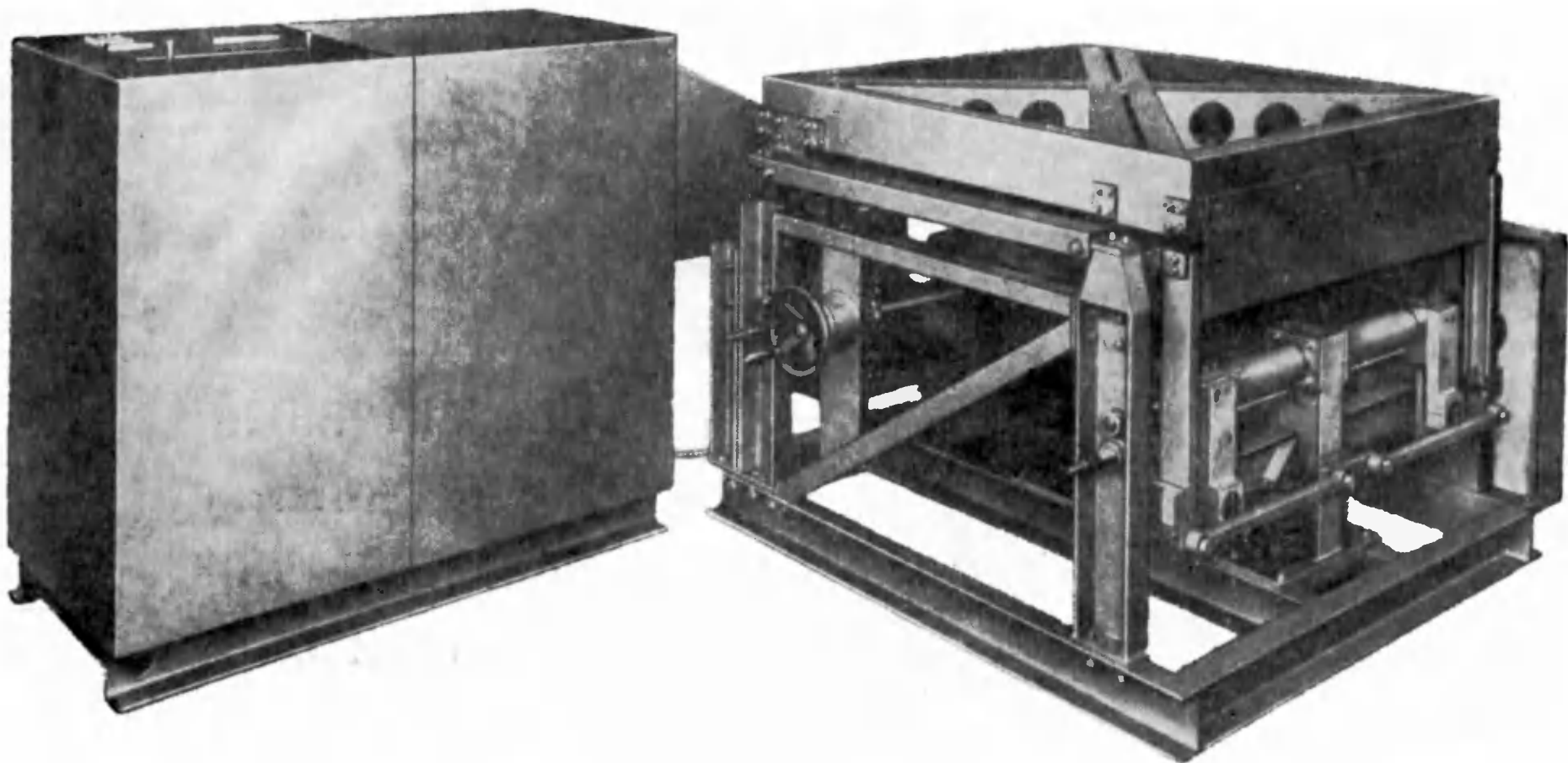
Печ. л. 10¹/₄ (в т. ч. 2 вклейки + вкладка). Уч.-изд. л. 11,9.

Изд. № 2539-70

Тираж 10800 экз.

Заказ 1632

Цена 40 коп.



МЕХАНИЧЕСКИЙ ВИБРАЦИОННЫЙ СТЕНД ST 80/3

Стенд имеет дебалансный вибратор с сосредоточенной массой.

Он особенно пригоден для вибрационных испытаний при низких частотах и больших массах испытываемого оборудования.

На стенде можно испытывать не только детали и приборы, но и целые установки, узлы и агрегаты электронных и электротехнических устройств, транспортных средств, навигационных приборов и другого оборудования общей массой до 500 кг.

Благодаря простоте конструкции вибростенд ST 80/3 особенно удобен для промышленных серийных и контрольных испытаний.

**VEB WERKZEUGMASCHINENKOMBINAT „FRITZ HECKERT“
KARL—MARX—STADT BETRIEB RAUENSTEIN**

Экспортер:

intermed-export-import

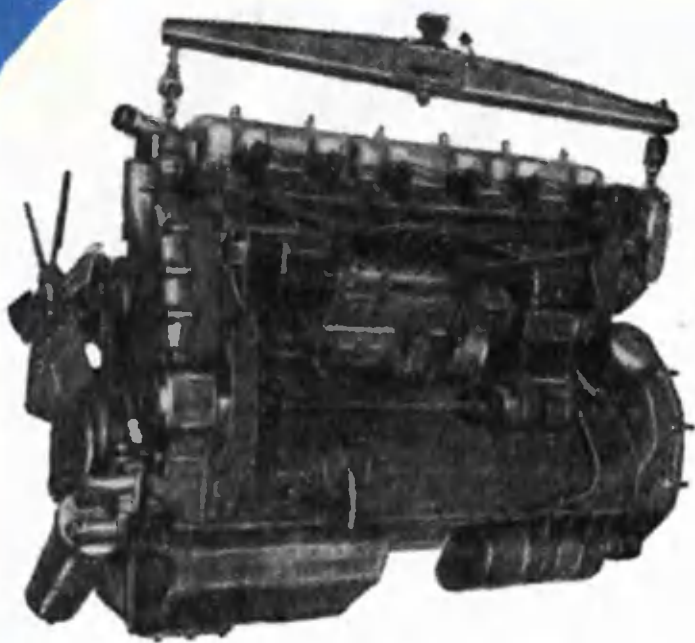
**VOLKSEIGENER AUSSENHANDELSBETRIEB DER
DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK**

DDR 102 BERLIN, SCHICKLERSTRASSE 5/7 P.O.B 17

Импортер: Всесоюзное объединение «Машприбор-инторг», Москва, Г-200, Смоленская-Сенная пл., 32—34.

Приобретение товаров иностранного производства осуществляется организациями через министерства, в ведении которых они находятся.

Запросы на проспекты и их копии просим направлять по адресу: Москва, К-31, Кузнецкий мост, 12. Отдел промышленных каталогов ГПНТБ СССР.



**Эффективный
и надежный
двигатель для
спортивных
судов**



Судовой дизель SKODA M 634 с коробкой передач 0,1 MLP типа SLAVIA

Электрический запуск, двойной топливный фильтр и масляный насос. Отклонение от нормальной работы фиксируется приборами на пульте. Двигатель выпускается в трех модификациях: вертикальный, наклонный и горизонтальный. Мощность двигателя 176 л. с. при 1800 об/мин или 242 л. с. при 2000 об/мин.

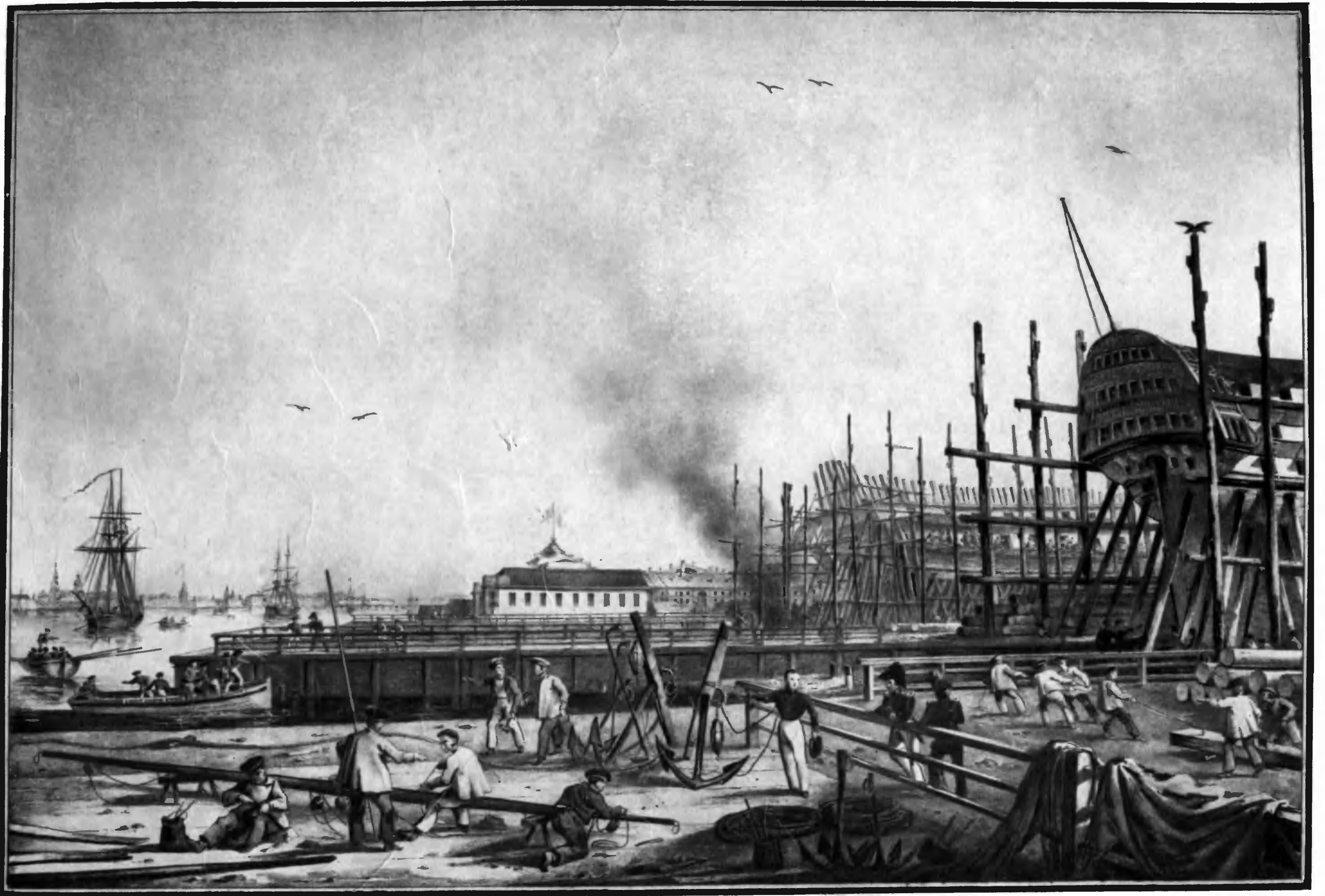


Изготовитель: Jablonec Nad Nisou

Экспортер: Praha, Czechoslovakia

pragoinvest

Запросы на проспекты и их копии направлять по адресу: Москва, К-31, Кузнецкий мост, 12. Отдел промышленных каталогов ГПНТБ СССР.
Приобретение товаров иностранного производства осуществляется организациями через министерства, в ведении которых они находятся.



Цена 40 коп.
Индекс 70890

