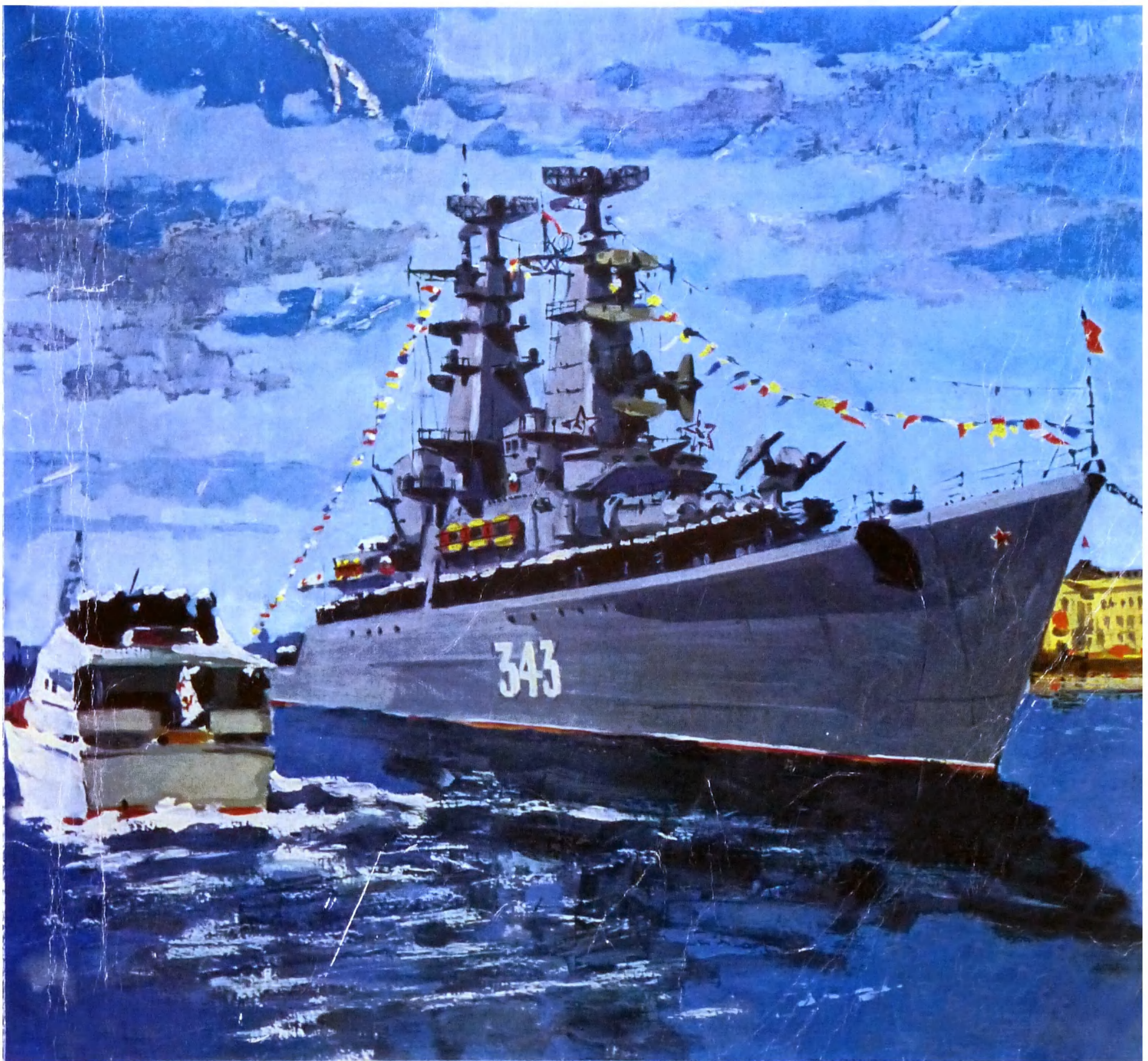


СУДОСТРОЕНИЕ

1972 ИЮЛЬ

7





30 июля 1972 года — ДЕНЬ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА СССР

Советский Военно-Морской Флот создан трудом всего нашего многонационального народа. В его рядах несут службу представители всех братских республик страны. Военные моряки, спаянные крепкой морской дружбой, постоянно совершенствуют свою боевую выучку и мастерство. В их умелых руках могучая военная техника служит миру и прогрессу.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

- 3 В. А. Мацкевич. Проект лесовоза-пакетовоза
- 6 А. Ф. Гринбаум, В. А. Евстифеев. Проект речного экскурсионного теплохода
- 9 А. С. Токарев. Определение объема рефрижераторного трюма при проектировании рыболовных траулеров
- 11 А. В. Самохвалов. Приближенная формула для подсчета плеч остойчивости сухогрузных судов
- 12 А. М. Басин, А. Г. Ляховицкий. Водоизмещающие речные суда со сверхкритическими скоростями
- 15 Ю. И. Нечаев. Оценка остойчивости судна, движущегося на попутном волнении
- 18 Ю. С. Воробьев, Н. Г. Медведев. Метод расчета свободных и вынужденных колебаний непризматических консолей

СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ

- 20 С. В. Рыжков, В. А. Куличенко, Ю. А. Половец. Увлажнение воздуха в судовых кондиционерах с помощью вентиляторов
- 23 В. В. Стефанович, Б. В. Комарницкий. Анализ условий воздушного обтекания штабеля груза в рефрижераторном трюме

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

- 25 В. В. Коняев, В. П. Мануилов. Техничко-экономическое обоснование выбора температуры питательной воды для судовых паротурбинных установок
- 27 Я. А. Ким. Исследование вибрации многоступенчатых центробежных насосов

СУДОВАЯ АВТОМАТИКА

- 28 С. В. Мамулин. Опыт эксплуатации упорного шарикоподшипника судового валопровода
- 30 Р. А. Нелепин. Применение электронных цифровых вычислительных машин на морских судах

ЭЛЕКТРО- И РАДИООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ

- 36 С. Б. Рукавишников, А. Д. Собашников, Л. Д. Шабалин. Выбор способа регулирования частоты вращения гребных электродвигателей для судов специального назначения
- 39 А. М. Павлюченков, Ф. Н. Старков. Синхронизация судовых генераторов с помощью токоограничивающего реактора

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

- 45 Ю. Л. Кузьмин. Расчет систем катодной защиты судов от коррозии
- 48 Е. Я. Люблинский. Протекторная защита морских судов

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

- 53 В. В. Захаров. Начало пароходостроения в России
- 56 В. В. Ашик. Медали в честь создания русского флота
- 57 В. И. Сергеев. Теплоход-ветеран отечественного речного судостроения
- 58 Б. П. Левченко. Модель парусного корабля начала XVIII в.
- Журнал «Судостроение» 40 лет назад

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

- 59 В. Д. Змитрович. Повышение квалификации руководящих и инженерно-технических кадров в судостроительной отрасли
- 61 Б. М. Яковлев. Опыт организации экономической учебы на заводе им. А. А. Жданова
- 62 Данные о спуске на воду и постройке судов за границей в 1971 г.
- 64 Заседание Центрального совета содействия народным университетам
- Модель героического брига «Меркурий»

№ 7

(416)

JULY

1972

62nd year of

publication

SUDOSTROYENIYE

(S H I P B U I L D I N G)

Scientific, technological and industrial monthly
published by the USSR Ministry of Shipbuilding
and A. N. Krylov Scientific and
Technical Society of Shipbuilding Industry

Contents

SHIP DESIGN	3	V. A. Matskevich. Design of the timber-pellet-carrier
	6	A. F. Grinbaum, V. A. Evstifeyev. Design of a river tourist motorship
	9	A. S. Tokarev. Determination of volume of a refrigerated hold in designing fishing trawlers
	11	A. V. Samokhvalov. An approximate formula for calculation of stability arms for cargo vessels
	12	A. M. Basin, A. G. Lyakhovitsky. Displacement river vessels with supercritical speeds
	15	Yu. I. Nechayev. Stability evaluation of a ship moving in a following sea
	18	Yu. S. Vorobyev, N. G. Medvedev. A method for calculation of free and forced oscillations of non-prismatic brackets
SHIPBOARD SYSTEMS	20	S. V. Ryzhkov, V. A. Kulichenko, Yu. A. Polovets. Air humidification in shipboard air conditioners by means of fans
	23	V. V. Stephanovich, B. V. Komarnitsky. Analysis of air flow around cargo pile in a refrigerated hold
SHIPBOARD POWER PLANTS	25	V. V. Konyayev, V. P. Manujlov. Technical and economic substantiation for the choice of feed water temperature for marine steam-turbine plants
	27	Ya. A. Kim. Investigation of vibration in multistage centrifugal pumps
	28	S. V. Mamulin. Operational experience with a thrust ball bearing of propeller shafting
SHIP AUTOMATION	30	R. A. Nelepin. Application of computers in sea-going ships
ELECTRICAL AND RADIO EQUIPMENT	36	S. B. Rukavishnikov, A. D. Sobashnikov, L. D. Shabalin. The choice of propulsion electrical plants for special purpose vessels
	39	A. M. Pavluchenkov, F. N. Starkov. Synchronization of shipboard generators by means of a current-limiting reactor
SHIPBUILDING AND MARINE ENGINEERING TECHNIQUES	45	Yu. L. Kuzmin. Design of cathodic protection systems for ships
	48	E. Ya. Lublinsky. Anode protection of sea-going ships
HISTORY OF SHIPBUILDING	53	V. V. Zakharov. Beginning of steamship construction in Russia
	56	V. V. Ashik. Medals in commemoration of the creation of the Russian fleet
	57	V. I. Sergeyev. Motorship — veteran of domestic river boat building
	58	B. P. Levchenko. Model of a sailing vessel of the early XVIII century
	—	The magazine "Shipbuilding" 40 years ago
INFORMATION SECTION	59	V. D. Zmitrovich. Improvement of qualification of the management and engineering staff in the shipbuilding industry
	61	B. M. Jakovlev. Experience in organizing economic education at the Zhdanov shipyard
	62	World Merchant Fleets data in 1971
	64	Meeting of the Central Council for the assistance to people's universities
		Model of heroic ship "Mercury"



ПРОЕКТ ЛЕСОВОЗА-ПАКЕТОВОЗА

В. А. Мацкевич

УДК 629.123 575

Среди массовых грузов, перевозимых морем, одно из видных мест занимают лесоматериалы. В настоящее время ясно определились требования к конструктивному и архитектурному типу лесовозов и их мореходным качествам. Оптимальным типом современного лесовоза-пакетовоза является судно с удлиненным баком и кормовой надстройкой. Удлиненный бак значительно улучшает мореходные качества судна и уменьшает его заливаемость. Кроме того, он служит хорошей защитой палубному грузу.

При проектировании лесовозов-пакетовозов особое внимание следует уделять конструкции трюмов. Размеры трюма должны быть кратными размерам пакета, а подпалубные карманы позволять укладывать пакеты без последующего перемещения их в трюме.

Специфической особенностью грузопотоков лесоматериалов является их односторонность. В обратном направлении лесовозы следуют либо с генеральными грузами, либо с балластом. Для северных районов характерна сезонность перевозок леса. Поэтому лесовозы используются также для транспортировки навалочных, генеральных, зерновых грузов, оборудования и т. д.

В настоящее время одним из самых перспективных направлений в развитии морских перевозок является контейнеризация грузов. Контейнерные перевозки имеют целый ряд общих особенностей с пакетными перевозками, а именно: аналогичную организацию работы причалов и складских помещений, необходимость применения большегрузных перегружателей, а также обеспечения максимального раскрытия палуб и достаточной остойчивости, допускающей возможность перевозки груза на палубе.

Как показывают расчеты, перевозка контейнеров на лесовозах в обратных рейсах экономически весьма эффективна. Провозоспособность судна при этом значительно повышается.

Первый отечественный пакетовоз (вклейка) должен войти в строй в 1973 г. Он предназначен для транспортировки лесоматериалов в пакетах и навалочных грузов. Возможна также перевозка стандартных контейнеров. Пакетовоз (рис. 1) представляет собой полнонаборное одновинтовое однопалуб-

ное четырехтрюмное судно с удлиненным баком и ютом, с кормовым расположением машинного отделения и жилых помещений, с наклонным форштевнем, крейсерской кормой и транцем выше ватерлинии. Судно строится на класс КМ ★ УЛ [1] А2 (лесовоз-пакетовоз) Регистра СССР. Район плавания — неограниченный.

Остойчивость лесовоза удовлетворяет нормам Регистра СССР для судов первой категории. Непотопляемость судна гарантируется при затоплении одного любого отсека во всех спецификационных случаях загрузки. Посадка судна и остойчивость при перевозке лесоматериалов и контейнеров обеспечиваются приемом водяного балласта. Принятое количество балласта гарантирует остойчивость судна. По сравнению с ранее построенными лесовозами количество балласта уменьшено при лучших показателях остойчивости (таблица). Для контроля остойчивости при погрузке судна установлены специальные бортовые цистерны.

Основные элементы и характеристики
лесовоза-пакетовоза

Длина, м	
наибольшая	130,0
между перпендикулярами	119,0
по КВЛ	123,7
Ширина, м	
наибольшая	17,3
по КВЛ	17,0
Высота борта на миделе, м	8,5
Осадка, м	
по летнюю лесную марку	7,33
по летнюю грузовую марку	6,93
при пакетных перевозках	7,11
Водоизмещение, т	
при пакетных перевозках	10 315
при осадке по лесную марку	10 700
по грузовую марку	10 000
Эксплуатационная мощность главного двигателя (5ДКРН 62/140-3), л.с.	6100
Скорость судна при осадке по грузовую марку, уз	15,4
Грузоподъемность, т	
при перевозке лесоматериалов в пакетах	4900
лесоматериалов россыпью	5300
генеральных и навалочных грузов	5265
Вместимость стандартных контейнеров массой по 17 т, шт.	204

Полностью сварной корпус разделен на отсеки шестью поперечными водонепроницаемыми переборками. В качестве материала корпуса принята сталь марки ВМ с пределом текучести 24 кгс/мм² и низколегированные стали 09Г2 и 10ХСНД с пределами текучести соответственно 30 и 40 кгс/мм².

Корпус в средней части набран по смешанной системе набора, верхняя палуба, днище и второе дно — по продольной, борта — по поперечной.

ности набраны по поперечной системе. Шпация поперечного набора в оконечностях равна 600 мм, в средней части — 700 мм. Форштевень судна вы-

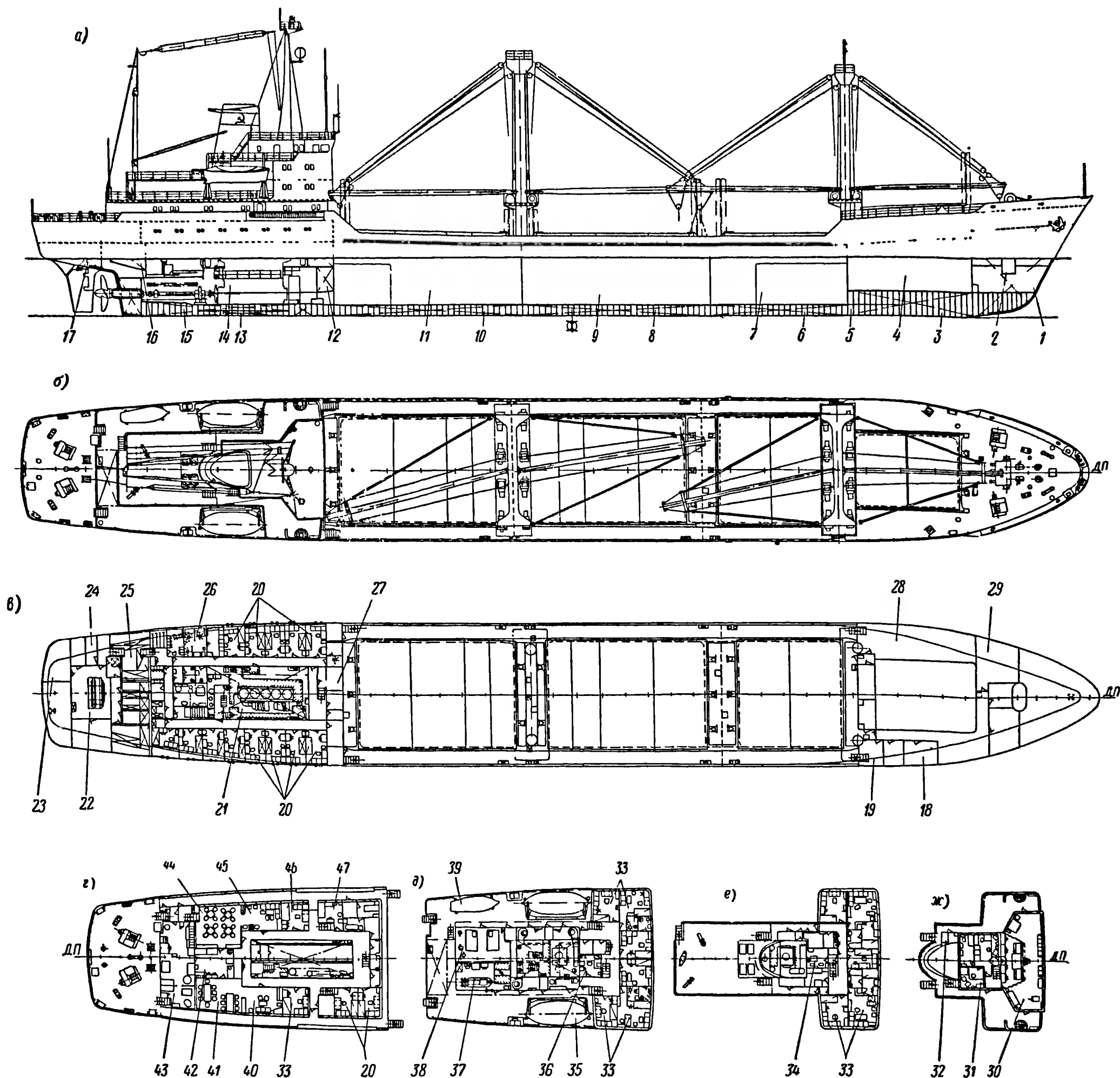
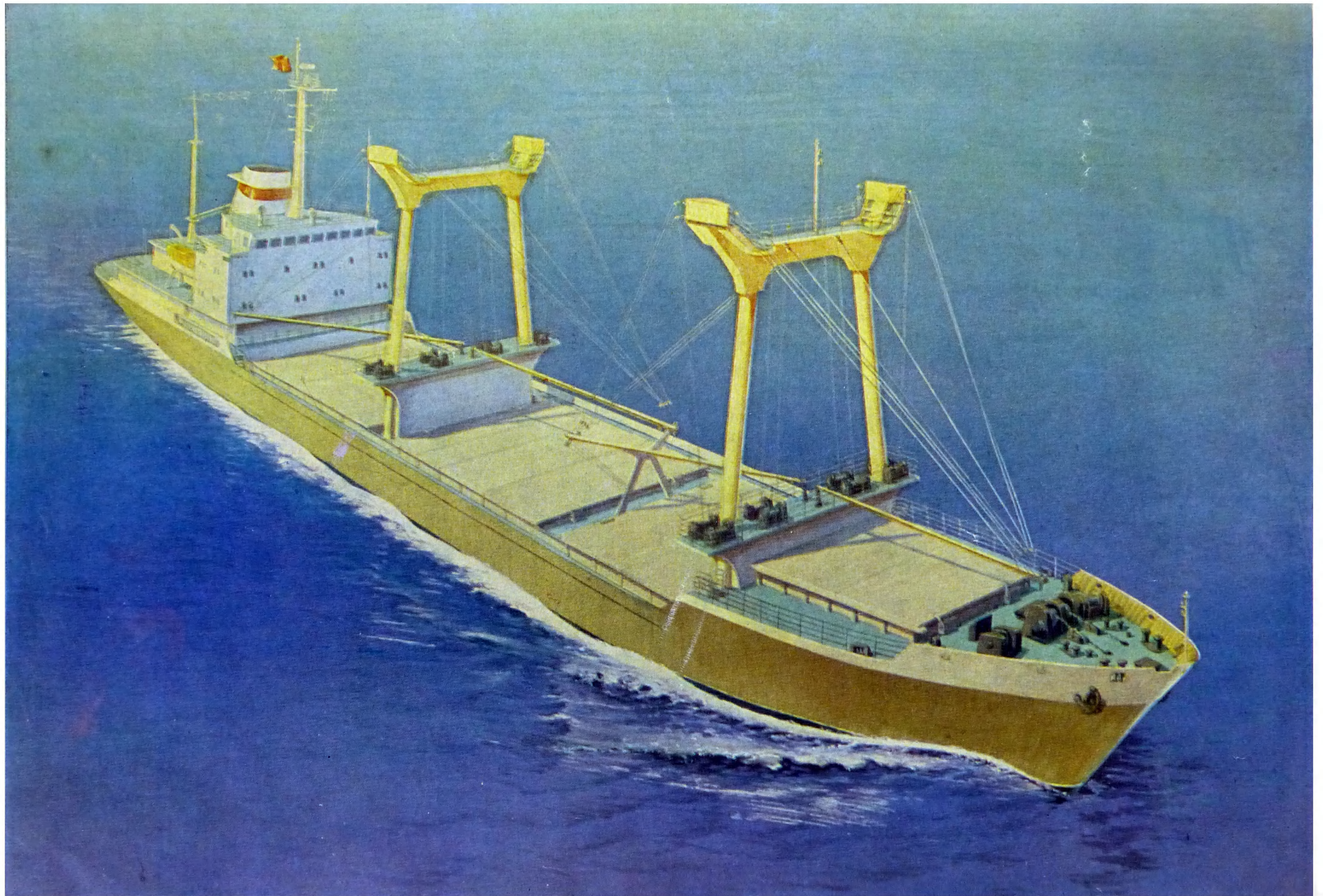


Рис. 1. Общее расположение лесовоза-пакетовоза: а — продольный разрез; б — вид сверху; в — верхняя палуба; г — палуба юта; д — шлюпочная палуба; е — нижний мостик; ж — ходовой мостик.

1 — форпик; 2 — цепной ящик; 3 — балластная цистерна № 1; 4 — трюм № 1; 5 — помещение пожарного насоса; 6 — балластная цистерна № 3; 7 — трюм № 2; 8 — цистерна моторного топлива № 1; 9 — трюм № 3; 10 — цистерна моторного топлива № 2; 11 — трюм № 4; 12 — отстойно-топливная цистерна; 13 — цистерна отработавшего масла; 14 — машинное отделение; 15 — балластная цистерна № 10; 16 — цистерна питьевой воды; 17 — актерпик; 18 — компрессорная; 19 — помещение насосов приводов люковых закрытий; 20 — каюты команды; 21 — шахта машинно-котельного отделения; 22 — румпельное отделение; 23 — электротехническая кладовая; 24 — вентиляционная; 25 — помещение сухой провизии; 26 — душевая; 27 — гирокомпасная; 28 — шкиперская и кладовая деталей крепления контейнеров; 29 — боцманская; 30 — рулевая; 31 — радиорубка; 32 — аккумуляторная; 33 — каюты комсостава; 34 — агрегатная и зарядная; 35 — спасательная шлюпка; 36 — трансляционная; 37 — аварийный дизель-генератор; 38 — кондиционеры; 39 — рабочая шлюпка; 40 — салон комсостава; 41 — кают-компания; 42 — буфетная; 43 — камбуз; 44 — столовая; 45 — салон команды; 46 — каюта врача; 47 — санблок.

В районе грузовых трюмов судно имеет двойной борт. С целью увеличения продольной прочности комингсы люков выполнены неразрезными. Оконеч-

полнен сварным из листов и прутка диаметром 125 мм, ахтерштевень — литосварной. Конструкция мидель-шпангоута показана на рис. 2. Второе дно



Показатели остойчивости лесовозов различных типов

Наименование судна	Грузоподъемность, т	Масса балласта в начале рейса, т	Вес балласта в % от грузоподъемности	Метацентрическая высота, м
Лесовоз-пакетовоз	5300	600	11,0	0,30
«Волгалес»	5260	477	9,08	0,21
«Павлин Виноградов»	5050	748	14,81	0,25
«Вытегралес»	5040	805	15,95	0,25
«Сибирьлес»	3350	400	11,9	0,23
«Игаркалес»	3209	485	15,13	0,16
«Малоярославец»	3185	502	15,73	0,22
«Балхаш»	1260	140	11,1	0,38

имеет специальные гнезда для установки контейнеров.

Судно оборудовано электрогидравлической машиной Р16 с крутящим моментом на баллере $25 \cdot 10^3$ кгс · м. Полубалансирный двухпорный руль площадью около 12 м^2 соединяется штырями с петлями ахтерштевня. Фланцевое соединение баллера с рулем позволяет снимать баллер без демонтажа пера руля или рулевой машины. Управление последней производится со штурвальной колонки, а также системой авторулевого. На судне имеются два станковых якоря Холла и один запасной массой по 300 т. Предусмотрено также четыре ледовых якоря (два по 150 и два по 100 кг). Подъем и отдача якорей производится электрическим брашпилем Б8, который используется также и для швартовки. Для сокращения времени швартовки на судне установлены автоматические швартовные лебедки ЛЭША-2 с тяговым усилием 8000 кгс.

Грузовые люки закрываются стальными водонепроницаемыми крышками с гидравлическим приводом. Крышки состоят из четырех секций для третьего и четвертого люков и из двух секций для второго и первого люков. Плотность прилегания крышек обеспечивается специальными задрайками. Прочность крышек второго, третьего и четвертого люков допускает размещение на них каравана леса или двух ярусов контейнеров массой по 20 т. Степень раскрытия палубы лесовоза-пакетовоза значительно больше, чем на ранее построенных отечественных судах. Крышки люков имеют специальные крепления для контейнеров.

На шлюпочной палубе установлены две спасательные шлюпки из стеклопластика. Одна — моторная СШП-М56 вместимостью 56 чел., вторая — СШП-Р58 с ручным механическим приводом на 58 чел. Имеется также рабочая шлюпка. На бизань-мачте в кормовой части надстройки для спуска и подъема рабочей шлюпки, погрузки и выгрузки провизии и оборудования из машинного отделения установлены две легкие грузовые стрелы грузоподъемностью по 1,5 т с вылетом около 2,5 м. Для выполнения грузовых операций судно снабжено четырьмя двухтопенантными стрелами, расположенными на П-образных мачтах. Так называемая трифилярная подвеска грузового гака предотвращает

раскачивание груза. Управление лебедками, а также изменение наклона грузовой стрелы осуществляется с пульта дистанционного управления.

Крепление палубного леса осуществляется стензельными стойками и тросовыми найтовыми. Для возможности перевозки контейнеров в трюмах и на крышках люков предусмотрены подкрепления, имеются также специальные устройства для раскрепления контейнеров. В грузовых трюмах по бортам и по поперечным переборкам установлено достаточное количество рымов для крепления штучного груза.

Жилые и служебные помещения судна расположены в пятиярусной надстройке. Всего имеется 29 кают, из них два блока, четыре каюты с санузлами, 12 одноместных и 10 двухместных кают. Всего на судне 39 каютных мест. Команда составляет 31 чел. На судне оборудованы столовая команды, кают-компания, два салона для отдыха и пищеблок, имеющий общую буфетную. Уровень шума в жилых, служебных и общественных помещениях снижен рядом конструктивных мероприятий. К числу их относятся применение звукопоглощающей изоляции и установка части механизмов на амортизаторах. Во все каюты к умывальникам подается горячая и холодная вода. Искусственный климат в жилых, общественных и служебных помещениях создается двухпроводной высокоскоростной системой кондиционирования воздуха, обслуживаемой двумя агрегатированными кондиционерами с непосредственным испарением фреона. Расположены они в помещении на нижнем мостике. Производительность каждого кондиционера $5600 \text{ м}^3/\text{ч}$. Система кондиционирования воздуха в летнее время обслуживается фреоновым компрессорно-конденсатным агрегатом, установленным в машинном отделении. В зимнее время к кондиционерам будет подаваться пар от системы хозяйственного пароснабжения.

Для отделки помещений применены в основном негорючие материалы, облицованные слоистым пластиком и соответствующие требованиям Правил Регистра СССР по обеспечению противопожарной безопасности. Для тушения пожара предусмотрены четыре автономные системы: водяная, жидкостная

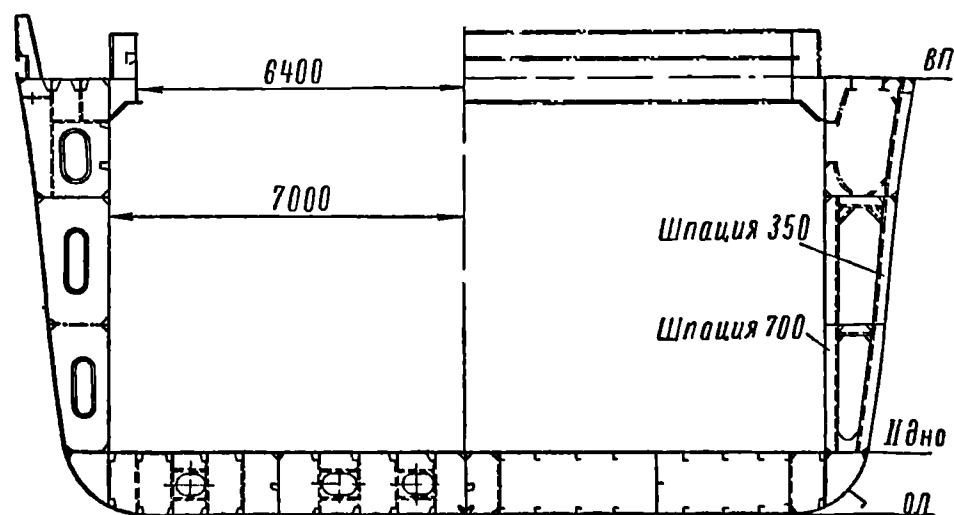


Рис. 2. Конструкция мидель-шпангоута лесовоза-пакетовоза.

(фреоновая), углекислотная и система пенотушения. Водяная система обслуживается двумя пожарными электронасосами производительностью по $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ и одним аварийным электронасосом произ-

водительностью 40 м³/ч, установленными в специальной выгородке в районе первого трюма. Двигатели насосов могут питаться электроэнергией как от основной электростанции, так и от аварийного дизель-генератора. Тушение пожара в трюмах и машинном отделении производится системой жидкостного тушения. В качестве огнегасящей жидкости принят фреон. Для тушения огня в картере главного двигателя, в утилизационном котле, глушителях дизель-генератора, в дымоходе вспомогательного котла и в малярной используется углекислотная система. Балластно-осушительная система обслуживается двумя насосами производительностью по 100 м³/ч при напоре 30 м. В трюмах предусмотрена естественная приточно-вытяжная вентиляция.

Главный двигатель 5ДКРН62/140-3 — двухтактный крейцкопфный реверсивный простого действия с газотурбинным наддувом. Он работает непосредственно на гребной вал. Максимальная длительная мощность двигателя составляет 6700 л.с., эксплуатационная — 6100 л.с. Главный двигатель работает на тяжелых сортах топлива. В связи с этим топливная система оборудована двумя саморазгружающимися сепараторами тяжелого топлива и одним сепаратором дизельного топлива, а также топливоперекачивающими насосами. Подача топлива к сепараторам осуществляется из отстойной цистерны, оборудованной змеевиком подогрева, а дизельного топлива — из цистерны основного запаса. Системы охлаждения главного и вспомогательного двигателя объединены в одну. Холодильники пресной воды и масла главного двигателя и навешенные на дизель-генераторы в ходовом режиме прокачиваются одним главным насосом забортной воды производительностью 250 м³/ч. Системы охлаждения пресной водой в ходовом режиме обслуживаются одним общим насосом производительностью 160 м³/ч.

Машинное отделение оборудовано центральным постом управления (ЦПУ), в котором расположен пульт дистанционного управления главным двигателем с необходимыми приборами дистанционного контроля и сигнализации. Из центрального поста

осуществляется контроль за работой вспомогательных механизмов машинного отделения и управление ими. Здесь также расположен главный распределительный щит судовой электростанции. ЦПУ размещается на платформе левого борта. Главный двигатель вращает один четырехлопастный винт диаметром 4,5 м. Винт изготовлен из высокопрочной бронзы.

Судовая электроэнергетическая установка состоит из трех дизель-генераторов типа ДГ-300 мощностью 450 л.с. при 500 об/мин. Генераторы мощностью по 300 кВт вырабатывают ток напряжением 400 в. Предусмотрен также аварийный дизель-генератор мощностью 100 кВт с автоматическим запуском. Судовое электрооборудование работает на трехфазном токе напряжением 380 в при частоте 50 гц, сеть бытовых потребителей — на токе напряжением 220 в.

Автоматизированный котел паропроизводительностью 1600 кг/ч при давлении 5,5 кгс/см² и утилизационный котел паропроизводительностью 1800 кг/ч при мощности главного двигателя 6100 л.с. обеспечивают судно необходимым количеством пара.

Объем автоматизации управления и контроля машинно-котельной установки принят из условий несения вахты одним механиком, находящимся в ЦПУ. Управление главным двигателем производится из рулевой рубки с пульта, совмещенного с машинным телеграфом, и дистанционно из ЦПУ. На судне предусмотрена сигнализация вызова механика в ЦПУ. Рациональное расположение постов управления, совмещение штурманской и рулевой рубок, автоматизация ряда механизмов и систем обеспечивают высокую эффективность управления судном. Для обеспечения безопасности плавания предусматривается комплекс современных навигационных средств.

Лесовоз-пакетовоз по своим характеристикам соответствует лучшим современным отечественным и зарубежным судам подобного дедвейта, а оборудование и материалы, принятые в проекте, отвечают последним достижениям техники.

ПРОЕКТ РЕЧНОГО ЭКСКУРСИОННОГО ТЕПЛОХОДА

А. Ф. Гринбаум, В. А. Евстифеев

УДК 629.122.6.001.2

Экскурсионный теплоход проекта «Волга» (рис. 1) предназначен для рейсов по каналу им. Москвы с выходом на другие внутренние водные пути европейской части страны и в прибрежные районы Балтийского моря. Общее устройство и оборудование теплохода соответствует требованиям Речного Регистра РСФСР, предъявляемым к судам класса «М». По проекту теплоход имеет наибольшую длину 83,6 м, ширину 12,8 м, осадку 2,3 м.

Водоизмещение судна составляет 1100 т, автономность по запасам топлива 5 сут. Судно обслуживается экипажем из 32 чел. На теплоходе имеется 45 каютных мест для пассажиров. В экскурсионных рейсах судно может принять 140 пассажиров.

Верхняя палуба теплохода имеет широкие прогулочные террасы, салон отдыха с широким обзором (рис. 2) и открытую смотровую площадку. В корму от главного вестибюля расположен ресторан с сервировочной (рис. 3), кафе-веранда и бар. На главной палубе (рис. 4) оборудованы каюты «люкс» и двухместные пассажирские каюты с индивидуальными санблоками. Здесь же находятся двухместные каюты обслуживающего персонала, каюты комсостава, пищеблока и служебные помещения. Двухместные каюты для пассажиров размещены также на платформе в носовой оконечности.

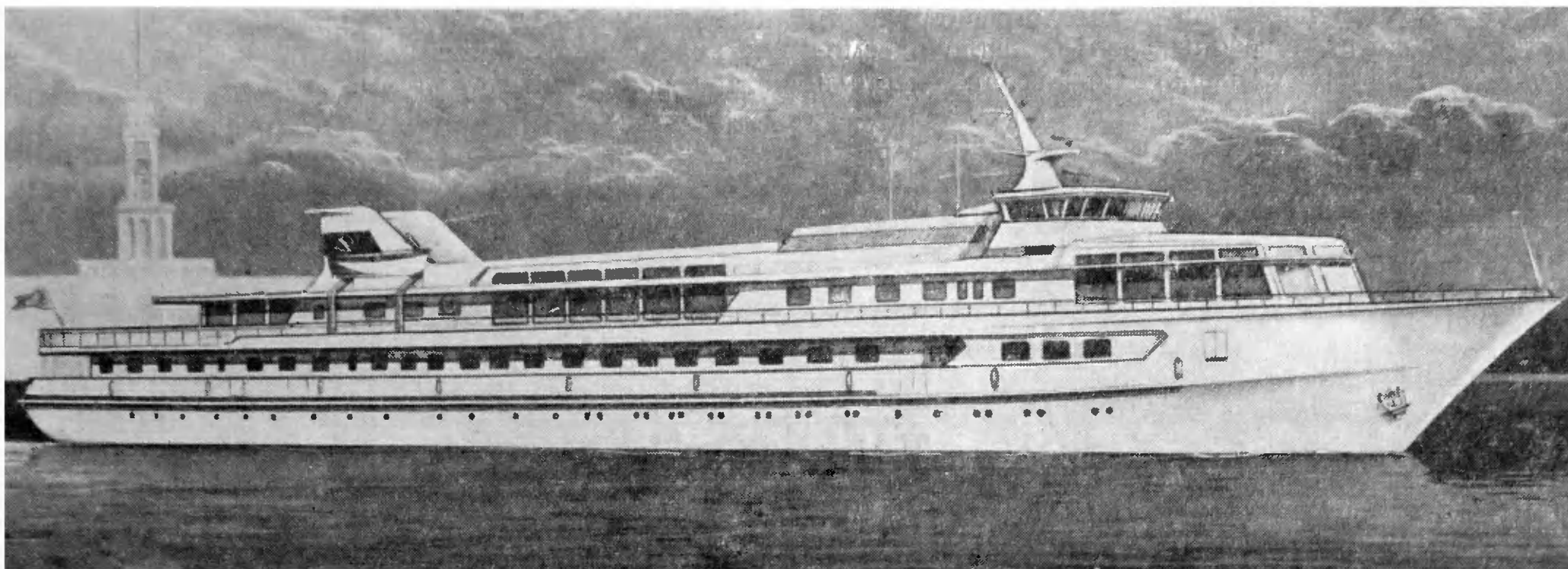


Рис. 1. Общий вид речного экскурсионного теплохода.

Характерной особенностью теплохода является высокий уровень комфортабельности. Все помещения обслуживаются системой круглогодичного кондиционирования воздуха. Люминесцентные светильники с разноцветными рассеивателями в сочетании с обычными лампами накаливания создают в помещениях своеобразный световой эффект. Для отделки помещений используются высококачественные синтетические и декоративные материалы. На теплоходе оборудуется телевизионная рубка с видеомagneтофоном, что позволит вести запись центральных и местных телевизионных передач с последующей их трансляцией на судне. В салоне отдыха установлены телевизор, стереофонический радиоприемник и концертный рояль.

Ряд конструктивных мер направлен на повышение надежности и безопасности эксплуатации теплохода. Судно разделено на противопожарные зоны, которые могут быть полностью изолированы друг от друга, широко применяются огнестойкие материалы. Поперечные водонепроницаемые переборки в корпусе расположены таким образом, что при затоплении двух любых смежных отсеков судно останется на плаву, сохраняя положительную остойчивость.

Двухвальная энергетическая установка с отечественными дизелями марки ЗД42 мощностью 2×1500 л. с. позволит теплоходу развивать скорость 30 км/ч. При работе главных двигателей на минимальных оборотах он будет иметь скорость около 14 км/ч.



Рис. 2. Салон теплохода.

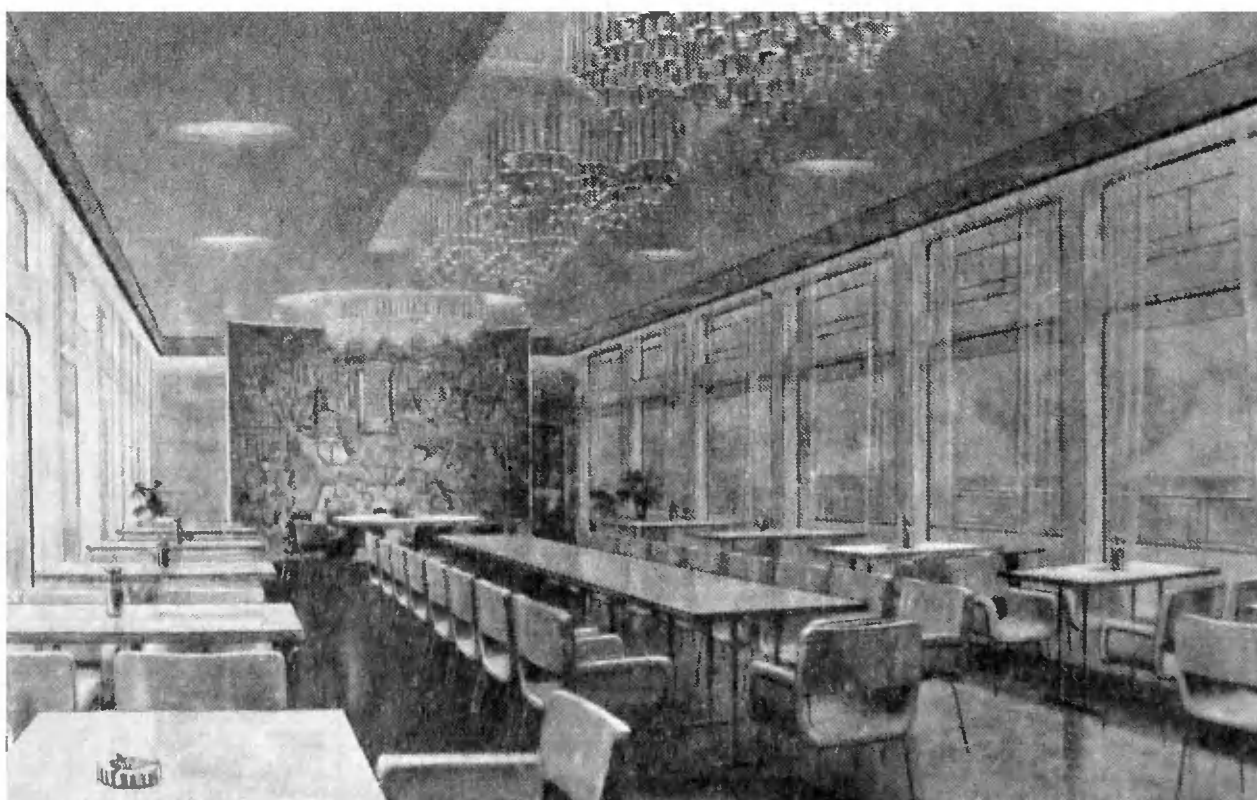
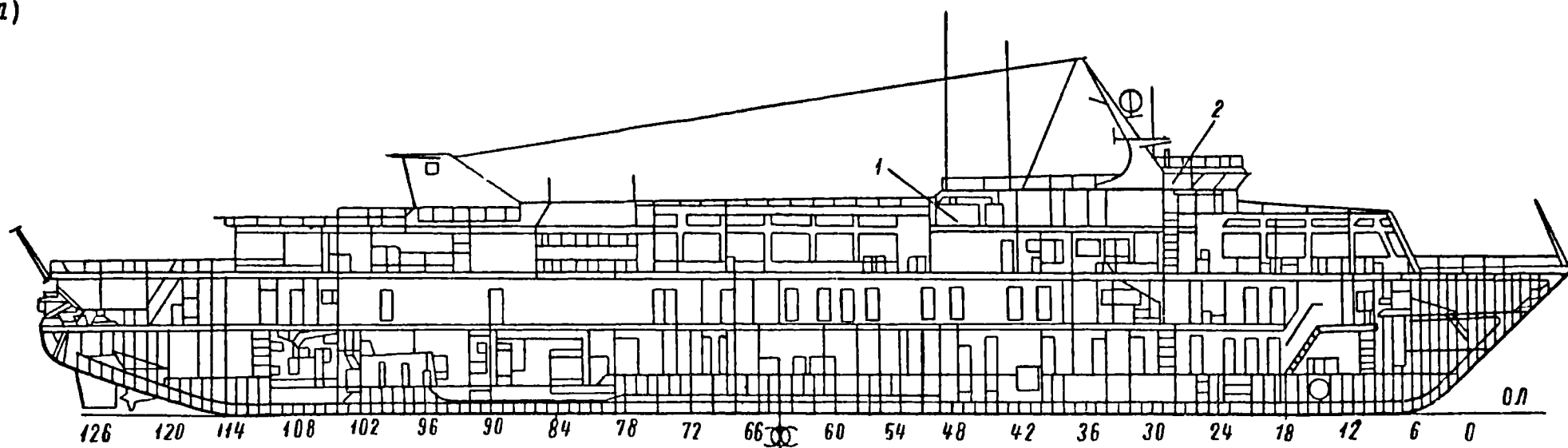


Рис. 3. Ресторан теплохода.

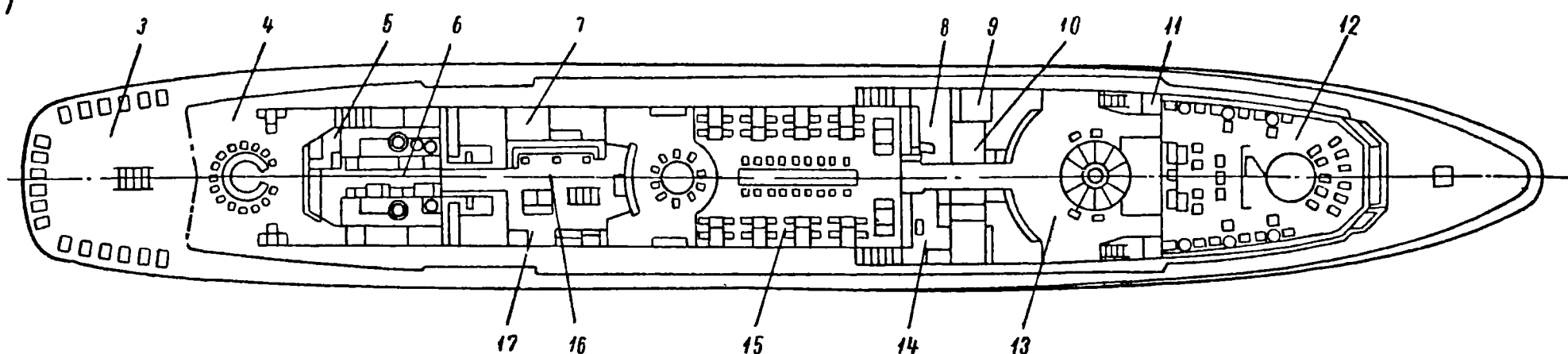
При одновременной работе носового подруливающего устройства и гребных винтов теплоход сможет двигаться лагом, разворачиваться на месте и

носовых шпангоутов и наличие бака обеспечат судну хорошую всхожесть на волну при полном отсутствии заливаемости палубы.

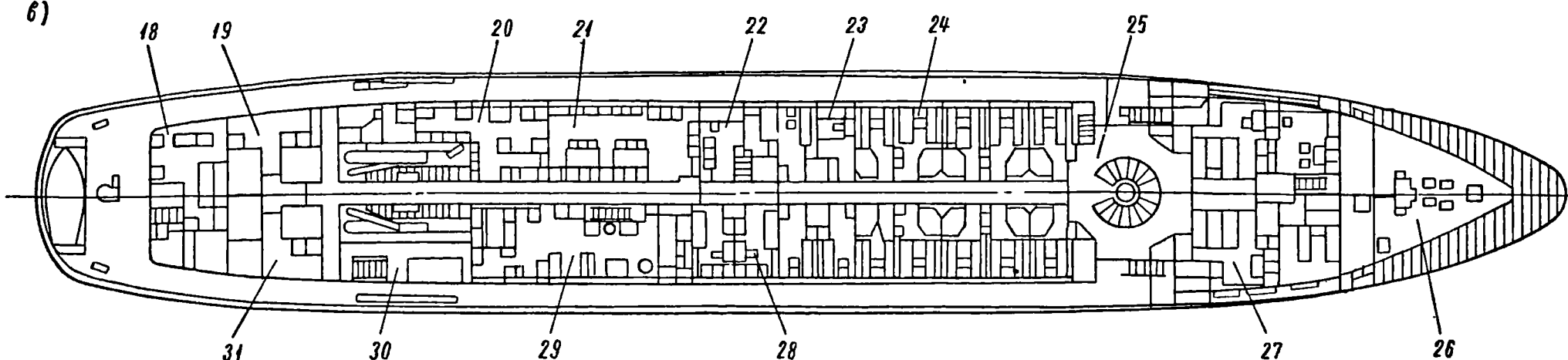
а)



б)



в)



г)

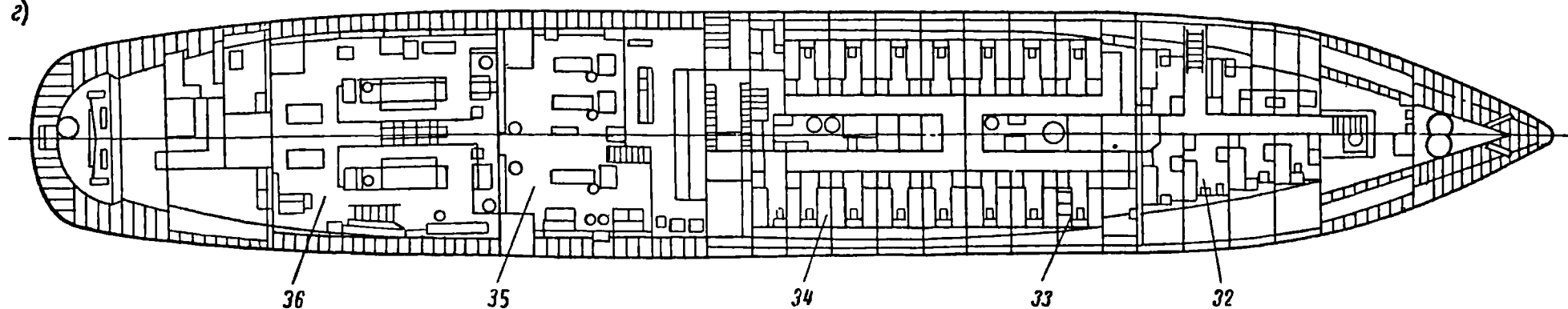


Рис. 4. Общее расположение теплохода: а — продольный разрез; б — верхняя палуба; в — главная палуба; г — платформа.

1 — помещение кондиционеров; 2 — рулевая рубка; 3 — прогулочная площадка; 4 — кафе-веранда; 5 — кинобудка; 6 — буфетная; 7 — кладовая; 8 — радиорубка; 9 — аккумуляторная; 10 — трансляционная; 11 — вентиляционная; 12 — салон отдыха на 35 чел.; 13 — верхний вестибюль; 14 — блок-каюта капитана; 15 — ресторан на 70 чел.; 16 — сервировочная; 17 — посудомоечная; 18 — аварийная электростанция; 19 — кладовая провизии для пассажиров; 20 — камбуз экипажа; 21 — столовая экипажа; 22 — блок-каюта старшего механика; 23 — медпункт; 24 — двухместная пассажирская каюта; 25 — нижний вестибюль; 26 — помещение судовых устройств; 27 — каюта «люкс»; 28 — одноместная каюта комсостава; 29 — камбуз пассажиров; 30 — помещение расходной цистерны; 31 — кладовые провизии для экипажа; 32 — двухместные пассажирские каюты; 33 — одноместная каюта комсостава; 34 — двухместная каюта экипажа; 35 — отделение вспомогательных механизмов; 36 — машинное отделение.

самостоятельно швартоваться или отходить от стенки при ветре силой до шести баллов. Качка теплохода в штормовых условиях будет плавной, с амплитудой не более шести градусов. Большой развал

Высокая степень автоматизации, дистанционное управление, средства сигнализации и контроля позволяют управлять судном непосредственно из рулевой рубки без постоянной вахты в машинном отде-

лении. Управление вспомогательными механизмами и судовой электростанцией будет производиться из центрального поста управления. Наблюдение за работой основных механизмов главного машинного отделения может осуществляться с помощью телевизионной установки.

Судно оборудовано современными средствами радиотелефонной связи, служебной и пассажирской аварийной сигнализацией и аппаратурой обнаружения дыма во внутренних помещениях. Безопасность

плавания в сложных метеорологических условиях будет обеспечиваться радиолокационными станциями, радиопеленгатором и аппаратурой ночного видения. Для удержания судна на заданном курсе и контроля за положением рулей предусмотрена система авторулевого. При плавании в озерах и прибрежных морских районах авторулевой будет получать сигналы от гироиндукционного компаса.

В недалеком будущем новый комфортабельный теплоход примет своих первых пассажиров.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА РЕФРИЖЕРАТОРНОГО ТРЮМА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РЫБОЛОВНЫХ ТРАУЛЕРОВ

А. С. Токарев

УДК 629.124.72.011.516.001.2

Для определения элементов рыбопромысловых судов существенное значение имеют объемные характеристики судовых помещений. Это объясняется тем, что большинство помещений на таких судах отличается высокими удельными объемными показателями, а рыбные грузы имеют большой удельно-погрузочный объем. На ранних стадиях проектирования необходимо уметь рассчитывать потребный объем трюмов по заданному весу укладываемой в них рыбопродукции. Важность этой задачи становится понятной, если учесть, что вычеты на набор, изоляцию и холодильное оборудование трюма достигают иногда 50%. Теоретический объем рефрижераторного трюма W_T можно представить в виде суммы:

$$W_T = W_1 + W_2 + W_3 + W_4,$$

где W_1 — полезный объем трюма (нетто);

W_2 — объем, занимаемый корпусными конструкциями;

W_3 — объем изоляции сверх полок корпусного набора;

W_4 — объем, занимаемый холодильным оборудованием.

Объем, занимаемый габаритом основного набора бортов, палубы и переборок, рамным набором, пиллерсами, комингсами люков и шахтами (рис. 1), определяется по формуле

$$W_2 = \left[1 - \frac{(L_T - h'_L)(B - h'_B)(H_T - h'_H)}{L_T B H_T} \right] W_T,$$

где L_T — длина трюма;

B — ширина судна;

H_T — высота трюма;

h'_L, h'_B, h'_H — приведенные высоты корпусного набора по длине, ширине и высоте трюма.

Размеры элементов корпусного набора регламентируются Правилами Регистра Союза ССР. Эти правила определяют минимальный момент сопротивления поперечного сечения балок набора в зависимости от размерений судна. На основе табличных данных Правил [1] и работы [2] была установлена аналитическая зависимость между высотой балки и минимальным моментом сопротивления

$$h = K \sqrt[3]{\bar{W}} 10^{-2}, \quad (1)$$

где h — высота балки, м;

$\bar{W}$ — момент сопротивления балки с присоединенным пояском обшивки, см³;

K — коэффициент, равный для равнобокой угловой стали — 2,1, неравнобокой угловой стали — 2,4, низкого сварного тавра — 2,7, несимметричного полосульба — 3,1, высокого сварного тавра — 3,5.

Ширина полков сварных тавровых балок

$$b = 1,8 \sqrt[3]{\bar{W}} 10^{-2}. \quad (2)$$

Потерю полезного объема трюма за счет книц пиллерсов можно учесть условным увеличением высоты последних до H_T , а размеры остальных книц определить в соответствии с Правилами [1]:

$$\left. \begin{aligned} h_{ск} = b_{ск} = 0,1 H_T; \quad h_{кс} = b_{кс} = 2 h_c; \\ h_{кк} = b_{кк} = h_k; \quad h_{бк} = b_{бк} = h_b. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

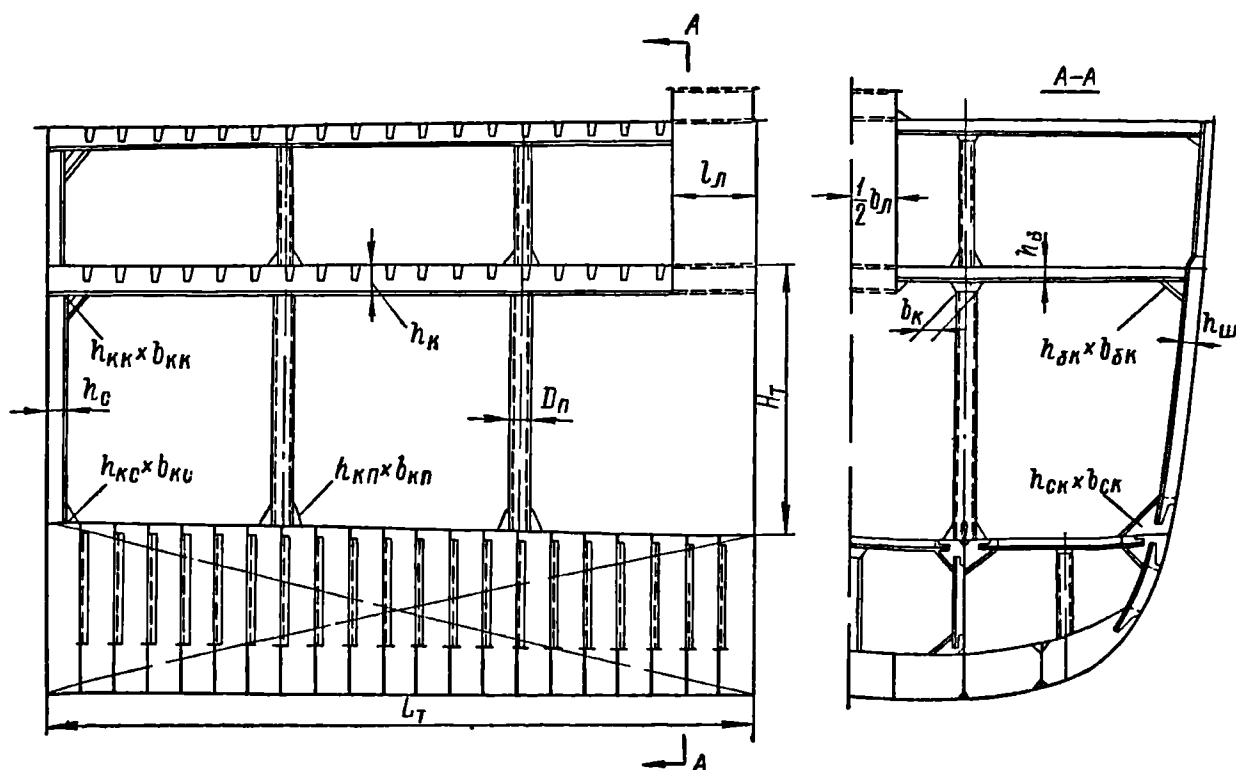


Рис. 1. Конструктивная схема трюма двухпалубного траулера.

Принимая во внимание, что расстояния между пиллерсами по длине и ширине трюма целесообразно выбирать одинаковыми, их количество m_n можно выразить в функции числа карлингсов m_k :

$$m_n = m_k \left[(m_k + 1) \frac{L_T}{B} - 1 \right]. \quad (4)$$

В соответствии с рис. 1 и соотношениями (3) и (4) для приведенных высот корпусного набора получаем зависимости:

$$h'_L = \left(1 + 4 \frac{h_c}{H_T} \right) h_c + \frac{1}{B} \left\{ m_k \left[(m_k + 1) \frac{L_T}{B} - 1 \right] \times \right. \\ \left. \times D_n^2 + \sum l_i b_i \right\};$$

$$h'_B = 2h_{ш} + 0,01H_T + \frac{1}{L_T} \times$$

$$\times \left\{ m_k \left[(m_k + 1) \frac{L_T}{B} - 1 \right] D_n^2 + \sum l_i b_i \right\};$$

$$h'_H = \left(1 + \frac{h_6}{B} \right) h_6 + \frac{0,515m_k h_k}{B} \left[(h_k - h_6) + \frac{h_k^2 - 2h_c^2}{L_T} \right] + \\ + \frac{l_{лb_l} h_k}{L_T B}.$$

Выражая в формулах (1) и (2) величину $\bar{W}$ через размеры трюма и размерения судна в соответствии с Правилами [3], получим зависимости для определения высот балок корпусного набора h'_L , h'_B , h'_H и диаметров пиллерсов. Расчеты выполнялись с помощью ЭВМ при характерных для больших рыболовных траулеров соотношениях размерений в диапазоне изменения длины судна от 60 до 120 м. По результатам расчетов строились графики изменения относительных потерь объема трюма за счет набора $\Delta_n = \frac{W_2}{W_T}$ в зависимости от величины L и отношения L_T/B . Один из таких графиков (для случая использования в качестве основного набора угловой неравнобокой стали) приведен на рис. 2.

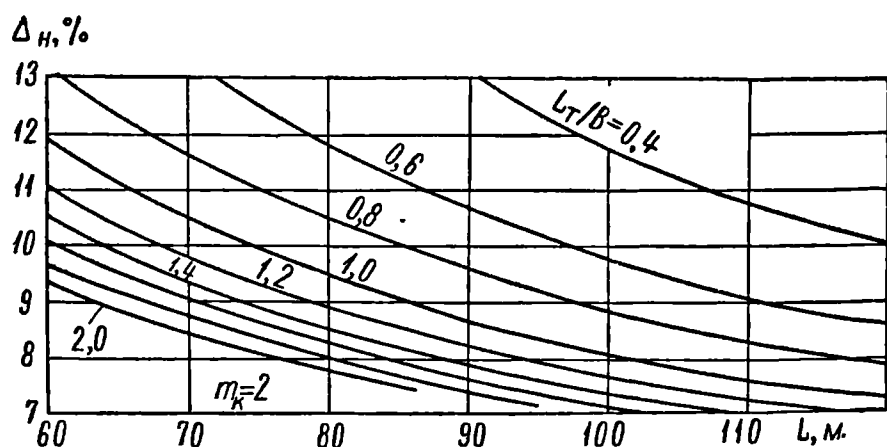


Рис. 2. График для определения потерь объема трюма на набор.

Графики аппроксимировались зависимостью

$$\Delta_n = \left(0,05 + \frac{3,7}{L \frac{L_T}{B}} \right) \left(\frac{K}{2,4} \right)^{1/3}. \quad (5)$$

Погрешность расчета по формуле (5) не превышает 10%.

Относительный вычет на изоляцию определяется по формуле

$$\Delta_n = \frac{W_3}{W_T} = \left(1 - \frac{L_T - 2\bar{\delta}}{L_T} \frac{B - 2\bar{\delta}}{B} \frac{H_T - 2\bar{\delta}}{H_T} \right),$$

где $\bar{\delta}$ — средняя толщина изоляции поверх полок основного набора, м.

Для определения толщины изоляции может быть предложена зависимость, полученная из уравнения, характеризующего процесс теплопередачи через плоскую стенку,

$$\bar{\delta} = \lambda (a_0 \theta - 0,4), \quad (6)$$

где λ — коэффициент теплопроводности основной изоляции, ккал/м·ч·°С;

a_0 — коэффициент, определяемый по прототипу и равный, как показывают статистические данные, $(7,5 \pm 1,5) \cdot 10^{-2}$.

θ — разность температур наружного воздуха и воздуха в трюме, °С;

Расчеты Δ_n выполнялись для толщин изоляции поверх полок корпусного набора от 0,1 до 0,6 м. Диапазоны изменения L и отношения L_T/B лежали в тех же пределах, что и при определении вычетов на набор. С погрешностью, не превышающей 10%, полученные значения Δ_n аппроксимированы зависимостью

$$\Delta_n = \left(3,5 + \frac{1}{\frac{L_T}{B}} \right) \frac{10\bar{\delta}}{L}. \quad (7)$$

Формула (7) может быть использована в тех случаях, когда $\bar{\delta}$ определяется на основании калорических расчетов. При подстановке (6) в (7) получаем зависимость для грубых оценок

$$\Delta_n = \left(3,5 + \frac{1}{\frac{L_T}{B}} \right) \frac{\lambda (7,50 - 40)}{10L}.$$

Объем, который занимают рефрижераторные батареи с трубопроводами и ограждающие их решетки, зависит от поверхности батарей. Эта поверхность пропорциональна расходу холода на поддержание в трюме заданной температуры. Расход холода, в свою очередь, пропорционален разности температур наружного воздуха и воздуха в трюме, а также сумме площадей бортов, переборок, палубы и днища. Полагая сумму этих площадей пропорциональной объему трюма в степени $2/3$, получаем:

$$W_4 = k_x \theta W_T^{2/3}, \quad (8)$$

где k_x — статистический коэффициент, имеющий значения $(1,70 \pm 0,25) \cdot 10^{-2}$.

В диапазоне изменений теоретического объема трюма от 800 до 2800 м³ с погрешностью, не превышающей 3%, можно принимать

$$W_T^{2/3} = 42 + 0,058 W_T.$$

Подставляя это выражение в уравнение (8) и деля обе части полученного равенства на W_T , получим

$$\Delta_x = \frac{W_4}{W_T} \left(0,986 + \frac{0,714}{W_T} \right) \theta \cdot 10^{-3}, \quad (9)$$

где Δ_x — вычет на холодильное оборудование.

Полезный объем трюма вычисляется по формуле

$$W_1 = [1 - (\Delta_n + \Delta_n + \Delta_x)] W_T, \quad (10)$$

где Δ_n , Δ_n , Δ_x определяются зависимостями (5), (7) и (9).

При заданном W_1 по формуле (10) может быть найден теоретический объем трюма.

ПРИБЛИЖЕННАЯ ФОРМУЛА ДЛЯ ПОДСЧЕТА ПЛЕЧ ОСТОЙЧИВОСТИ СУХОГРУЗНЫХ СУДОВ

А. В. Самохвалов

УДК 629.12.073

При поперечных наклонениях судна плечо остойчивости l_ϕ есть однозначная функция координат центра величины и угла крена:

$$l_\phi = y_\theta \cos \theta + (z_\theta - z_c) \sin \theta.$$

Координаты центра величины y_θ и $z_\theta - z_c$ соответственно равны:

$$y_\theta = \int_0^\theta \rho_\theta \cos \theta d\theta, \quad z_\theta - z_c = \int_0^\theta \rho_\theta \sin \theta d\theta,$$

где ρ_θ — метацентрический радиус судна при угле крена θ° .

При наличии зависимости для одной из координат центра величины, выбранной каким-либо образом, легко найти функции, определяющие кривые метацентрических радиусов и плеч остойчивости

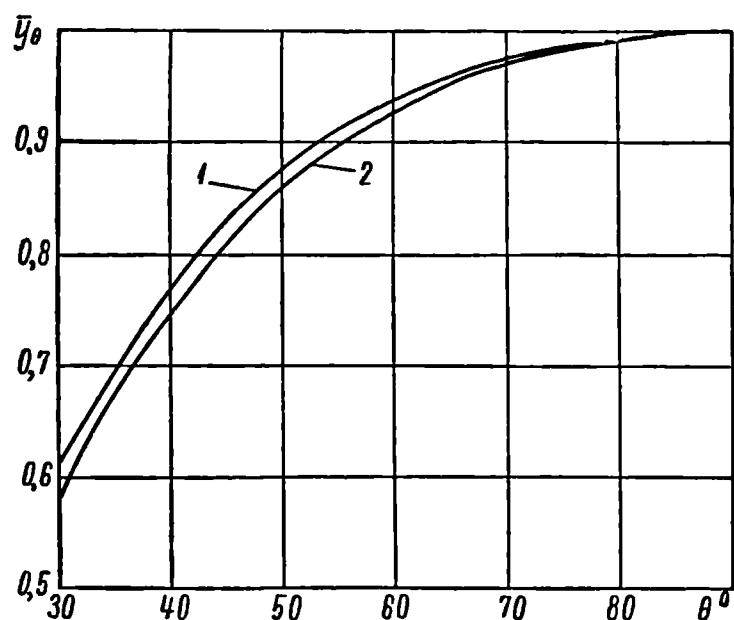


Рис. 1. Функции относительных ординат центра величины.

1 — для судов, перевозящих массовые грузы;
2 — для судов, перевозящих генеральные грузы.

формы. Исследования показали, что для современных сухогрузных судов отношения ординаты или аппликаты центра величины при углах крена, больших 20° , к ординате или аппликате этой кривой при $\theta = 90^\circ$ (относительные координаты центра вели-

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила классификации и постройки морских стальных судов, Морской Регистр СССР. Л., «Морской транспорт», 1956.
2. Путов Н. Е. Конструкция корпуса судов, ч. 1. Основы конструирования гражданских судов. М.—Л., 1937.
3. Правила классификации и постройки морских судов, ч. II. Стальной корпус. Л., «Транспорт», 1968.

ны $\bar{y}_\theta$ и $\bar{z}_\theta$) имеют довольно стабильную величину, особенно при больших углах крена. Эта закономерность дает возможность установить зависимости

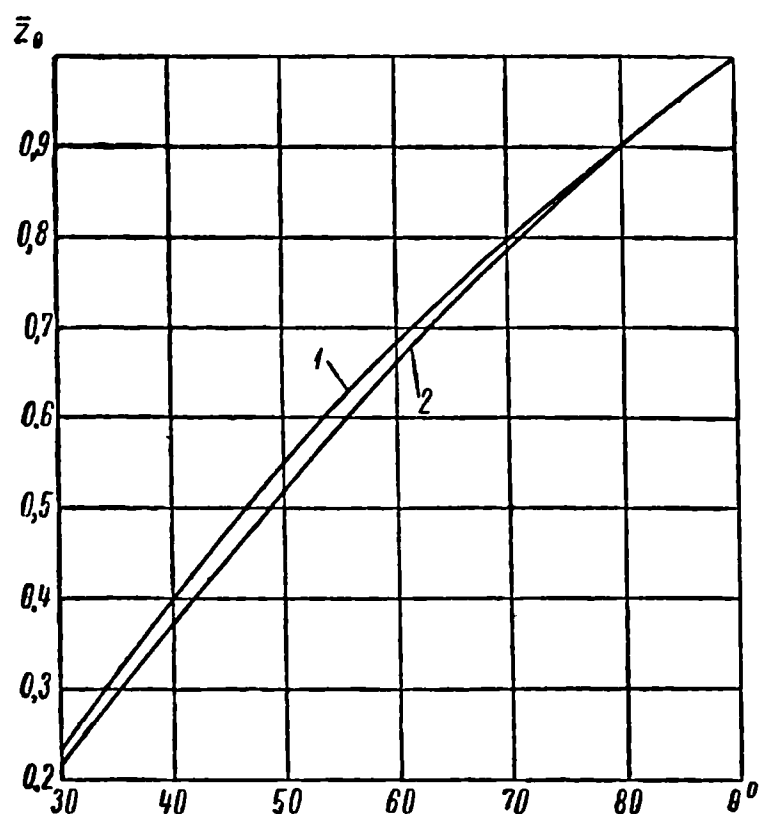


Рис. 2. Функции относительных аппликат центра величины.

Обозначения те же, что и на рис. 1.

для y_θ и z_θ от углов крена, а следовательно, определить функции координат центра величины на участке наклонений $\theta > 20^\circ$, так как

$$y_\theta = \bar{y}_\theta y_{90}, \quad z_\theta - z_c = \bar{z}_\theta (z_{90} - z_c),$$

где y_{90} — ордината центра величины судна при наклонении на 90° ;

$z_{90} - z_c$ — аппликата центра величины судна при наклонении на 90° .

Считая, что до углов крена $\theta < 20^\circ$ координаты центра величины могут быть подсчитаны по формулам начальной остойчивости, в соответствии с которыми

$$y_\theta = \rho_0 \sin \theta, \quad z_\theta - z_c = \rho_0 (1 - \cos \theta),$$

для всего диапазона наклонений от 0 до 90° будем иметь:

$$y_\theta = \begin{cases} \rho_0 \sin \theta & \text{при } \theta < 20^\circ; \\ \bar{y}_\theta y_{90} & \text{при } \theta > 20^\circ; \end{cases} \quad (1)$$

$$z_\theta - z_c = \begin{cases} \rho_0 (1 - \cos \theta) & \text{при } \theta < 20^\circ; \\ \bar{z}_\theta (z_{90} - z_c) & \text{при } \theta > 20^\circ, \end{cases} \quad (2)$$

где ρ_0 — начальный метацентрический радиус.

На основании зависимостей (1) и (2) выражение для плеч остойчивости формы запишется следующим образом:

$$l_{\phi} = \begin{cases} \rho_0 \left(\sin \theta + \theta \cos \theta - \frac{1}{2} \sin 2\theta \right) & \text{при } \theta \leq 20^\circ; \\ \bar{y}_0 y_{90} \cos \theta + \bar{z}_0 (z_{90} - z_c) \sin \theta & \text{при } \theta > 20^\circ. \end{cases}$$

Функции относительных координат центра величины $\bar{y}_0$ и $\bar{z}_0$ определены на основании обработки

статистических данных по сухогрузным судам и графически представлены на рис. 1 и 2. Проверка соответствия функций (1) и (2) общим свойствам аппроксимируемых кривых показала их пригодность для подсчета координат центра величины сухогрузных судов при наклонениях. Точность определения l_{ϕ} по приведенной выше формуле достаточна для предварительных расчетов на стадиях проектирования, предшествующих построению теоретического чертежа.

Гидромеканика судна

ВОДОИЗМЕЩАЮЩИЕ РЕЧНЫЕ СУДА СО СВЕРХКРИТИЧЕСКИМИ СКОРОСТЯМИ

А. М. Басин, А. Г. Ляховицкий

УДК 629.122

Одним из перспективных путей повышения скоростей речных судов и освоения малых рек является создание быстроходных водоизмещающих судов со сверхкритическими скоростями на мелководье. Как известно, при движении водоизмещающих судов в таких условиях основным препятствием к повышению скорости является волновой барьер, т. е. резкое увеличение волнообразования и волнового сопротивления при критической скорости. В этом режиме происходит значительное увеличение средней осадки и дифферента судна. Возникает так называемый барьер проходимости, ограничивающий сферу возможного применения речных судов.

Для иллюстрации влияния мелководья на гидродинамические характеристики корпуса на рис. 1 показаны кривые полного сопротивления R , коэффициента остаточного сопротивления ζ_0 , угла дифферента ψ и среднего погружения $\Delta T_{\text{ср}}$ в зависимости от относительной скорости движения модели быстроходного речного судна. Сопоставление этих кривых показывает, что глубина фарватера существенно влияет как на сопротивление, так и на подъемную силу и дифферентующий момент.

С приближением к критической скорости резко возрастает давление в районе носовой оконечности и увеличивается разрежение в корме. Такое перераспределение давлений приводит к возрастанию дифферента на корму, увеличению сопротивления воды движению, изменению коэффициентов взаимодействия движителя с корпусом. После перехода критической области, характеризующейся неустойчивым режимом движения и кризисными изменениями гидродинамических сил, действующих на судно, начинается зона сверхкритических скоростей. Судно, предназначенное для эксплуатации в сверхкритической зоне, должно иметь специальные обводы корпуса, определенные соотношения главных размерений и соответствующую энерговооруженность.

Систематическое изучение гидродинамических сил волновой природы при различных глубинах фарватера, включая наибольшую, позволило построить диаграмму, определяющую границы зон до-

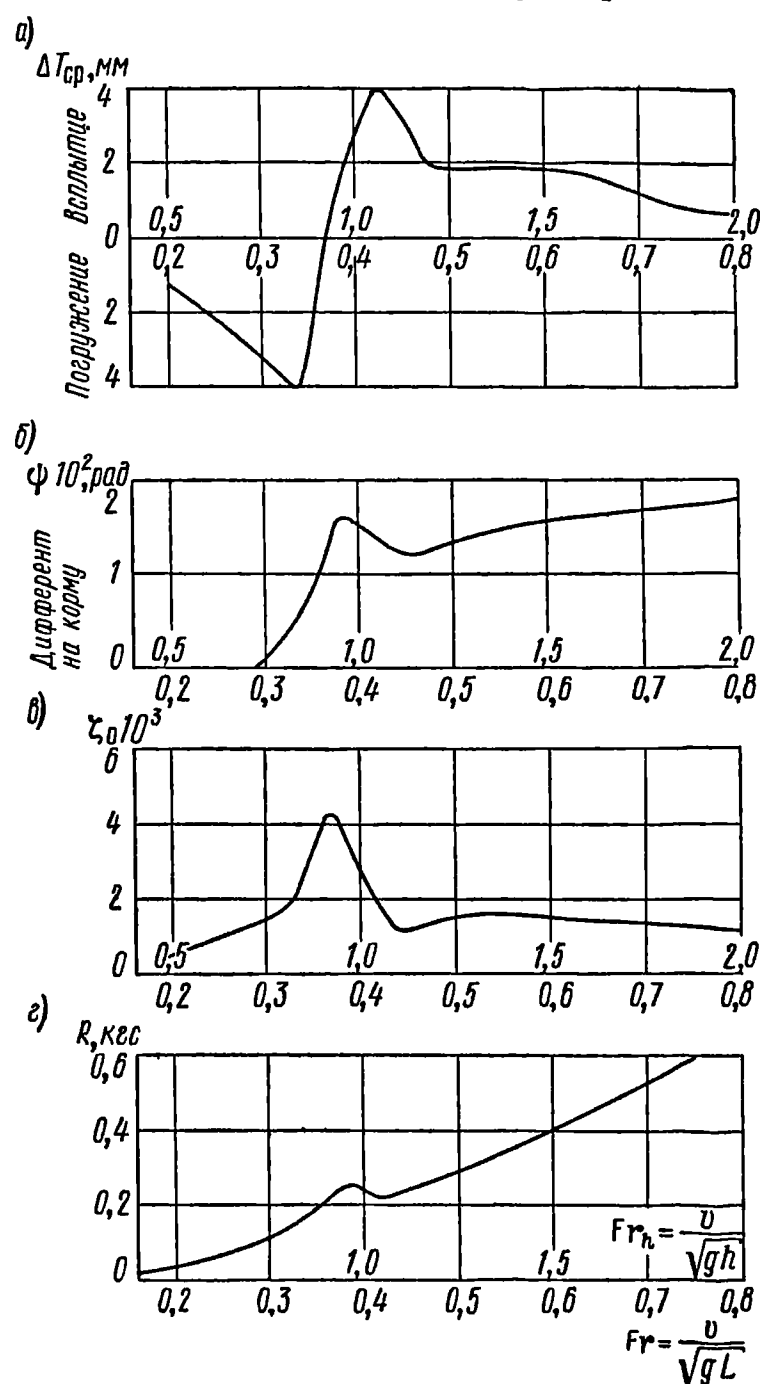


Рис. 1. Зависимости гидродинамических характеристик модели быстроходного судна на мелководье от числа Фруда: а — среднего погружения; б — угла дифферента; в — коэффициента остаточного сопротивления; г — полного сопротивления.

критических и сверхкритических скоростей (рис. 2). Диаграмма дает возможность выбрать скоростной режим судна, предназначенного для эксплуатации со сверхкритическими скоростями.

Если быстроходное водоизмещающее судно должно эксплуатироваться как в условиях мелководья,

так и на относительно глубокой воде, то его следует проектировать на скорости $Fr > 0,6$. В этом случае все кризисные явления, связанные с преодолением критической скорости, не успевают развиваться, и судно сохраняет практически постоянную скорость независимо от глубины фарватера. Тем не менее учет влияния мелководья на гидродинамические характеристики судна необходим при проектировании судов со сверхкритическими скоростями, особенно в тех случаях, когда их эксплуатационная скорость близка к критической на какой-либо глубине.

Эксперименты, проведенные в бассейне Ленинградского института водного транспорта, показали, что влияние мелководья на динамические характеристики изолированного гребного винта является незначительным, и для учета глубины фарватера при выборе геометрических характеристик винта и расчете ходовых характеристик судна достаточно принимать во внимание изменение сопротивления воды и коэффициентов взаимодействия движителя с корпусом. Таким образом, расчеты ходкости судов на мелководье могут проводиться по общепринятым схемам [1].

Кривая сопротивления $R(v)$ на мелководье может быть определена путем пересчета результатов буксировочных испытаний или по известным приближенным методам. Поправочные коэффициенты x_{wh} и x_{th} , учитывающие влияние мелководья на коэффициенты попутного потока и засасывания для быстроходных водоизмещающих судов, можно определить по графикам (рис. 3), полученным путем

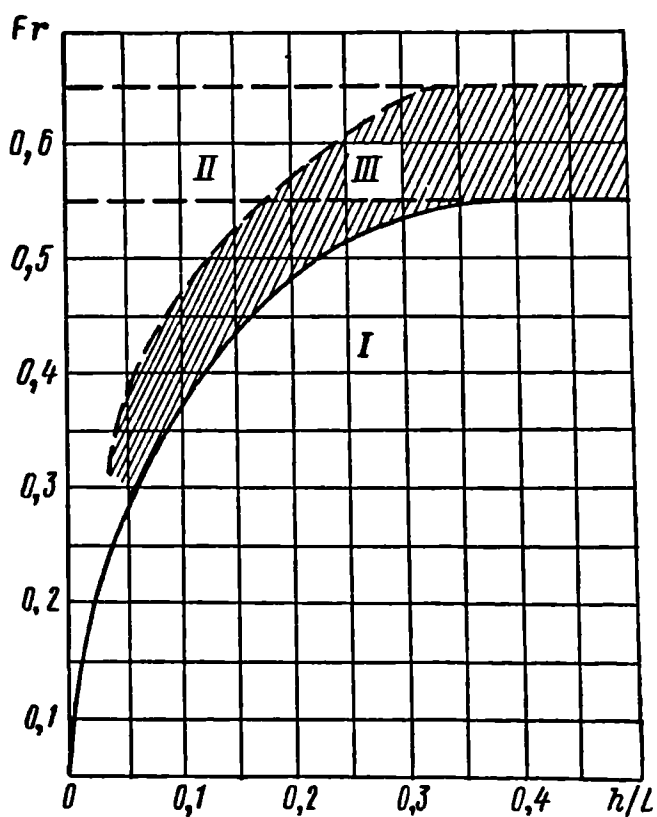


Рис. 2. Зоны скоростей: I — докритических; II — сверхкритических; III — неблагоприятных сверхкритических.

обработки данных систематических самоходных испытаний в бассейне ЛИВТа. Зависимости для поправочных коэффициентов имеют следующий вид:

$$x_{wh} = \frac{1 - w_h}{1 - w_\infty}, \quad x_{th} = \frac{1 - t_h}{1 - t_\infty},$$

где w_h, t_h — коэффициенты номинального попутного потока и засасывания на заданном мелководье;

w_∞, t_∞ — коэффициенты номинального попутного потока и засасывания на глубокой воде.

Как известно, гидромеханическое взаимодействие движителя с корпусом носит исключительно сложный характер даже в условиях глубокой воды.

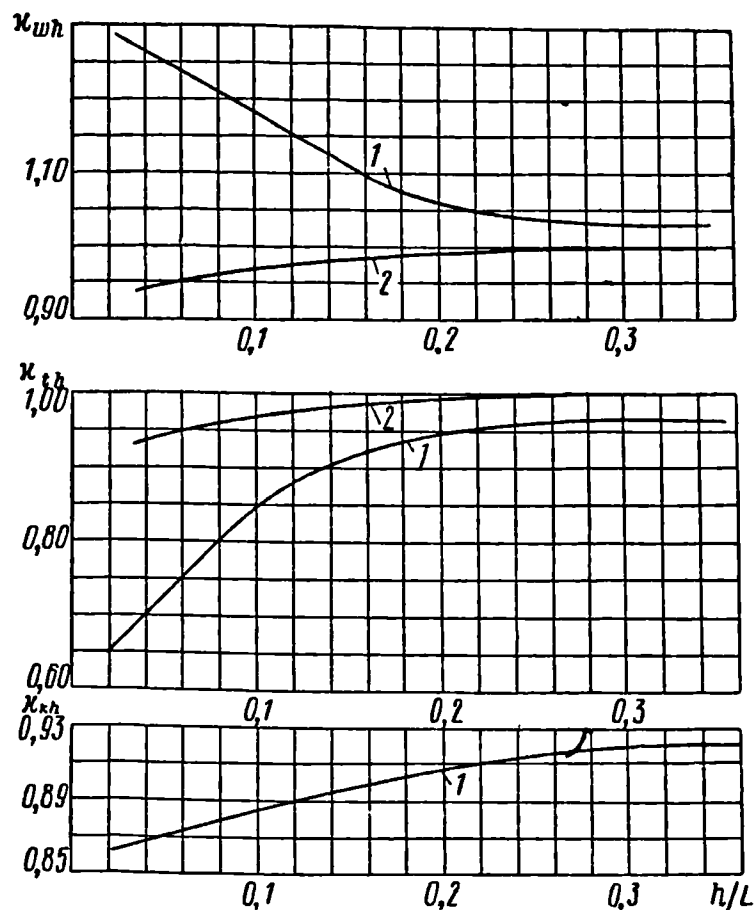


Рис. 3. Зависимости поправочных коэффициентов x_{wh} , x_{th} , x_{kh} от глубины фарватера.

1 — при критической скорости; 2 — при сверхкритической скорости.

На мелководье взаимное влияние общепринятых коэффициентов взаимодействия весьма существенно. Поэтому для оценки пропульсивного коэффициента на мелководье в области критических скоростей по данным систематических модельных испытаний потребовалось ввести поправочный коэффициент x_{kh} (см. рис. 3, внизу):

$$\eta_h = \frac{1 - t_\infty}{1 - w_\infty} \frac{x_{th}}{x_{wh}} x_{kh} \eta_p.$$

На рис. 4 показаны ходовые характеристики быстроходного водоизмещающего речного судна, рассчитанные как с учетом, так и без учета влияния мелководья на взаимодействие гребного винта с корпусом.

При проектировании водоизмещающих речных судов со сверхкритическими скоростями большое внимание должно уделяться улучшению проходимости судов на малых глубинах. Возможны два опасных случая эксплуатации судов (см. рис. 1). Первый из них — переход критической зоны на малой глубине, второй — движение со сверхкритической скоростью по мелководному фарватеру, значительно превосходящему статическую осадку судна. Опасность последнего случая объясняется тем, что несмотря на среднее всплытие в сверхкритической зоне из-за одновременного увеличения угла

дифферента, возможно касание дна водоема кормовой оконечностью судна. Для улучшения проходимости судов в сверхкритической зоне следует про-

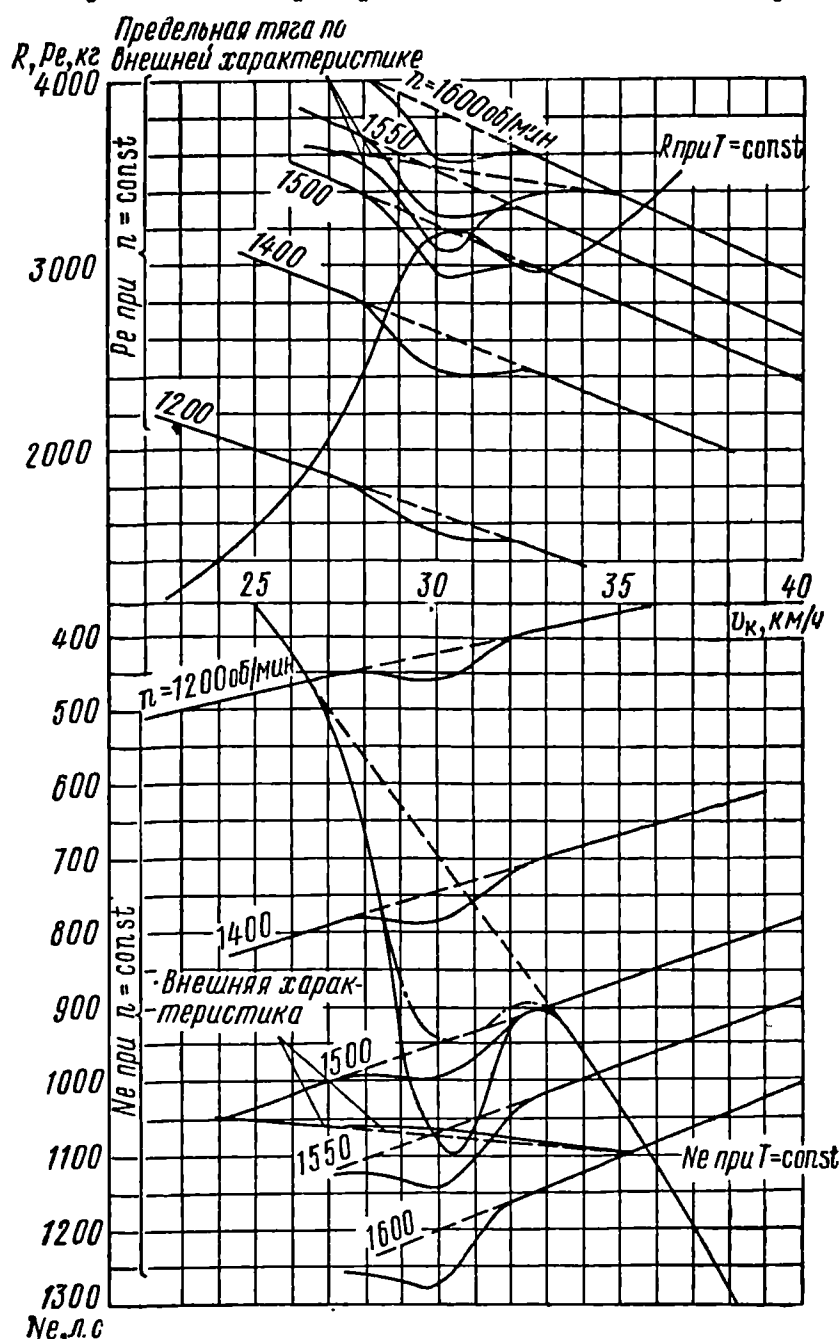


Рис. 4. Ходовые характеристики водоизмещающего судна со сверхкритической скоростью.

— — — на глубокой воде; ————— с учетом влияния мелководья на сопротивление воды и взаимодействие движителя с корпусом; — — — с учетом влияния мелководья на сопротивление воды.

изводить продольную профилировку корпуса в кормовой оконечности.

Приведенные выше результаты были подтверждены натурными испытаниями первого опытного речного теплохода со сверхкритической скоростью «Экспериментальный-1» (рис. 5), созданного коллективами ЛИВТа и Центрального технико-конструкторского бюро МРФ. Теплоход водоизмещением около 50 т с 84 пассажирами на борту имеет осадку 0,75 м и развивает скорость около 35 км/ч при различных глубинах фарватера. В 1971 г. судно успешно закончило опытную эксплуатацию на пригородной линии Казанского речного порта протяженностью 80 км, из них 20 км по Волге и 60 км по реке Свияге. Последняя имеет перекапы глубиной около 1 м и

крутые повороты. Экспериментально-теоретические исследования и результаты натурных испытаний первого опытного судна позволили выявить основные качества судов со сверхкритическими скоростями: способность сохранять практически постоянную скорость (35—60 км/ч) на различных глубинах; способность преодолевать глубины около 1 м; хорошие мореходные качества в условиях волнения.

Суда такого типа эксплуатируются в переходном режиме движения от плавания к глиссированию, причем в условиях ограниченного фарватера возникают специфические явления, связанные с влиянием мелководья на гидродинамические характеристики судов. С целью обеспечения хороших мореходных качеств этих судов соотношения главных размеров выбираются таким образом, чтобы не допустить возникновения эффекта глиссирования в переходном режиме. Для этого суда должны иметь большое относительное удлинение корпуса.

При создании однокорпусных водоизмещающих судов со сверхкритическими скоростями увеличение относительного удлинения корпуса приводит к уменьшению их остойчивости, т. е. к возникновению барьера остойчивости. Преодолеть барьер остойчивости можно путем использования многокорпусного судна, простейшим вариантом которого является катамаран. В настоящее время заканчивается проектирование быстроходного двухкорпусного речного судна со сверхкритической скоростью. Это судно водоизмещением около 90 т будет иметь осадку 0,9 м и развивать скорость при различных глубинах фарватера свыше 40 км/ч.

Переход к многокорпусным конструкциям является весьма перспективным. Двухкорпусные суда (катамараны) нашли уже сравнительно широкое распространение. Преимущества пассажирского катамарана (возможность создания больших комфортабельных пассажирских салонов, повышение остойчивости) оказываются в некоторых случаях решающими. Тем не менее с точки зрения ходкости катамаранный вариант быстроходного водоизмещающего судна не является лучшим.

Как показали результаты отечественных и зарубежных исследований при движении судов с высокими относительными скоростями, взаимное влияние корпусов катамаранов неблагоприятно. Сопро-

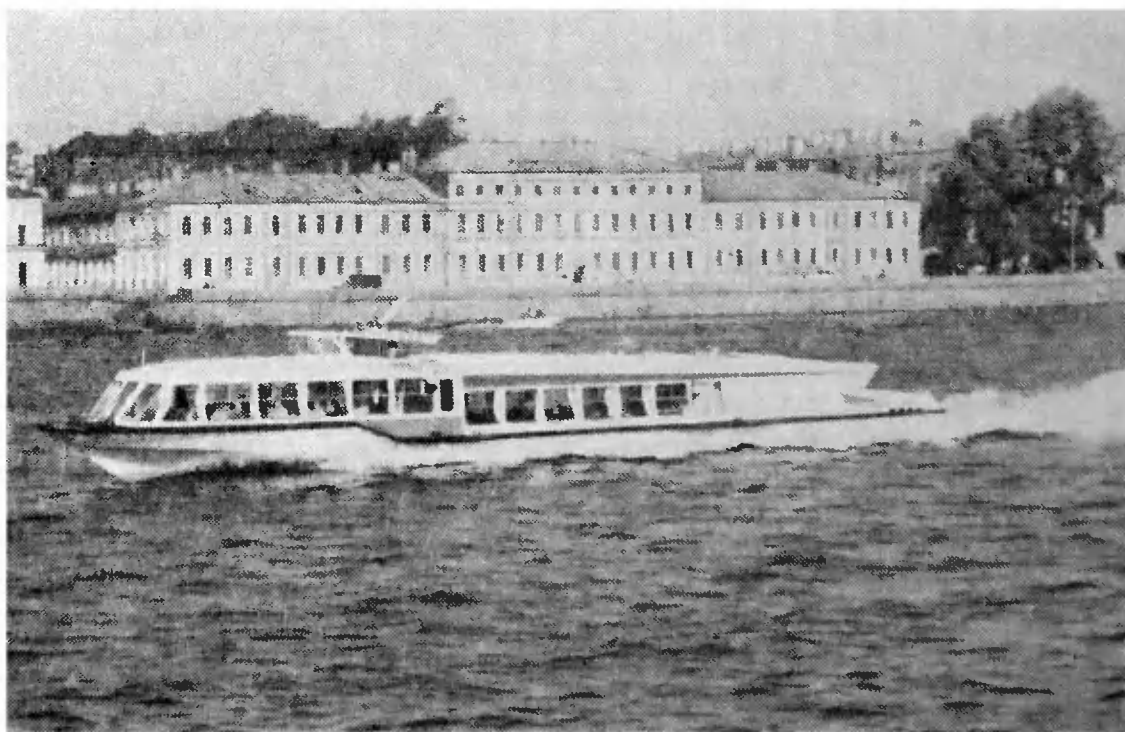


Рис. 5. Речной теплоход со сверхкритической скоростью «Экспериментальный-1».

тивление катамарана в сверхкритической зоне всегда больше, чем сопротивление однокорпусного судна равного водоизмещения, имеющего такое же относительное удлинение корпуса. Дальнейшее совершенствование быстроходных водоизмещающих речных судов целесообразно осуществлять путем перехода к специальным многокорпусным конструкциям. Однако отсутствие опыта не позволяет в настоящее время дать окончательный ответ на вопрос об оптимальном варианте многокорпусной конструкции.

Принципиальная схема многокорпусного судна, позволяющая сочетать преимущества однокорпусного судна и катамарана, представляется в виде трехкорпусного судна, состоящего из основного центрального корпуса и двух дополнительных боковых

корпусов. Более высокие мореходные качества трехкорпусного судна по сравнению с катамараном были подтверждены экспериментально [2]. Представляются также весьма актуальными исследования ходкости, мореходности, прочности, весовой нагрузки и многих других специфических вопросов, относящихся к многокорпусным судам, предназначенным для эксплуатации со сверхкритическими скоростями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Басин А. М., Минин И. Я. Теория и расчет гребных винтов. Л., Судпромгиз, 1963.
2. Lackenby H., Slater C. The Case of Multihull Ships with Particular Reference to Resistance Characteristics. Trans. of the Society of Naval Archit. and Marine Eng., 1969.

ОЦЕНКА ОСТОЙЧИВОСТИ СУДНА, ДВИЖУЩЕГОСЯ НА ПОПУТНОМ ВОЛНЕНИИ

Ю. И. Нечаев

УДК 629.12.073

Оценка остойчивости судов на продольном, особенно на попутном волнении, относится к одной из наиболее важных проблем безопасности мореплавания. Сложность получения строгого теоретического решения задачи об остойчивости судна на волнении вынуждает прибегать к эксперименту и путем анализа экспериментальных данных разрабатывать расчетные методики. Таким путем, в частности, удалось разработать методику расчета остойчивости судна, движущегося на вершине попутной волны [1]. Проверка этой методики в опытовых бассейнах показала, что в большинстве случаев она дает удовлетворительное совпадение расчетных данных с экспериментальными. Однако предложенная методика применима к частному случаю — положению судна на вершине волны. Кроме того, она базировалась на результатах испытаний довольно малочисленной серии моделей (14 шт.). Новые экспериментальные данные и результаты дополнительных испытаний по более строгой методике позволили создать способ расчета, позволяющий составить представление о непрерывном изменении восстанавливающего момента на продольном волнении.

Предлагаемый способ базируется на результатах испытаний, полученных при буксировке относительно неподвижного волнового профиля в гидродинамическом лотке 28 моделей промысловых и транспортных судов. В качестве дополнительных материалов использовались данные испытаний, находящиеся в распоряжении ИМКО. Анализ всех материалов проводился на ЭЦВМ «Минск-22» и выполнялся отдельно для положений судна на подошве и на вершине волны. При этом относительное приращение плеча остойчивости на волнении W

рассматривалось зависящим от следующих параметров: $W = \Delta l(\theta) B = f(L/B, B/T, H/T, \chi, \varphi, \lambda/L, h_w/\lambda, Fr, \theta)$,

где L, B, T и H — главные размерения судна; $\chi = \delta/\alpha$ и $\varphi = \delta/\beta$ — коэффициенты вертикальной и продольной полноты;

λ и h_w — длина и высота волны;

$Fr = v/\sqrt{gL}$ — число Фруда;

θ — угол крена.

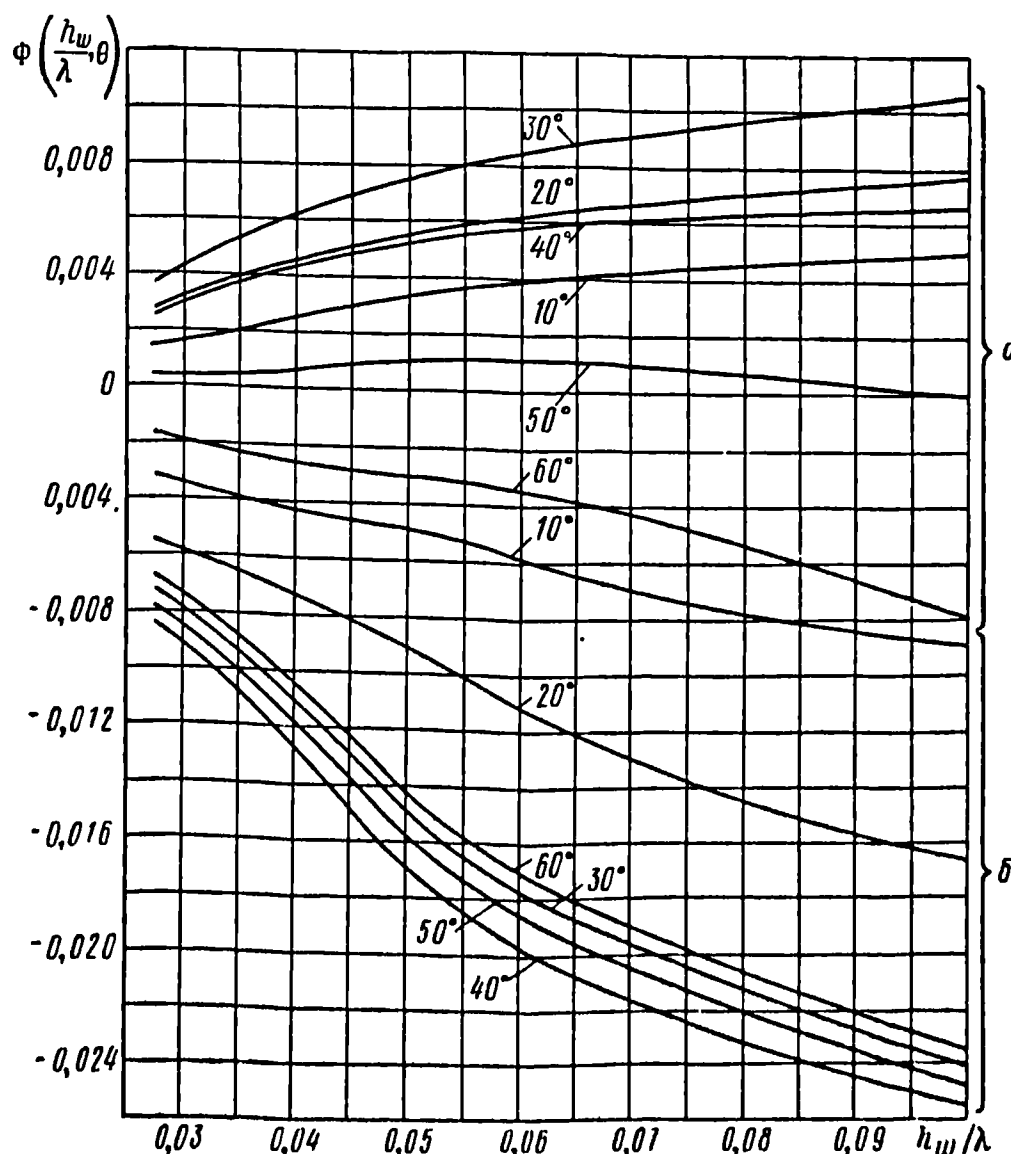


Рис. 1. Кривые $\Phi(h_w/\lambda, \theta)$ для стандартной модели: а — на подошве волны; б — на вершине волны.

Объем экспериментального материала позволил для постоянных значений λ/L , h_w/λ и θ составить 140 уравнений, каждое из которых представляло собой разложение функции $W = \Delta l(\theta)/B$ в ряд Тейлора, включая все члены второго порядка. В этих

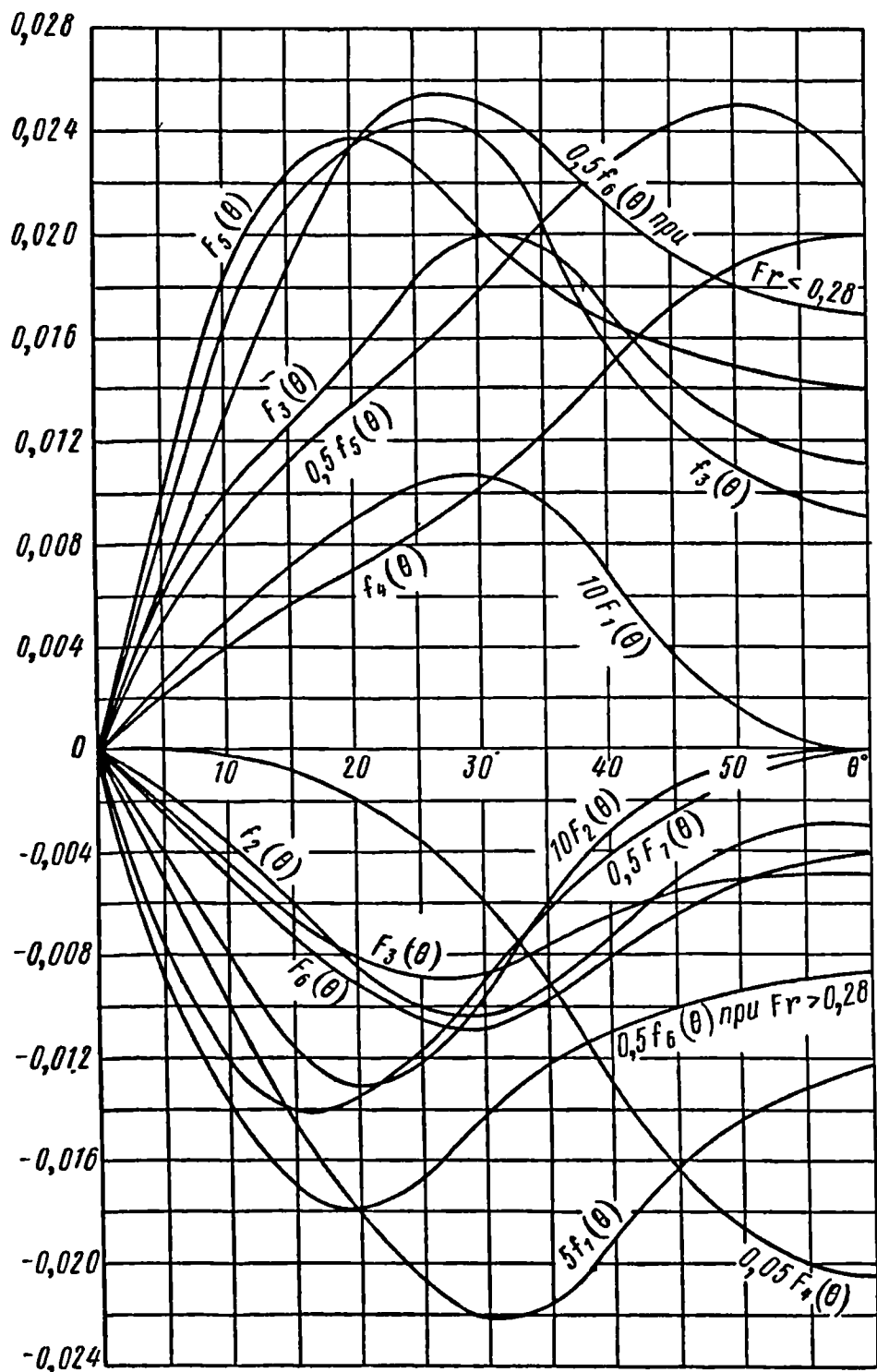


Рис. 2. Функции $f_m(\theta)$ и $F_n(\theta)$ при положении судна на вершине волны.

уравнениях приращения $\Delta(L/B)$, $\Delta(B/T)$, ..., $\Delta\phi$ характеризуют отклонение параметров формы корпуса рассматриваемой модели от стандартной. Стандартная модель выбрана такой, чтобы соотношения ее главных размерений и коэффициенты полноты находились в середине возможного диапазона изменения параметров формы корпуса различных судов. Стандартное число Фруда принято равным 0,28. Коэффициенты уравнений определялись методом наименьших квадратов. Анализ показал, что часть коэффициентов, характеризующих члены второго порядка, ничтожно мала и ими можно пренебречь.

В окончательном виде предлагаемая методика расчета устойчивости судов на попутном волнении состоит в следующем. Плечо статической устойчивости судна при движении на волнении определяется как сумма

$$l(\theta)_w = l(\theta) + \Delta l(\theta)_w,$$

где $l(\theta)$ — плечо статической устойчивости, определенное обычным расчетом для больших углов крена;

$\Delta l(\theta)_w$ — приращение, вызванное влиянием волнения.

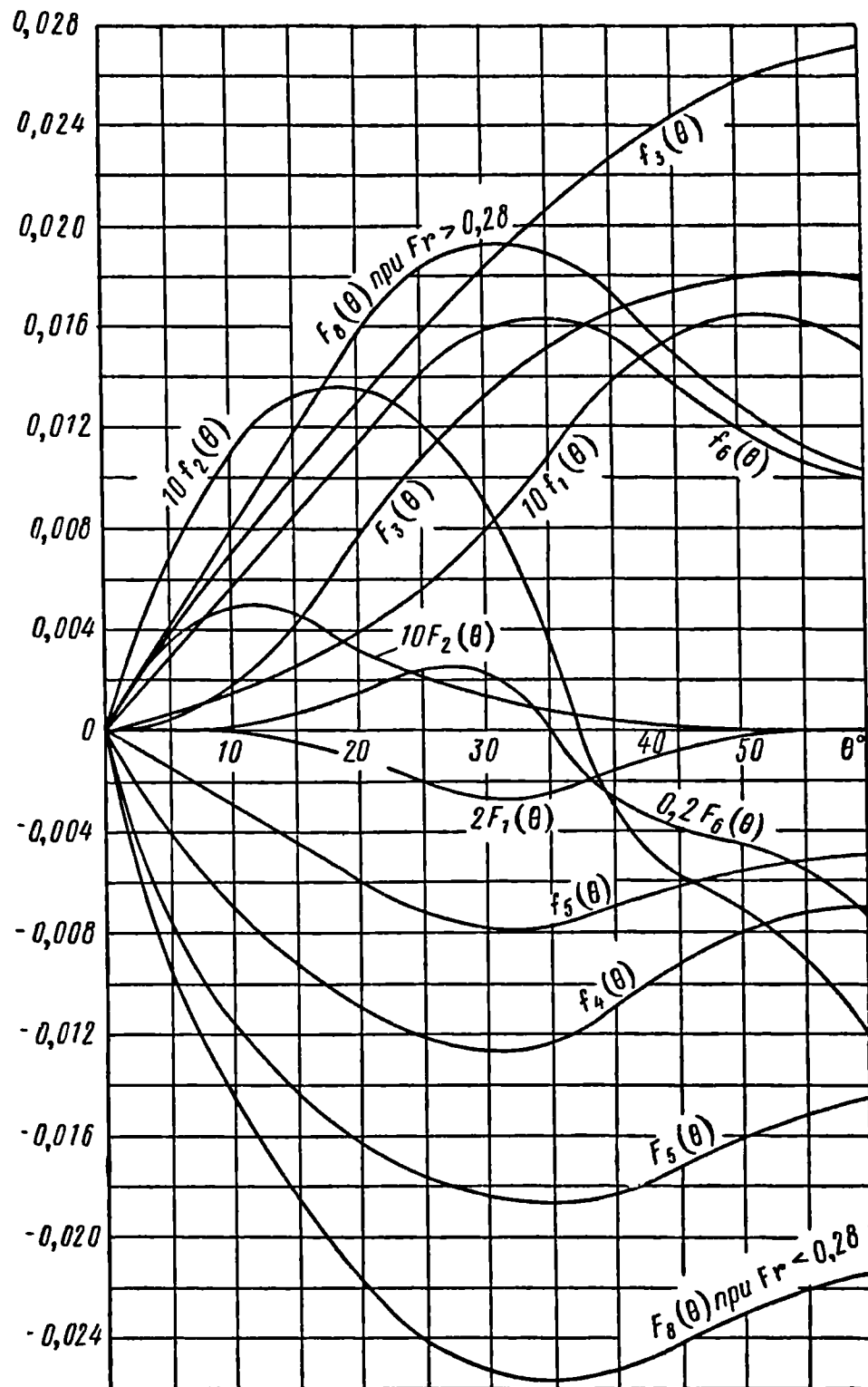


Рис. 3. Функции $f_m(\theta)$ и $F_n(\theta)$ при положении судна на подошве волны ($F_4(\theta) = F_7(\theta) = 0$).

Для определения приращения $\Delta l(\theta)_w$ в диапазоне углов крена до 60° используется следующая формула:

$$\Delta l(\theta)_w = B \left[\Phi(h_w/\lambda, \theta) + \sum_{m=1}^6 A_m f_m(\theta) + \sum_{n=1}^8 B_n F_n(\theta) \right].$$

Здесь $\Phi(h_w/\lambda, \theta)$ — функция, характеризующая приращение устойчивости на волнении стандартной модели в зависимости от крутизны волны и угла крена (определяется по рис. 1);

$\sum_{m=1}^6 A_m f_m(\theta)$ — сумма поправок на влияние отклонений характеристик формы корпуса и числа Фруда исследуемого судна для линейных членов разложения;

$\sum_{n=1}^8 B_n F_n(\theta)$ — сумма поправок для квадратичных членов разложения (такое разделение принято для удобства расчета);

$f_m(\theta)$ и $F_n(\theta)$ — функции угла крена, значения которых находятся с помощью рис. 2 и 3 (при этом функция $F_1(\theta)$ учитывается только при $L/B < 4,82$);

B — ширина судна, м.

$$A_1 = L/B - (L/B)_0; A_2 = B/T - (B/T)_0;$$

$$A_3 = H/T - (H/T)_0;$$

$$A_4 = \kappa - \kappa_0; A_5 = \varphi - \varphi_0; A_6 = Fr - (Fr)_0;$$

$$B_1 = A_1^2; B_2 = A_2^2; B_3 = A_3^2; B_4 = A_4^2; B_5 = A_5^2;$$

$$B_6 = \Delta(B/T) \Delta(H/T); B_7 = \Delta(B/T) \Delta\kappa;$$

$$B_8 = \Delta(L/B) \Delta(Fr);$$

$L/B, B/T, H/T, \dots, Fr$ — параметры формы корпуса и число Фруда исследуемого судна;

$(L/B)_0, (B/T)_0, (H/T)_0, \dots, (Fr)_0$ — данные стандартной модели;

$$(L/B)_0 = 4,820; (B/T)_0 = 2,670; (H/T)_0 = 1,300;$$

$$\kappa_0 = 0,700; \varphi_0 = 0,692; Fr = 0,280.$$

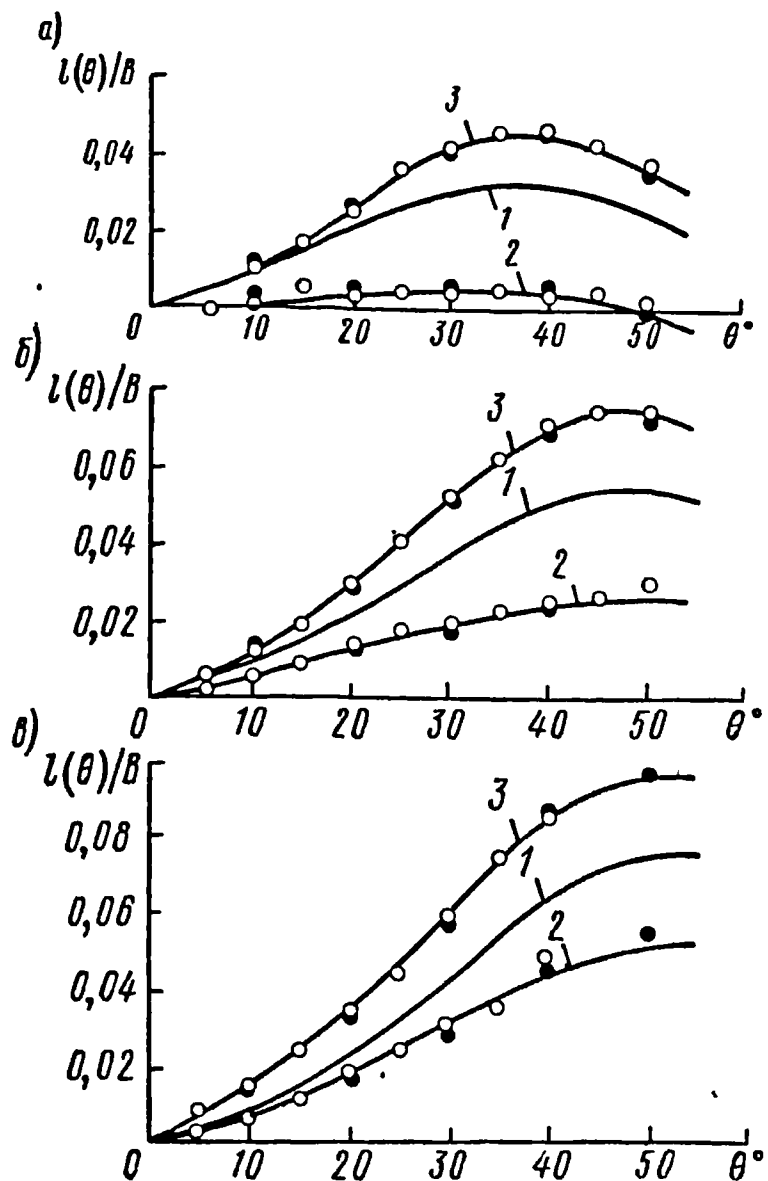


Рис. 4. Диаграммы статической остойчивости судна при $\delta=0,6, B/T=2,4$: а — надводный борт, пониженный на 25%; б — стандартный надводный борт; в — надводный борт, повышенный на 25%.

1 — на тихой воде; 2 — на вершине волны; 3 — на по дошве волны
○ — эксперимент [3]; ● — расчет.

При $L/B \geq 7$ скорость практически не влияет на остойчивость и коэффициенты $f_6(\theta), F_5(\theta)$ и $F_8(\theta)$ следует принимать равными нулю. Влияние скорости не учитывается также при $Fr < 0,23$. В этом случае расчет следует выполнять для $Fr=0,23$.

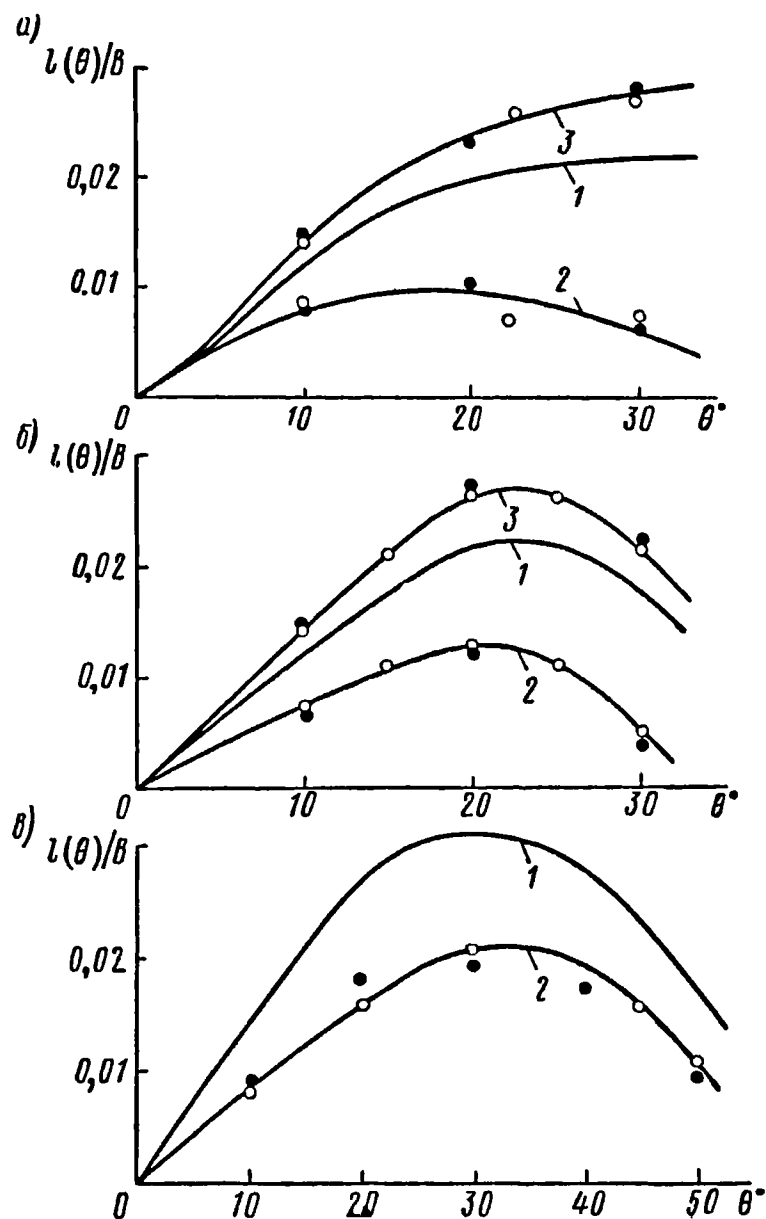


Рис. 5. Диаграммы статической остойчивости: а — грузового судна (по данным Ганновского бассейна [2]); б — рыболовного траулера (по данным ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова [4]); в — танкера (по данным гидроаэродинамической лаборатории Дании [4]).

Обозначения те же, что и на рис. 4.

Формула для $\Delta l(\theta)_w$ позволяет определять приращения $\Delta l(\theta)_w$ промысловых и транспортных судов, имеющих следующие характеристики: $L/B = 3,50-7,50$; $B/T = 2,00-3,30$; $H/T = 1,10-1,70$; $\kappa = 0,55-0,85$; $\varphi = 0,55-0,85$; $Fr = 0,15-0,36$.

При этом отношение λ/L не должно выходить за пределы $0,92-1,15$. Если $\lambda/L > 1,15$, то вплоть до $\lambda/L = 1,3$ вместо отношения h_w/λ следует принимать $h_w/1,15L$, так как в отмеченном диапазоне изменение длины волны мало влияет на остойчивость. Если $\lambda/L < 0,92$, то вплоть до $\lambda/L = 0,75$ приращения, вычисленные по формуле для $\Delta l(\theta)_w$, следует умножать на коэффициент $k=f(\lambda/L)$, значения которого даны в таблице. При этом функция $\Phi(h_w/\lambda, \theta)$ определяется в зависимости от отношения $h_w/0,92L$.

Формула для $\Delta l(\theta)_w$ универсальна в том отношении, что позволяет не только определять экстремальные диаграммы остойчивости, но и получать непрерывное изменение восстанавливающего момента на продольном волнении $M(\theta, t)$ в широком диапазоне чисел Фруда. Действительно, вычислив

Значения коэффициента $k=f(\lambda/L)$

λ/L	0,92	0,90	0,85	0,80	0,75
На вершине волны	1,00	0,95	0,86	0,77	0,63
На подошве волны	1,00	0,95	0,85	0,72	0,57

приращения $\Delta l(\theta)_{в.в}$ и $\Delta l(\theta)_{п.в}$ для вершины и подошвы волны, можно представить функцию $M(\theta, t)$ как сумму двух слагаемых: среднего значения восстанавливающего момента на волнении и гармонически меняющейся надбавки

$$M(\theta, t) = D[l(\theta)_{ср} + \Delta l(\theta) \cos \sigma_k t],$$

где $l(\theta)_{ср} = \frac{1}{2} [l(\theta)_{в.в} + l(\theta)_{п.в}];$

$$\Delta l(\theta) = \frac{1}{2} [\Delta l(\theta)_{в.в} + \Delta l(\theta)_{п.в}];$$

σ_k — кажущаяся частота.

Конструкция и прочность корпуса

МЕТОД РАСЧЕТА СВОБОДНЫХ И ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ НЕПРИЗМАТИЧЕСКИХ КОНСОЛЕЙ

Ю. С. Воробьев, Н. Г. Медведев

УДК 624.072.21.001.24

При расчете параметров вынужденных колебаний различных судовых конструкций последние часто схематически представляются в виде упруго заделанной консоли переменного несимметричного сечения. Задача о вынужденных колебаниях таких консолей решается с использованием уточненной теории изгибно-крутильно-продольных колебаний стержней сложных конструктивных форм [1]. Стержень рассматривается в прямоугольной системе координат x, y, z , начало которой находится в центре масс корневого сечения. Ось z направлена по оси стержня. Все геометрические характеристики стержня, а также модули упругости материала при растяжении и сдвиге могут изменяться вдоль оси z по произвольному закону. Стержень может нести сосредоточенные массы.

Задача о свободных и вынужденных колебаниях такой системы решается модифицированным вариационным методом [2, 3] с использованием ЭЦВМ. Предполагается, что в самом общем случае стержень совершает совместные изгибно-крутильно-продольные колебания, причем имеется в виду пространственный изгиб конструкции. Выражение потенциальной энергии учитывает деформационную

Совокупность кривых $M(\theta, t)$ для фиксированных значений угла крена может быть использована при решении задач, связанных с воздействием на судно внешней кренящей нагрузки в условиях непрерывно меняющейся остойчивости.

В заключение на рис. 4 и 5 представлены сравнительные данные расчетов по формуле для $\Delta l(\theta)_{в}$ и результатов испытаний в различных опытовых бассейнах. Из приведенных графиков видно, что предлагаемая методика во всех случаях дает результаты, удовлетворительно совпадающие с экспериментом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нечаев Ю. И. Приближенный способ расчета остойчивости судна при движении на вершине попутной волны. — Сб. «Теоретические и практические вопросы остойчивости и непотопляемости». Регистр СССР. М.—Л., «Транспорт», 1965.
2. Pauling J. Transverse stability of a ship in longitudinal seaway. — «Journal of ship Research», 1961, № 4.
3. Arndt B., Poden S. Stabilität bei vor- und achterlichem Seegang. — «Schiffstechnik», 1958, B5, H29.
4. Материалы ИМКО по остойчивости судов на волнении (PFV/11, PFV/55, PFV/IX/7/3).

связь различных видов колебаний, несимметрию поперечного сечения, начальную закрутку, влияние сдвига и неравномерности деформации поперечного сечения. В выражении кинетической энергии учитывается несовпадение центров масс и центров изгиба поперечных сечений, силы инерции при поступательных перемещениях сечений в направлениях x, y, z и поворотах сечений относительно этих осей, а также инерция деформации поперечного сечения. Если заделка консоли не является абсолютно жесткой, то к потенциальной энергии деформации стержня необходимо добавить работу моментов и усилий в упругой заделке. Перемещения в корневом сечении предполагаются пропорциональными соответствующим усилиям и моментам [1, 3].

Вариацию работы сил внутреннего трения можно получить, воспользовавшись гипотезой Фохта для зависимостей между напряжениями и деформациями в вязко-упругом материале [3]. Так как затухание в реальных материалах связано с амплитудой деформаций при колебаниях, то для точного учета внутреннего трения можно использовать зависимость [4]

$$\sigma = E \left[\epsilon + \frac{1}{\omega} (\mu_0 + \mu_1 |\epsilon_0| + \mu_2 \epsilon_0^2) \frac{d\epsilon}{dt} \right],$$

где ϵ — продольная деформация;
 ϵ_0 — амплитуда деформации;
 ω — частота колебаний;
 E — модуль упругости;
 t — время;

μ_0, μ_1, μ_2 — коэффициенты затухания.

Аналогичные выражения могут быть записаны для соотношений между касательными напряжениями и деформациями сдвига.

Внешнее воздействие на консоль определяется вариацией работы внешних сил и моментов [3], ко-

которые задаются своими компонентами в системе координат x, y, z (рисунок). Компонентами сосредоточенных сил являются P_x, P_y, P_z , сосредоточенных моментов — M_x, M_y, M_z , распределенной нагрузки — q_x, q_y, q_z , распределенной моментной нагрузки — m_x, m_y, m_z . Все виды внешней нагрузки могут быть представлены гармоническими рядами с произвольными законами распределения по длине консоли амплитуд гармоник и произвольным сдвигом фаз между гармониками:

$$\sum_k g_k(z) e^{i(\omega_k t + \beta_k)},$$

где $\omega_k, g_k(z), \beta_k$ — соответственно, частота, амплитуда и фаза гармоник. В качестве внешнего воздействия может рассматриваться также инерционная нагрузка, вызванная кинематическим возбуждением консоли. Предусмотрена возможность учета сил внешнего демпфирования при взаимодействии консоли со средой. Аппроксимируемыми величинами являются внутренние моменты и усилия, что улучшает сходимость вариационного метода при рассмотрении стержней сложных конструктивных форм.

Аппроксимируемые величины отыскиваются в виде рядов $\sum_j \Phi_j(z) f_j(t)$, где $f_j(t)$ — неизвестные варьируемые функции, а $\Phi_j(z)$ — заданные базисные функции, удовлетворяющие граничным условиям для сил и моментов [3]. Перемещения определяются с помощью интегрирования. При этом в процессе вычислений удовлетворяются условия закрепления, учитывающие податливость заделки в корневом сечении. Таким образом удовлетворяются как силовые, так и геометрические граничные условия, что также обеспечивает лучшую сходимость метода.

Метод с некоторыми изменениями может быть применен для исследования не только консолей, но и стержней с другими видами закрепления. Для этого необходимо изменить базисные функции $\Phi_j(z)$ и постоянные интегрирования при определении перемещений. Следует отметить, что в программе предусмотрена возможность смены блоков вычисления базисных функций и перемещений.

На основании обобщенного вариационного принципа Остроградского—Гамильтона для определения неизвестных функций $f_j(t)$ получена система дифференциальных уравнений, которая в матричной форме записывается в виде

$$A \frac{d^2 f}{dt^2} + B \frac{df}{dt} + Cf = \sum_k (F_{k1} + iF_{k2}) e^{i\omega_k t},$$

где A, B, C — матрицы коэффициентов;

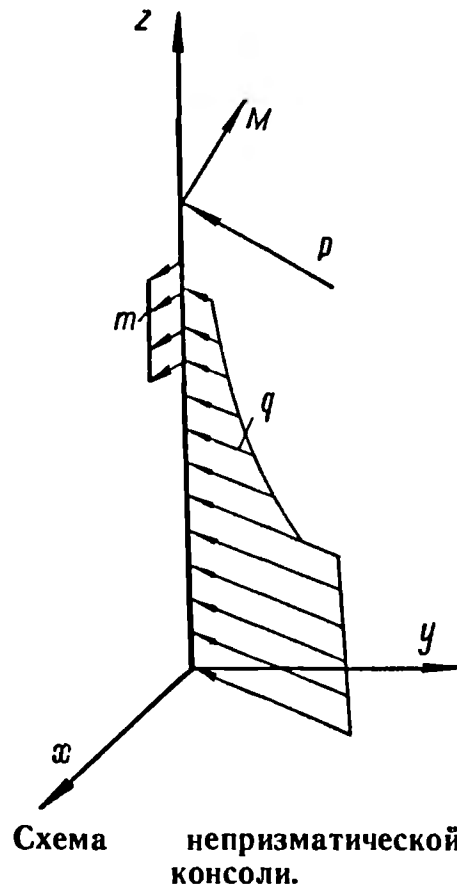
F_{k1}, F_{k2} — матрицы-столбцы правых частей уравнений системы.

Алгоритм метода построен таким образом, что при вычислении элементов всех матриц используется только численное интегрирование, которое может

быть выполнено с заданной точностью. Решение отыскивается в виде ряда

$$f = \sum_k (a_k + ib_k) e^{i\omega_k t}.$$

Если рассматриваются свободные колебания, то задача сводится к проблеме вещественных собственных чисел и векторов матрицы $C^{-1}A$. В качестве результатов выдаются собственные частоты и формы изгибно-крутильно-продольных колебаний консоли, распределения относительных внутренних усилий и моментов по длине стержня и распределение относительных напряжений. При решении задачи о вынужденных колебаниях компоненты a_k и b_k находятся методами линейной алгебры. При использовании нелинейных зависимостей для напряжений задача решается методом последовательных приближений.

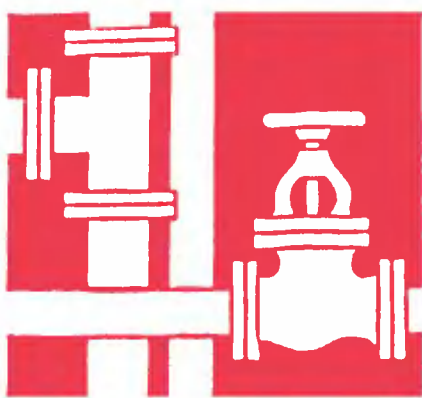


Значения амплитуд деформаций, найденные из предыдущего приближения, подставляются в выражения для σ , после чего находится новое приближение. Все итерации, таким образом, являются решением линейной задачи. Однако в каждом приближении амплитуды деформаций вычисляются при воздействии всех заданных составляющих сил, так как суперпозиция здесь неприменима. В первом приближении демпфирование может определяться по Фохту.

Весь метод реализован в кодах ЭЦВМ «М-20» и на языке АЛГОЛ-60. При расчете консоли на вынужденные колебания результатами расчета являются распределения абсолютных внутренних усилий, моментов и напряжений. Все эти величины являются комплексными. Поэтому вычисляются их модули и фазы. Сдвиг фаз может иметь место как между различными величинами, так и между значениями каждой величины в разных сечениях. В последнем случае по стержню пробегает волна деформаций, которая тем заметнее, чем меньше жесткость конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппов А. П., Булгаков В. И., Воробьев Ю. С., Кантор Б. Я., Марченко Г. А. Численные методы в прикладной теории упругости. Киев, «Наукова думка», 1968.
2. Филиппов А. П., Воробьев Ю. С. Вариационные методы исследования колебаний стержней сложных конструктивных форм. V Международный конгресс по применению математики в технических науках. Веймар, 1969.
3. Филиппов А. П., Воробьев Ю. С. Расчеты на колебания с использованием электронно-вычислительной техники. М., «Машиностроение», 1971.
4. Филиппов А. П. Колебания деформируемых систем. М., «Машиностроение», 1970.



УВЛАЖНЕНИЕ ВОЗДУХА В СУДОВЫХ КОНДИЦИОНЕРАХ С ПОМОЩЬЮ ВЕНТИЛЯТОРОВ

С. В. Рыжков, В. А. Куличенко,
Ю. А. Половец

УДК 629.12.06:628.84

Совершенствование судовых комфортных кондиционеров вызывает необходимость разработки высокоэффективных и малогабаритных водяных увлажнителей. В отраслевой научно-исследовательской лаборатории теплообмена Николаевского кораблестроительного института на специальном стенде исследована возможность использования центробежных вентиляторов для целей водяного увлажнения воздуха в судовых кондиционерах [1].

Увлажнение воздуха путем подачи воды в вентилятор характеризуется большой сложностью гидродинамической обстановки и протекающих процессов тепло- и массообмена. Наибольшее влияние на процесс увлажнения оказывают параметры обрабатываемого воздуха, температура распыляемой воды и коэффициент орошения, конструктивные особенности вентилятора и окружная скорость его крылатки, тепло, выделяющееся в вентиляторе. Для оценки эффективности увлажнительных устройств используем понятие о предельном влагосодержании, которое соответствует равновесному состоянию системы «распыленная вода—воздух с учетом подведенного тепла» (в данном случае выделившегося в вентиляторе). Предельное влагосодержание может быть найдено из уравнения теплового баланса. Его значения определяются начальным состоянием воздуха и воды, подведенным теплом и не зависят от протекающих тепло- и массообменных процессов.

Глубину увлажнительного процесса целесообразно оценивать отношением действительного приращения влагосодержания воздуха к предельно возможному, т. е. относительным увлажнением

$$\frac{\Delta d}{\Delta d_{\text{пр}}} = \frac{d_k - d_n}{d_{\text{пр}} - d_n},$$

где d_n и d_k — влагосодержание воздуха на входе и выходе из увлажнительного устройства;

$d_{\text{пр}}$ — предельное влагосодержание воздуха.

Результаты опытов обрабатывались в соответствии с зависимостью

$$\frac{\Delta d}{\Delta d_{\text{пр}}} = f\left(b \frac{u - w_v}{u + w_v}\right),$$

где u — окружная скорость крылатки вентилятора, м/с;

w_v — среднерасходная скорость воздуха в выходном патрубке вентилятора, м/с;

b — коэффициент орошения, кг воды/кг воздуха.

Результаты опытов с присоединенным к вентилятору переходным патрубком и каплеуловителем показывают (рис. 1), что относительное увлажнение резко возрастает с увеличением комплекса $\left(b \frac{u - w_v}{u + w_v}\right)$ до значений 0,02. В дальнейшем темп роста замедляется и, начиная со значений 0,05—0,06, кривая относительного увлажнения почти по линейному закону приближается к предельному значению, т. е. к единице.

Во всех опытах проявилась характерная зависимость абсолютного приращения влагосодержания от коэффициента орошения, производительности вентилятора и температуры впрыскиваемой воды (рис. 2). Как видно из рисунка, при одинаковом расходе воздуха влагосодержание возрастает по мере увеличения коэффициента орошения и повышения температуры воды. В случае 50%-ной производительности вентилятора наблюдается меньшая интенсивность роста влагосодержания, чем в номинальном режиме. Однако абсолютное приращение влагосодержания при одинаковых режимах орошения более значительно в опытах с меньшей производительностью, что объясняется увеличением времени контакта распыленной воды с воздухом.

Результаты исследования увлажнительной системы, в которой между переходным патрубком и каплеуловителем устанавливался теплообменник с коэффициентом оребрения 13, показаны на рис. 3.

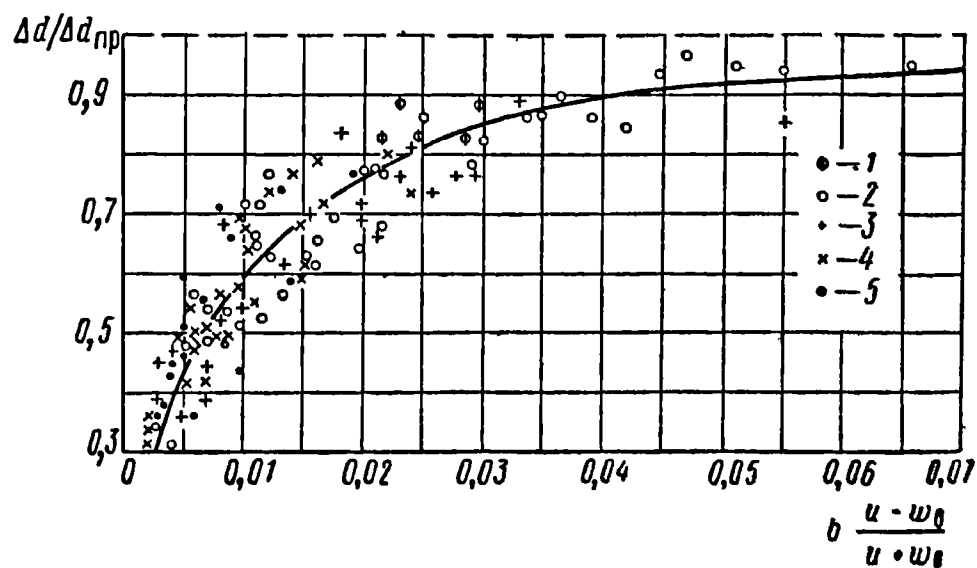


Рис. 1. Характер изменения относительного увлажнения воздуха.

1 — производительность вентилятора (23—33%); 2 — (34—43%); 3 — (53—63%); 4 — (73—83%); 5 — (84—100%).

Капли воды, выносимые из вентилятора, вместе с воздухом попадают в «холодный» теплообменник, который можно рассматривать как «орошаемый слой». По такой схеме работают судовые кондиционеры в зимний период, когда отключен воздухоохладитель, установленный перед нагревателем воздуха.

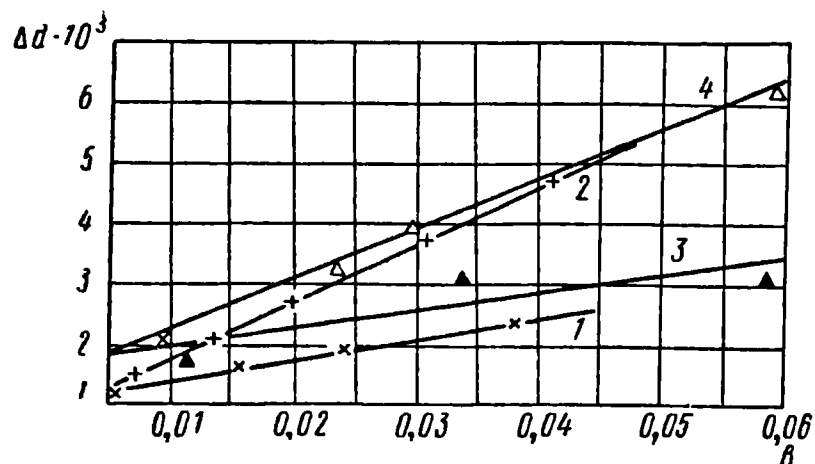


Рис. 2. Изменение увлажнения воздуха при различных температурах воды и производительности вентилятора.

1 — $t_{\text{воды}} = 15^\circ\text{C}$, $V = 100\%$; 2 — $t_{\text{воды}} = 60^\circ\text{C}$, $V = 100\%$; 3 — $t_{\text{воды}} = 15^\circ\text{C}$, $V = 50\%$; 4 — $t_{\text{воды}} = 60^\circ\text{C}$, $V = 50\%$.

Результаты экспериментов с увлажнительной системой «вентилятор—патрубок—теплообменник—каплеуловитель» обрабатывались с помощью описанных выше комплексов. Скорость набегающего потока перед теплообменником изменялась от 2 до 9 м/с. Построенные графики (см. рис. 1, 3) показывают, что выбранные комплексы, главным образом характеризующие процессы увлажнения воздуха в вентиляторе, удовлетворительно охватывают все многообразие процессов в увлажнительной системе. Это свидетельствует о том, что значение орошаемых теплообменников по сравнению с вентилятором относительно невелико. Установлено,

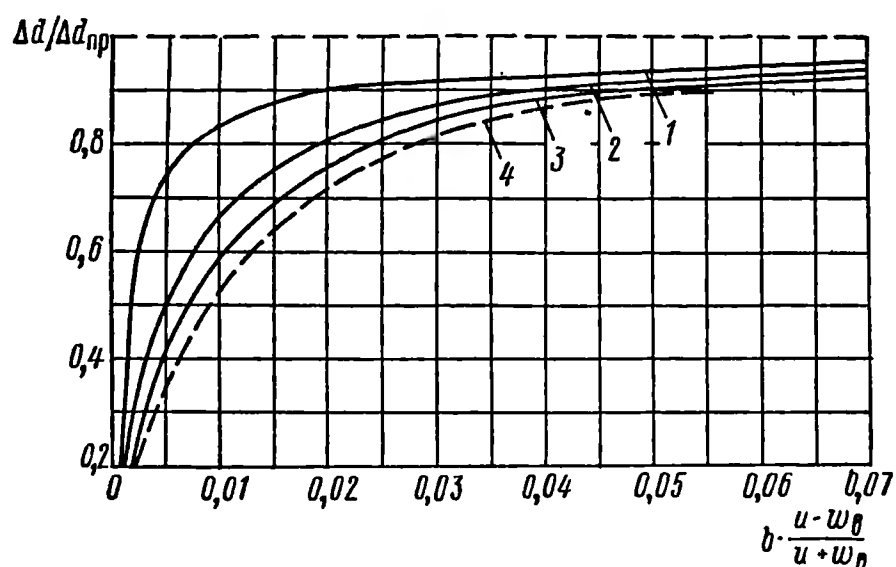


Рис. 3. Изменение относительного увлажнения воздуха в зависимости от выбранной системы.

1 — вентилятор—переходный патрубок—шестирядный теплообменник—каплеуловитель; 2 — вентилятор—переходной патрубок—двухрядный теплообменник—каплеуловитель; 3 — вентилятор—переходной патрубок—каплеуловитель; 4 — собственно вентилятор.

что температура воды в выходном патрубке вентилятора независимо от ее начальных значений практически равна температуре «мокрого» термометра. Вследствие этого в патрубке, необогреваемом теплообменником и каплеуловителе процессы увлажнения протекают в адиабатических условиях. Следует

иметь в виду, что коэффициент орошения непосредственно перед теплообменником в 2—3 раза меньше, чем в вентиляторе. При одинаковых значениях комплекса $\left(b \frac{u-w_0}{u+w_0}\right)$ относительное увлажнение более значительно в системе с шестирядным теплообменником. Однако по мере роста этого комплекса увлажнительные свойства систем с различными теплообменниками выравниваются.

С целью выяснения влияния впрыска воды на характеристики вентилятора были проведены спе-

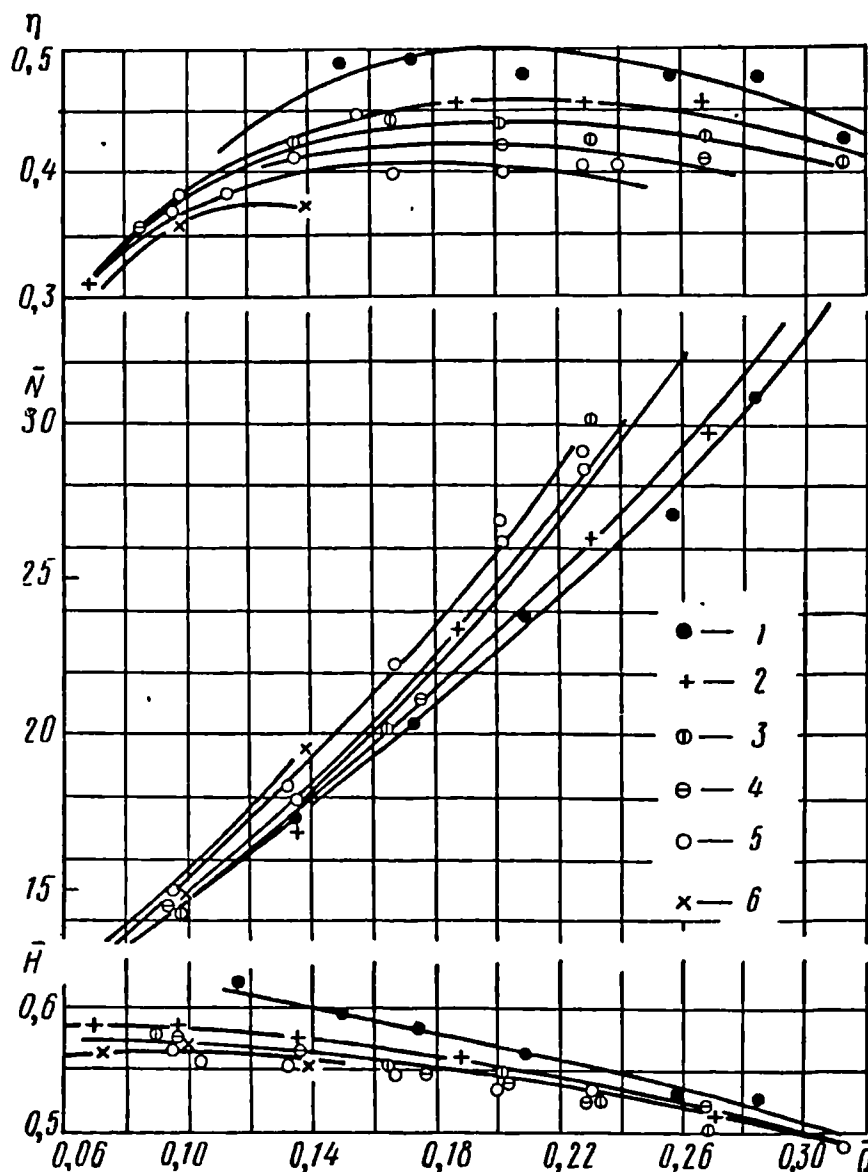


Рис. 4. Зависимость характеристик вентилятора от коэффициента орошения.

1 — $b = 0$; 2 — $b \approx 0,02$; 3 — $b \approx 0,04$; 4 — $b \approx 0,05$; 5 — $b \approx 0,06$; 6 — $b \approx 0,1$.

циальные опыты, результаты которых показаны на рис. 4. Обработка опытных данных производилась при помощи безразмерных характеристик:

коэффициента расхода

$$\bar{Q} = \frac{V}{Fu},$$

где V — объемный расход воздуха;

$F = \frac{\pi D_k^2}{4}$ — площадь крылатки вентилятора;

D_k — наружный диаметр крылатки; коэффициент напора

$$\bar{H} = \frac{H}{\rho u^2},$$

где H — полный напор вентилятора;

ρ — плотность воздуха;

коэффициента мощности

$$\bar{N} = \frac{N}{u^3 \rho F},$$

где N — мощность, потребляемая электродвигателем;

коэффициента полезного действия

$$\eta = \frac{VH}{3,68 \cdot 10^5 N}$$

Номинальное значение $\bar{Q}$ для испытываемого вентилятора равно 0,275. На этом режиме работы

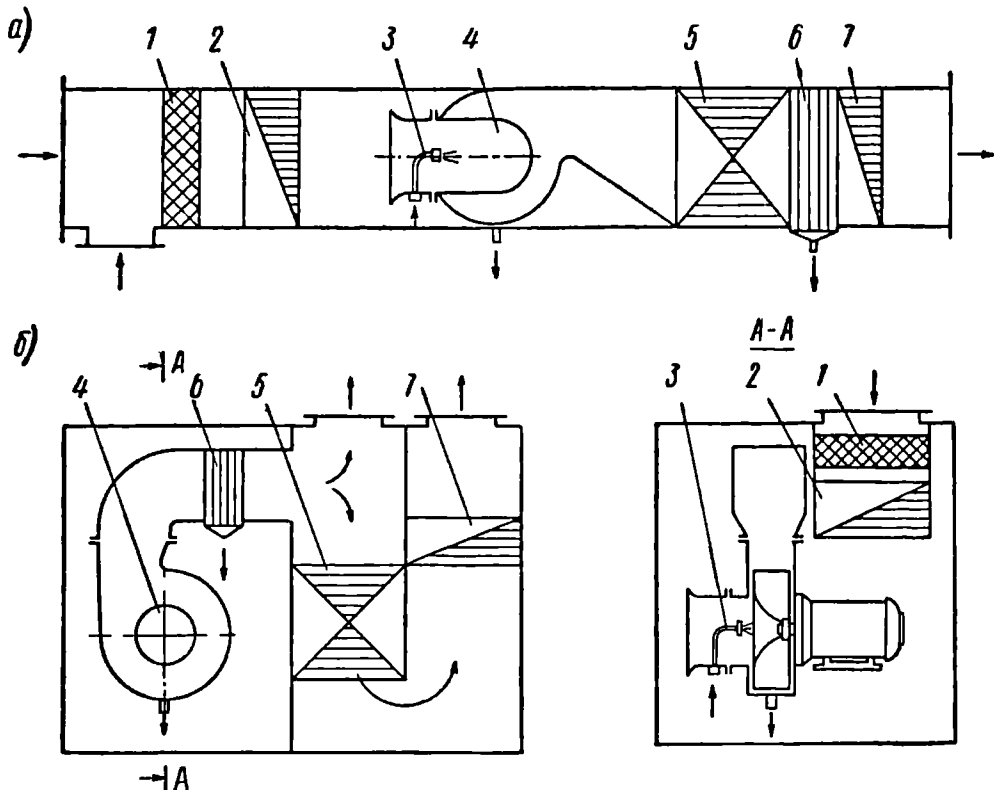


Рис. 5. Схемы судовых кондиционеров, в которых использованы вентиляторы для целей водяного увлажнения: а — центральный проточный кондиционер; б — однотипные центральные кондиционеры («Бриз», «Муссон»).

1 — фильтр; 2 — воздухонагреватель первой ступени; 3 — распылитель воды; 4 — электровентилятор; 5 — воздухоохладитель; 6 — каплеуловитель; 7 — воздухонагреватель второй ступени.

при коэффициенте орошения 0,05 характеристики вентилятора (см. рис. 4) изменяются следующим образом: $\bar{N}$ снижается примерно в 1,03 раза, η на 7,5%, а $\bar{N}$ повышается в 1,14 раза.

Из анализа полученных данных следует, что аэродинамические характеристики вентилятора при коэффициентах орошения, меньших 0,05, изменяются незначительно. Однако потребляемая мощность вентилятора возрастает, поскольку часть ее затрачивается на распыление воды. Вскрытие вентилятора после 1000 ч работы с впрыском воды из городского водопровода не показало заметного ухудшения проточной части крылатки. На поверхности крылатки образовались смываемые водой отложения.

ОБЗОР ИНОСТРАННЫХ ЖУРНАЛОВ

BUDOWNICTWO OKRETOWE, 1971 (№ 4—6, апрель—июнь). В апрельском номере журнала помещена статья о постройке на Гдыньской верфи углерудовоза водоизмещением ~ 70 000 т «Манифест Липцовы». Судно построено блочным методом и состыковано из двух половин в доке. При стыковке выдерживался зазор 3—4 мм, а неточности разъема по периметру стыка не превышали 4 мм. Монтаж и сварка стыка заняли 5 дней, а весь цикл сборки, включая окраску, — 14 дней. Следует отметить, что надстройка судна, полностью изготовленная на площадке, примыкающей к доку, устанавливалась после погрузки и монтажа главных и вспомогательных механизмов за несколько дней до спуска судна. В статье о построении и применении математических моделей дается методика выбора моделей и проведения статистических анализов. Приведено описание оригинального аналитического ме-

Применение рассмотренного метода водяного увлажнения воздуха не вносит существенных изменений в типовые схемы современных судовых кондиционеров. В проточных кондиционерах (рис. 5, а) необходимо обеспечить подвод воды к патрубку с распылителем. В однотипных кондиционерах «Бриз», «Муссон» и т. п. [2] наряду с распылительным патрубком следует предусмотреть установку каплеуловителя 6 (рис. 5, б) непосредственно за вентилятором с целью предотвращения распространения капель воды в последующие элементы системы.

Подача воды на крылатку вентилятора позволяет применять в качестве распылителей надежные форсунки грубого распыла и осуществлять простую автоматизацию процесса увлажнения воздуха путем изменения количества подаваемой воды. Кроме того, на режимах вентиляции подача воды в вентилятор позволяет значительно снизить в нем подогрев воздуха.

Выводы

1. Метод увлажнения воздуха путем подачи воды в вентилятор форсунками грубого распыла надежен, позволяет осуществить сравнительно простую автоматизацию процесса, не вносит существенных изменений в типовые схемы судовых кондиционеров.

2. Увлажнение воздуха на 6—8 г/кг при начальном влагосодержании 0,5—1 г/кг достигается при коэффициенте орошения 0,05—0,06 и температуре распыливаемой воды 55—65° С. Распыление воды в вентилятор позволяет исключить подогрев в нем воздуха на режимах вентиляции, когда не требуется обработка воздуха.

3. Аэродинамические характеристики вентилятора при малых коэффициентах орошения (0,05—0,06) изменяются незначительно. Рост потребляемой мощности объясняется затратами ее на распыление воды и на транспортировку капель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыжков С. В., Куличенко В. А., Половец Ю. А. Экспериментальный стенд для исследования водяных увлажнителей воздуха. — Труды НКИ, вып. 42, 1971.
2. Захаров Ю. В., Андреев Л. М. Оборудование судовых систем кондиционирования воздуха. Л., «Судостроение», 1971.

тогда расчета статических нагрузок грузовых двухтопентных стрел.

В майском номере журнала помещена программная статья Генерального директора объединения судостроительных предприятий Польши Станислава Скробота, в которой представлена программа развития польского судостроения в 1971—1975 гг. Эта программа предусматривает доведение годового выпуска судов до одного миллиона тонн дедвейта, причем изменится структура судостроения — постройка традиционных типов сухогрузных судов будет закончена в 1972 г. На смену им придут контейнеровозы, пакетовозы, углерудовозы новых типов, танкеры водоизмещением 120—130 тыс. т и др. Предполагается, что польское судостроение сохранит характер экспортного производства: по-прежнему до 70—80% продукции предназначается на экспорт, причем основным заказчиком остается Советский Союз. Будут также в значительной степени работать на экспорт предприятия судового машиностроения. (Продолжение на стр. 29).

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ВОЗДУШНОГО ОБТЕКАНИЯ ШТАБЕЛЯ ГРУЗА В РЕФРИЖЕРАТОРНОМ ТРЮМЕ

В. В. Стефанович, Б. В. Комарницкий

УДК 621.573.001.4:629.123.44

Как известно, на рефрижераторных судах большое распространение имеют воздушные системы охлаждения трюмов. На энергетические характеристики этих систем наиболее значительное влияние оказывает величина аэродинамического сопротивления штабеля груза, которое зависит от загрузки трюма, степени сплошности штабеля и от формы и размеров составляющих груза. Определение коэффициента аэродинамического сопротивления груза (λ) в зависимости от указанных факторов необходимо для правильного проектирования систем охлаждения, а также для возможности выбора их рационального режима работы.

Основным для рефрижераторных грузов является ящикный вид упаковки. Движение воздуха в штабеле ящикного груза можно рассматривать как течение его в шероховатых щелях или трещинах переменного сечения. По данным работ [1], [2], такую среду допустимо рассматривать как разновидность пористой (зернистой) среды, а движение воздуха в щелях — как один из случаев фильтрации. Таким образом, штабель груза можно считать подобным зернистому слою, а расчет его аэродинамического сопротивления — вести по формуле, предложенной в работе [3]:

$$\Delta p = \lambda \frac{\rho u^2}{8} \frac{a}{\epsilon^3} l. \quad (1)$$

По аналогии с гидравлическим сопротивлением трубопроводов можно записать

$$d_3 = \frac{4\epsilon}{a}; \quad v = \frac{u}{\epsilon}.$$

Тогда уравнение (1) преобразуется в вид

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{d_3} \frac{\rho v^2}{2},$$

где Δp — перепад давлений в слое конечной длины, кгс/м²;

v — истинная скорость воздуха в межгрузовом пространстве, м/с;

u — скорость воздуха в расчете на полное сечение штабеля груза (скорость фильтрации), м/с;

ϵ — степень сплошности, т. е. доля свободного объема штабеля, м³/м³;

a — удельная поверхность единицы объема штабеля, м²/м³;

d_3 — эквивалентный диаметр воздушного канала, м.

Экспериментальное определение коэффициента λ для штабеля ящикного груза проводилось на установке, подробно описанной в работе [4]. Макет рефрижераторного трюма с горизонтальной воздушной системой охлаждения загружался деревянными

ми параллелепипедами, имитирующими ящикный груз и имеющими размеры 56×25×25 и 56×50×25 мм. Система подачи воздуха обеспечивала равномерное продувание штабеля. Давления измерялись микроманометрами, а расход — трубкой Вентури. Максимальный перепад давлений в штабеле составлял 0,09 м.

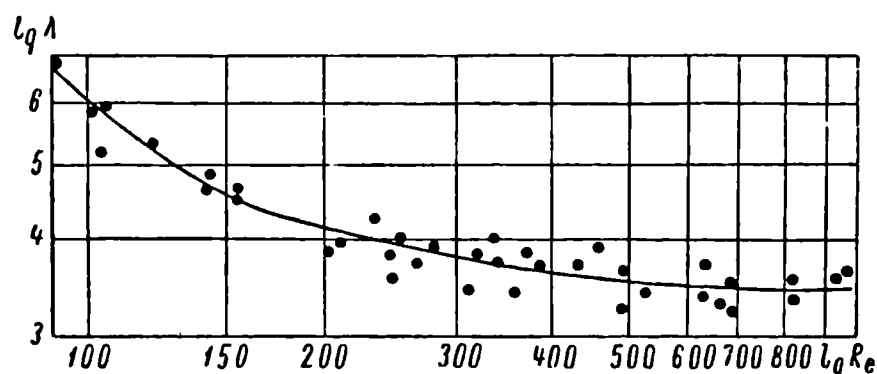


Рис. 1. Коэффициент аэродинамического сопротивления для штабеля ящикного груза.

Степень сплошности штабеля подсчитывалась по количеству составляющих груза и изменялась от 0,05 до 0,4. Удельная поверхность единицы объема штабеля определялась по площади граней параллелепипедов, содержащихся в единице объема трюма. Опыты проводились в диапазоне чисел Рейнольдса $1300 \geq Re \geq 80$. Критерий Re определялся по формуле

$$Re = \frac{u d_3}{\nu} = \frac{4 u \epsilon}{a \nu}.$$

Результаты опытов обрабатывались по формуле (1). Кривую $\lambda = f(Re)$ на графике (рис. 1) можно разбить на два участка, характеризующихся различными режимами течения. Первый участок ($Re \leq 150$) соответствует переходному режиму. На втором участке ($Re > 150$) аэродинамическое сопротивление штабеля определяется, в основном, силами инерции, влияние которых при течении газа в

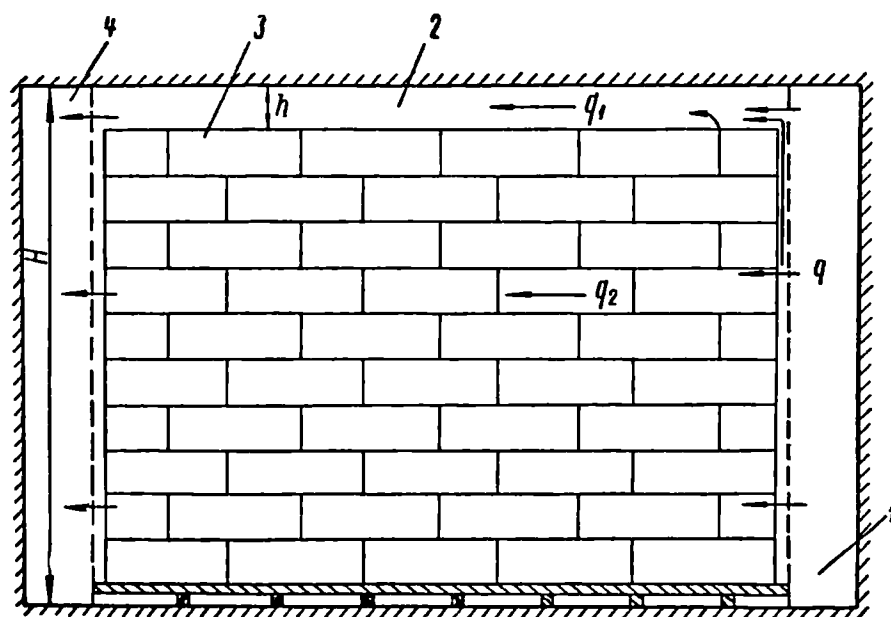


Рис. 2. Расчетная схема для определения количества байпасирующего воздуха.

1 — нагнетательный трубопровод воздуха; 2 — байпас; 3 — штабель груза; 4 — всасывающий участок трубопровода воздуха.

зернистых слоях сказывается при значительно меньших значениях Re , чем в случае течения в трубах. Кривую $\lambda = f(Re)$ можно представить в виде степен-

ной зависимости $\lambda = \frac{A}{Re^n}$. Для двух участков графика получено:

$$Re \leq 150, \lambda = 118,3 Re^{-0,68};$$

$$Re > 150, \lambda = 5,48 Re^{-0,066}.$$

В развитом инерционном режиме ($Re > 2000$) коэффициент λ можно считать постоянным и равным 3,2. Расчет аэродинамического сопротивления груза не вызывает затруднений, если весь подаваемый вентилятором воздух проходит через штабель. Однако в трюмах, оборудованных горизонтальными воздушными системами, часть воздуха минует груз и циркулирует через «байпас», практически всегда образующийся между вершиной штабеля груза и подволоком [5]. Высота этого байпаса (рис. 2) по разным причинам может колебаться в широких пределах. В этом случае для расчета необходимо знать количество воздуха, циркулирующего через байпас (q_1) и через толщу груза (q_2). Чтобы определить эти величины, предположим, что давления в нагнетательном и всасывающем трубопроводах воздуха по всему поперечному сечению одинаковы. Тогда для байпасирующего потока

$$\Delta p_1 = \lambda_2 \frac{l}{d_2} \frac{\rho w_1^2}{2},$$

а для потока, проходящего через груз,

$$\Delta p_2 = \lambda \frac{l}{d_g} \frac{\rho u^2}{2} \frac{1}{\epsilon^2} = \lambda \frac{l}{d_g} \frac{\rho v^2}{2}.$$

Поскольку $\Delta p_1 = \Delta p_2$, получаем

$$\frac{\lambda_1 w_1^2}{d_2} = \frac{\lambda v^2}{d_g}, \quad (2)$$

где w_1 — скорость воздуха в байпасе;
 d_2 — аэродинамический диаметр байпаса;
 λ_1 — коэффициент аэродинамического сопротивления байпаса, определяемый по формуле [6]:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_1}} = \left(1,8 + 0,25 \frac{h}{L}\right) \lg \frac{h}{K_r} - 0,6 \frac{h}{L} + 1,7,$$

где L — длина трюма;
 K_r — абсолютная шероховатость байпаса;
 h — высота байпаса.

Коэффициент λ можно так же считать постоянным и равным 3,2. Турбулентность режима для обоих потоков подтверждается экспериментально.

Решая уравнение (2) совместно с уравнением $q_1 + q_2 = q$ (q — производительность вентилятора в расчете на единицу площади бортового трубопровода воздуха), получаем

$$q_2 = q \frac{\epsilon \left(1 - \frac{h}{H}\right)}{\epsilon \left(1 - \frac{h}{H}\right) + \frac{h}{H} \sqrt{\frac{\lambda d_2}{\lambda_1 d_g}}}. \quad (3)$$

По зависимости (3) проведен расчет для трюма с высотой $H = 2,2$ м для ряда h и ϵ (рис. 3). На макете трюма для двух значений h было экспериментально проверено соотношение указанных потоков. Расход в байпасе определялся по значениям динамического давления и скорости воздуха, замерен-

ным термоанемометром. Как видно из рис. 3, общий характер кривых (при $h = 0,05$ м и $h = 0,15$ м) сохраняется, однако значения q_2 в опытах в среднем на 15% превышают расчетные данные. Это можно

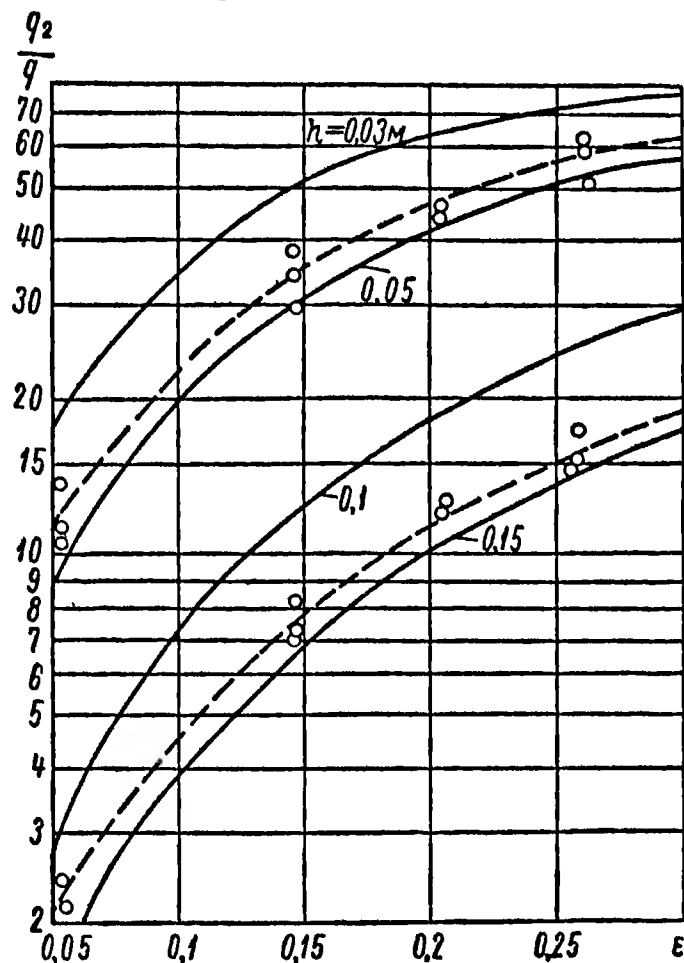


Рис. 3. Относительное количество воздуха, циркулирующего через штабель груза.
 — по формуле (3); — — — опытные данные.

объяснить неучтенными в расчете местными сопротивлениями байпаса (со стороны груза). С достаточной для практических расчетов точностью можно пользоваться приведенной выше формулой (3), используя поправочный коэффициент, равный 1,15.

Таким образом, в результате проведенных экспериментов получены данные о коэффициентах аэродинамического сопротивления штабеля груза. Для горизонтальной системы охлаждения определено количественное соотношение воздушных потоков, циркулирующих в штабеле груза и вне его. Полученные данные могут быть использованы при проектировании и эксплуатации судовых воздушных систем охлаждения трюмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ломизе Г. М. Фильтрация в трещиноватых породах. М., Госэнергоиздат, 1951.
2. Требин Г. Ф. Фильтрация жидкостей и газов в пористых средах. М., Гостоптехиздат, 1959.
3. Аэров М. Э., Тодес О. М. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов со стационарным и кипящим зернистым слоем. М., «Химия», 1968.
4. Стефанович В. В., Даен Н. Г., Комарницкий Б. В. Экспериментальная установка для моделирования воздушораспределения в рефрижераторных трюмах. — Материалы научной конференции молодых ученых ОИИМФ, вып. 2, Одесса, 1971.
5. Стефанович В. В., Комарницкий Б. В. Испытания воздушных систем охлаждения рефрижераторных судов. — «Судостроение», 1971, № 3.
6. Золотов С. С. Аэродинамика судовой вентиляции. Л., «Судостроение», 1967.



ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕМПЕРАТУРЫ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ДЛЯ СУДОВЫХ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

В. В. Коняев, В. П. Мануилов

УДК 629.125

Температура питательной воды и число ступеней ее подогрева оказывают существенное влияние на экономичность судовой паротурбинной установки (ПТУ). Большинство специалистов рассматривают оптимальную температуру питательной воды как термодинамически наиболее выгодную. Однако при расчетах этой температуры ($t_{пв}$) необходимо учитывать стоимость поверхностей нагрева котлоагрегата, системы регенеративного подогрева и другого оборудования ПТУ. В итоге экономически выгодная оптимальная температура питательной воды может существенно отличаться от оптимальной термодинамической. Методика определения величины $t_{пв}$ для стационарных установок рассмотрена в работах [1, 2]. В значительно меньшей степени этот вопрос разработан применительно к тепловым схемам судовых ПТУ.

Оптимальное значение $t_{пв}$ определяется путем сопоставления капиталовложений на регенеративную систему подогрева и котлоагрегат с эксплуатационными затратами на установку. Это сопоставление должно проводиться в соответствии с принятой методикой технико-экономических расчетов [3, 4] и при условии постоянства одной из следующих величин: расхода пара на ГТЗА ($D_0 = \text{const}$), расхода пара на главный конденсатор ($D_k = \text{const}$), эффективной мощности ГТЗА ($N_e = \text{const}$).

Соблюдение постоянства первых двух величин при расчетах приводит к тому, что изменение $t_{пв}$ влияет на величину мощности ГТЗА. В результате изменяется скорость судна и его провозоспособность. Оценить влияние этих величин на эксплуатационные затраты по судну, особенно при малых изменениях N_e , весьма сложно. Поэтому в основу методики определения оптимального значения $t_{пв}$ удобнее всего положить условие постоянства мощности ГТЗА ($N_e = \text{const}$). Изменение величины расчетных затрат на ПТУ ΔZ_y (руб/л. с.) в этом случае при переменных значениях $t_{пв}$ можно определить по следующей зависимости:

$$\Delta Z_y = \Delta K_{\text{рег}} + \Delta K_k + \Delta Z_t \frac{1}{\alpha + p_n}, \quad (1)$$

где $\Delta K_{\text{рег}}$, ΔK_k — дополнительные капиталовложения в систему регенеративного подогрева и в котлоагрегат, руб/л. с.;

ΔZ_t — изменение эксплуатационных затрат на ПТУ, руб/(л. с. год);

α — доля отчислений на амортизацию и ремонт;

p_n — нормативный коэффициент эффективности, 1/год.

Аналитическое решение уравнения (1) представляет значительные трудности ввиду того, что величины $\Delta K_{\text{рег}}$ и ΔK_k имеют весьма сложные зависимости от целого ряда характеристик. В этом случае удобен графический способ решения, который и может быть использован в практических расчетах. Величину ΔZ_t можно определить по упрощенной методике, позволяющей быстро находить изменение экономичности с достаточной степенью точности. Относительный удельный расход тепла на установку при $t_{пв} = \text{var}$ может быть выражен следующим образом:

$$\frac{q}{q_0} = \frac{\Delta Q_0}{Q_0} + \frac{\Delta Q_n}{Q_0} + 1 = 1 + y_0 + y_n, \quad (2)$$

где q_0 и q — удельные расходы тепла на ПТУ при исходном и рассматриваемом вариантах;

ΔQ_0 — изменение расхода тепла на установку;

ΔQ_n — изменение затраты энергии на питательный насос.

После некоторых преобразований относительное изменение расхода тепла на установку может быть представлено зависимостью

$$y_0 = \frac{\Delta i_{пв}}{i_0 - i_{пв0}} + \frac{\Delta d_0}{d_0} \frac{i_0 - i_{пв}}{i_0 - i_{пв0}}, \quad (3)$$

где $\Delta i_{пв} = i_{пв0} - i_{пв}$ — изменение энтальпии питательной воды;

$i_{пв0}$, $i_{пв}$ — энтальпия питательной воды, исходная и измененная;

i_0 — энтальпия перегретого пара;

d_0 — удельный расход пара на установку в основном варианте;

Δd_0 — изменение удельного расхода пара при $t_{пв} = \text{var}$.

Изменение $t_{пв}$ следует производить путем подбора количества ступеней подогрева при сохранении среднего интервала нагрева, составляющего обычно 25—30° С. Величина Δd_0 может быть получена из уравнения теплового баланса, составляемого с учетом увеличения или уменьшения числа регенеративных подогревателей и изменения расхода

питательной воды. В результате выявлены следующие зависимости:

а) при отсутствии по сравнению с исходным вариантом одного подогревателя

$$\Delta d_0 = - \frac{d_0 \Delta i_{пв} (1 - \psi_n)}{\Delta I_n}; \quad (4)$$

б) при добавлении одного подогревателя

$$\Delta d_0 = \frac{d_0 \Delta i_{пв} (1 - \psi_{n+1})}{\Delta I_{n+1} - \Delta I_{пв}}, \quad (5)$$

где ψ_n и ψ_{n+1} — коэффициенты качества отбора для снимаемого и прибавляемого подогревателей;

ΔI_n и ΔI_{n+1} — разность энтальпий греющего пара и его конденсата для снимаемого и прибавляемого подогревателей.

Изменение затрат энергии на привод питательного насоса при условии постоянства его напора и к. п. д. можно считать пропорциональным производительности, т. е.

$$y_n = \frac{N_{н_0}}{N_e} \frac{\Delta d_0}{d_0}, \quad (6)$$

где $N_{н_0}$ — мощность насоса в исходном варианте.

Входящая в приведенные выше выражения величина d_0 может быть определена путем расчета исходной тепловой схемы либо оценена по существующим судовым ПТУ. Ошибка при ее выборе в 10% вызывает погрешность расчета в пределах $\pm 3,5\%$.

Полученное значение относительного расхода тепла позволяет определить годовое изменение удельных эксплуатационных затрат ΔZ_τ (руб./л. с. год):

$$\Delta Z_\tau = \Delta q_0 \frac{C_\tau}{Q_p^n} \tau 10^{-3}, \quad (7)$$

где $\Delta q_0 = q_0 (y_0 + y_n)$ — изменение удельного расхода тепла по сравнению с исходным вариантом;

C_τ — стоимость топлива, руб/т;

τ — длительность работы установки на полную мощность, ч/год.

Изменение капиталовложений в систему регенерации определяется стоимостью добавляемых или снимаемых подогревателей, которая может быть установлена с помощью преysкурентов или по эмпирическим формулам в зависимости от величины поверхности нагрева с учетом охладителей и систем перегрева пара и дренажа.

Дополнительные капиталовложения в котлоагрегат при $t_{пв} = var$ могут быть определены с учетом следующих условий:

а) температура газов на выходе из топки постоянна;

б) потери от неполноты сгорания и тепла с уходящими газами также не изменяются ($\eta_k = const$);

в) скорости газов по газоходам котла и коэффициенты теплопередачи его поверхностей нагрева остаются постоянными, ширина газохода изменяется пропорционально расходу газов.

Эти условия позволяют при переменных значениях $t_{пв}$ определить изменение величин поверхностей

нагрева экономайзера и воздухоподогревателя, а следовательно, и их стоимости.

На основании вышеизложенной методики были проведены расчеты оптимальных значений $t_{пв}$ для судовых ПТУ, работающих на средних ($p_0 = 40-45$ кгс/см², $t_0 = 450-480^\circ\text{C}$) и высоких ($p_0 = 75-80$ кгс/см², $t_0 = 510/510^\circ\text{C}$) начальных пара-

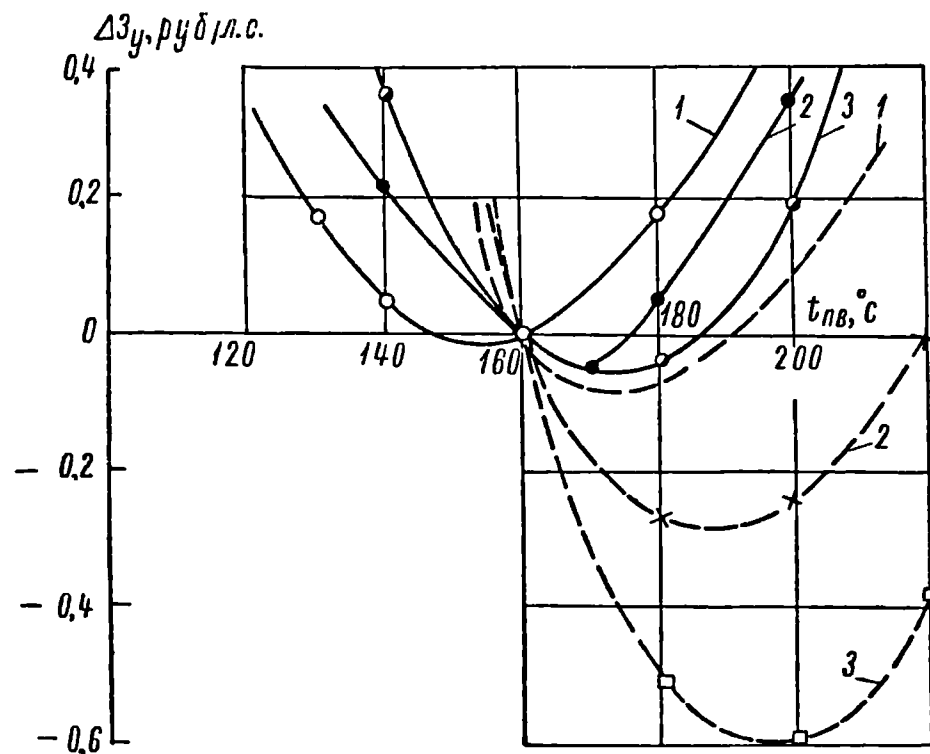


Рис. 1. Зависимости $\Delta Z_y = f(C_\tau \tau)$ для ПТУ со средними начальными параметрами пара ($p_0 = 40-45$ кгс/см² и $t_0 = 450-480^\circ\text{C}$).

1 — $C_\tau = 15$ руб/т; 2 — $C_\tau = 20$ руб/т; 3 — $C_\tau = 26$ руб/т.
— $\tau = 3000$ ч/год; --- $\tau = 6000$ ч/год.

метрах пара. В первом случае в основу расчета были положены экономические показатели ПТУ судов типа «Ленинский комсомол». Изменение температуры питательной воды принималось в пределах

Исходные данные для расчета оптимальных значений температуры питательной воды

Наименование величины	Результаты расчета при начальных параметрах пара	
	средних	высоких
Температура газов перед экономайзером, °C	360	450
Температура уходящих газов, °C	165	
Доля отчислений на амортизацию и ремонт	0,075	
Срок окупаемости, годы	8,0	
Удельный расход тепла при исходном варианте, ккал/л. с.ч	2500	2000
Удельные стоимости поверхностей нагрева, руб/м ² :		
ПВД *	18	36,0
экономайзера	7,7	36,0
воздухоподогревателя	10,0	
Коэффициент теплопередачи поверхностей, ккал/м ² ч °C:		
ПВД	3000	
экономайзера	32	
воздухоподогревателя	13	

* Пароводяное дополнение.

125—210°С (при 2—5 ступенях подогрева). Исходные данные для расчета представлены в таблице. Результаты расчетов (рис. 1) показывают, что оптимальные величины $t_{пв}$ получены близкими к значению, выбранному для ПТУ судов типа «Ленинский

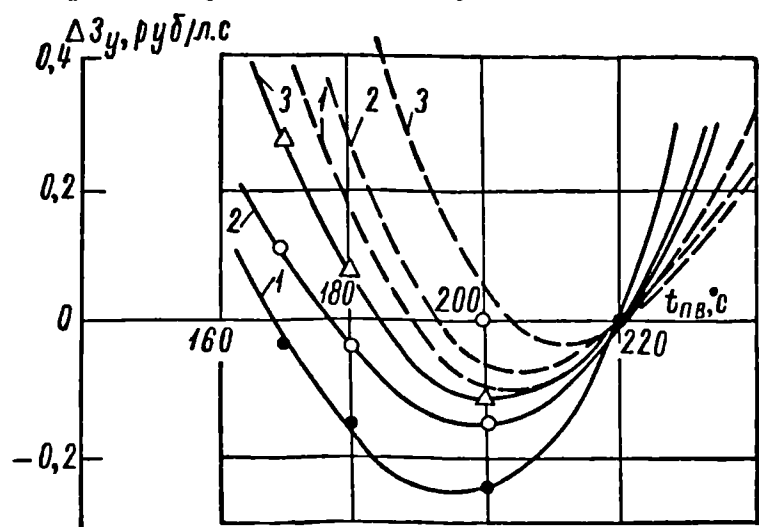


Рис. 2. Зависимости $\Delta Z_y = f(C_T \tau)$ для ПТУ с высокими начальными параметрами пара ($p_0 = 75 \text{ кгс/см}^2$, $t_0 = 510/510^\circ \text{C}$). 1 — $C_T = 15 \text{ руб/т}$; 2 — $C_T = 20 \text{ руб/т}$; 3 — $C_T = 26 \text{ руб/т}$.

комсомол» (160°С) только при условии дешевых топлив и при малой продолжительности работы установки. Во всех других случаях оптимальные значения $t_{пв}$ находятся в пределах 170—180°С, что соответствует четырем ступеням подогрева, а для

более дорогого топлива ($C_T = 26 \text{ руб/т}$) и для большей продолжительности работы ($\tau = 5000—6000 \text{ ч/год}$) достигают 190—195°С.

В основу расчета оптимальной $t_{пв}$ для пропульсивных установок с высокими начальными параметрами пара были положены экономические показатели ПТУ с ГТЗА мощностью 25 000—30 000 л.с. Температура питательной воды изменялась в пределах 165—241°С при 3—6 ступенях ее подогрева. Как видно из графиков (рис. 2), оптимальные значения $t_{пв}$ в большинстве случаев лежат в пределах 190—210°С и только в областях больших значений комплекса $C_T \tau$ достигают 210—220°С. Это означает, что высокие значения $t_{пв}$ могут быть выбраны для танкеров и контейнеровозов, имеющих большой коэффициент ходового времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гельтман А. Э., Будняцкий Д. М., Апатовский Л. Е. Блочные конденсационные электростанции большой мощности. М., «Энергия», 1964.
2. Матвеев Г. А., Пикус В. Ю. К вопросу о выборе оптимального значения температуры питательной воды. — «Теплоэнергетика», 1962, № 8.
3. ГНТК Совета Министров СССР. Методика технико-экономических расчетов в энергетике. М., 1966.
4. Баев С. М., Обухов С. А. Методы оценки эффективности экономических решений на морском транспорте. М., «Транспорт», 1969.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИИ МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Я. А. Ким

УДК 621.67-752

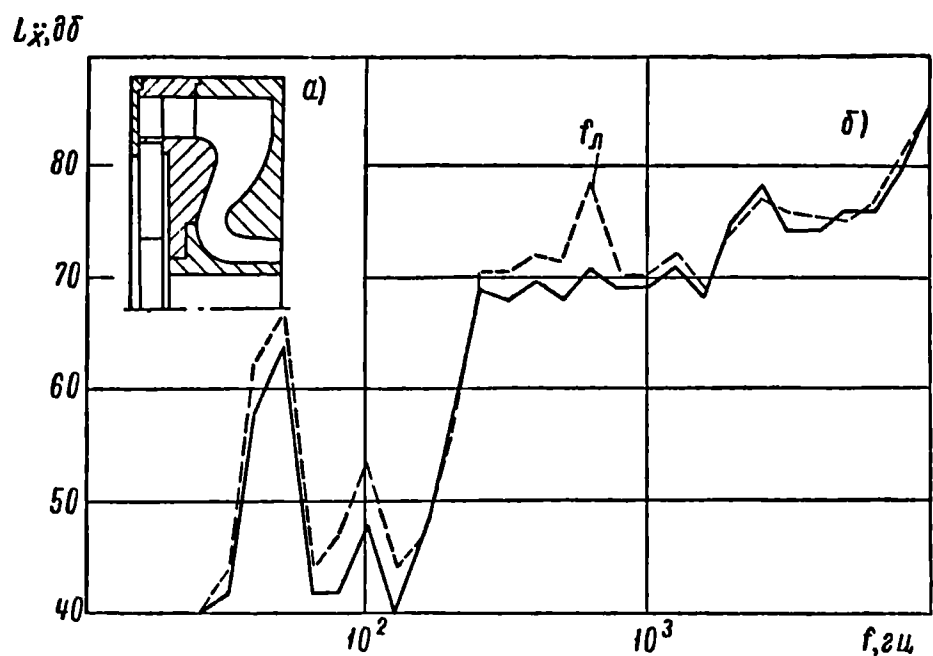
Наличие в спектрах вибрации и шума судовых машин дискретных составляющих крайне нежелательно, так как они вредно действуют на здоровье человека. В судовых центробежных насосах эти составляющие наиболее интенсивны на лопастной частоте $f_n = n \cdot z_p$ (где n — секундная частота вращения рабочего колеса и z_p — число его лопастей) и ее гармониках. Вибрация насосов на этой частоте возникает из-за неоднородности потока или вязкостных следов, которые появляются на выходе из лопаточного аппарата (роторного или статорного). Амплитуда импульса силы p_m , действующей на лопатку последующей ступени при ее пересечении вязкостного следа, согласно Карману и Сирсу [1], пропорциональна амплитуде дефицита скорости Δw_m в следе и скорости движения u лопатки ($p_m \sim \Delta w_m u$). Величина Δw_m быстро убывает с ростом расстояния от обтекаемого тела. Поэтому одна из возможностей снижения дискретной составляющей вибрации на лопастной частоте состоит в увеличении радиального зазора между выходными кромками лопастей рабочего колеса и входными кромками лопаток направляющего аппарата. В настоящее время этот

способ в центробежных насосах используется широко.

Однако, как показывает опыт, в многоступенчатых центробежных насосах увеличение радиального зазора между рабочим колесом и направляющим аппаратом часто не дает ожидаемого результата. Причина этого заключена в следующем. В таких насосах направляющие аппараты выполняют две функции — преобразование кинетической энергии, сообщенной жидкости рабочим колесом, в энергию давления и подвод потока к рабочему колесу последующей ступени. Вторая функция осуществляется обратными каналами сложной конфигурации, связанными непосредственно с диффузорами и разделенными между собой утолщенными и сильно искривленными лопатками. Последние, как правило, заканчиваются около входа в рабочее колесо. Такое конструктивное оформление обратного канала направляющего аппарата не ухудшает энергетических характеристик насоса. Однако в результате взаимодействия образующихся за лопатками обратного канала вязкостных следов с рабочим колесом может усиливаться вибрация насоса на лопастной частоте.

Для проверки этого предположения был разработан специальный направляющий аппарат [2], в котором существенно изменена конструкция обратного канала. Последний выполнен конфузорным кольцевым безлопаточным, что обеспечивает однородность потока на выходе. На рисунке показано поперечное сечение канала. Поток из лопаточных диффузоров направляющего аппарата поступает сначала в сборную камеру большого сечения. Здесь

скорости, а следовательно, и пульсационные составляющие резко снижаются. Вследствие движения потока в конфузоре происходит дальнейшее уменьшение относительной величины пульсационной составляющей скорости. Степень конфузор-



Поперечное сечение обратного канала опытного направляющего аппарата (а) и спектрограммы вибрации многоступенчатого центробежного насоса (б).

— — — с обычным направляющим аппаратом; — с новым направляющим аппаратом.

ности всего обратного канала равна шести. Небольшая окружная составляющая скорости потока, выходящего из диффузоров аппарата, несколько увеличивается вследствие движения потока к центру. Это способствует уменьшению угла атаки потока на входе в колесо, а также снижению относительной скорости.

Наличие общей сборной камеры, длинного кольцевого конфузора с большой степенью поджатия потока, отсутствие лопаток, плавный поворот потока и небольшая его закрутка в сторону вращения колеса почти полностью устраняют неоднородность струи на выходе из обратного канала, т. е. на входе в колесо. Некоторым недостатком такой конструкции аппарата является увеличение размеров по оси и потеря части напора из-за подкрутки по-

тока. Однако небольшое снижение напора может быть компенсировано увеличением диаметра рабочего колеса или повышением окружной скорости. Такой направляющий аппарат был изготовлен и испытан в составе многоступенчатого питательного насоса. Спектрограммы вибрации насоса с обычным и новым направляющими аппаратами (см. рисунок) измерены при одной и той же окружной скорости рабочего колеса. При этом радиальный зазор между лопастями рабочего колеса и лопатками направляющего аппарата в обоих случаях оставался одинаковым и равным 5 мм. Из спектрограмм вибрации видно, что переход с обычного направляющего аппарата на новый приводит к снижению уровня вибрации в $1/3$ -октавной полосе, соответствующей частоте $f_{\text{л}} = 300$ Гц, примерно на 7 дБ. Некоторое снижение вибрации наблюдается также и на низких частотах. Уменьшение же напора за счет подкрутки потока составляет $\sim 7\%$, т. е. при новом направляющем аппарате окружная скорость колеса увеличивается всего на 3—4%.

Таким образом, для снижения вибрации многоступенчатого центробежного насоса на лопастной частоте необходимо прежде всего устранить неоднородность потока на выходе из обратного канала направляющего аппарата путем соответствующего изменения его конструкции. В этой связи следует отметить нежелательность установки перед входом в рабочее колесо каких-либо лопаточных устройств (например, лопаточной решетки, предлагаемой некоторыми авторами для получения стабильной напорной характеристики), поскольку за ними образуются вязкостные следы и, следовательно, усиливается вибрация на лопастной частоте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Karman T., Sears W. P. Airfoil theory for non-uniform. — "Journal of the Aeronautical Sciences", 1938, 5, № 10.
2. Ким Я. А., Дуан Н. И., Воронов В. Ф. Направляющий аппарат многоступенчатого центробежного насоса. Авторское свидетельство № 281159. — «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», № 28, 1970.

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ УПОРНОГО ШАРИКОПОДШИПНИКА СУДОВОГО ВАЛОПРОВОДА

С. В. Мажулин

УДК 629.12.037.5-233.27

Опыт длительной эксплуатации большой серии средних рыболовных морозильных траулеров (СРТМ) показал их высокие эксплуатационные качества, надежную работу энергетической установки. В то же время имеется возможность внести улучшения в схему валопровода, которые позволят повысить его моторесурс до величины, установленной для главного двигателя. В связи с этим ниже рассмотрены предлагаемые мероприятия.

На СРТМ в качестве упорного подшипника судового валопровода применяется серийный подшипник (рис. 1), состоящий из трех одинаковых радиально-упорных шарикоподшипников, два из которых работают на передний и один — на задний ход. Несмотря на вполне удовлетворительные результаты эксплуатации СРТМ, следует отметить, что применяемая на этих судах конструкция упорных шарикоподшипников не во всем соответствует особенностям выбранной схемы валопровода. Наблюдения за работой упорных шарикоподшипников во время стендовых испытаний и в период эксплуатации судна показывают, что они работают при температуре 70—80°С и выше. И хотя теоретически эти температуры допустимы, они свидетельствуют о каких-то нарушениях нормальной эксплуатации. Причиной повышенной температуры упорного шарикоподшипника на СРТМ возможно являются неточности, допущенные при сборке и монтаже его на судне. При тщательном соблюдении технических требований и учете особенностей конструкции вполне возможно добиться температуры упорного шарикоподшипника 50—65°С.

В сборочном чертеже указывается, что осевая «игра» упорного шарикоподшипника должна быть обеспечена в пре-

делах 0,1—0,2 мм. Последнее приводит к появлению перекоса, величина которого может достигать 0,5 мм (рис. 2). Невозможным следствием этого является неправильная работа и снижение моторесурса подшипника, сопровождающееся повыше-

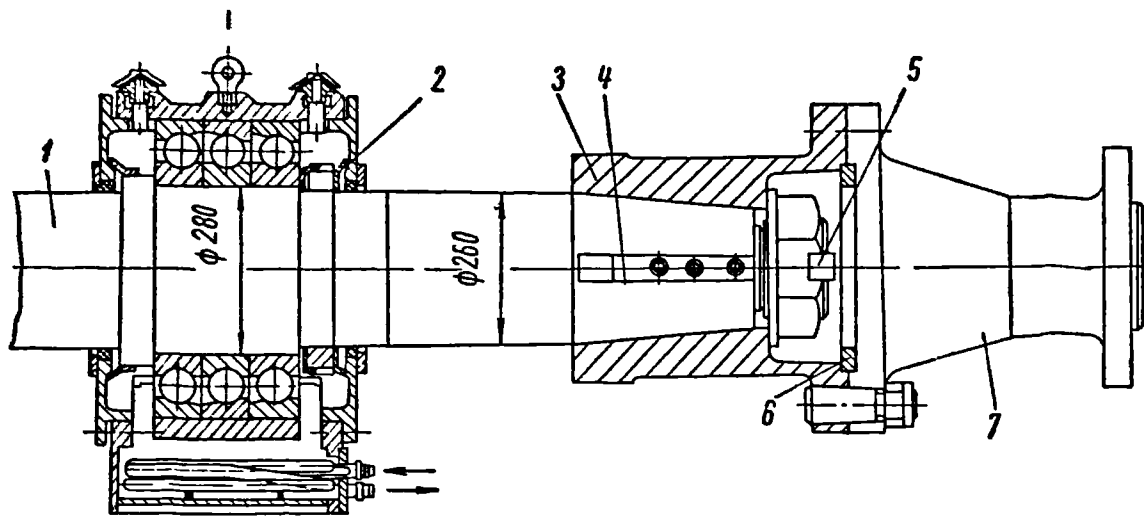


Рис. 1. Общий вид упорного шарикоподшипника судового валопровода.

1 — упорный вал; 2 — упорный подшипник; 3 — полумуфта; 4 — шпонка; 5 — стопорная планка; 6 — кольцо; 7 — проставка со стороны двигателя.

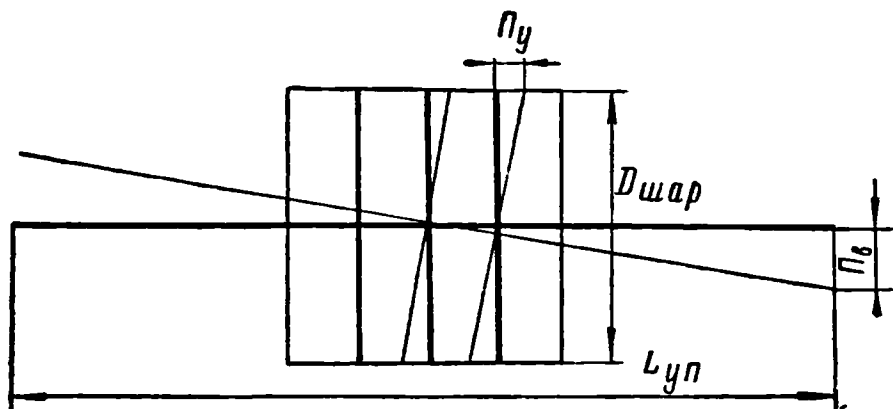


Рис. 2. Схема возникновения перекоса упорного вала относительно корпуса упорного подшипника при его сборке.

$P_y = 0,05—0,1$ мм — возможный перекоп внутренней обоймы подшипника из-за монтажного зазора в упорном подшипнике 0,1—0,2 мм; $P_b \approx 0,24—0,48$ мм — перекоп вала в зависимости от перекопа внутренней обоймы подшипника; $D_{шар} \approx 390$ мм — диаметр осевой окружности шариков; $L_{уп} = 1865$ мм — длина упорного вала.

нием его температуры. Перегрев подшипника может происходить также вследствие неправильного выбора при ремонте дизеля разбега коленчатого вала или неверного распределения разбега на передний и задний ход. Так, например, если разбег коленчатого вала двигателя соответствует, как указано в формуляре, 0,7 мм, то стремление разгрузить упорный подшипник дизеля и передать всю нагрузку на упорный подшипник валопровода часто приводит к решению зафиксировать корпус упорного шарикоподшипника, чтобы разбег коленчатого вала был равномерно распределен на передний и задний ход. В результате на номинальном режиме эксплуатации происходит нормальный рабочий нагрев и удлинение валов, которое не компенсируется оставленным зазором 0,35 мм. Поэтому усилие от ко-

ленчатого вала будет передаваться через упорный гребень на свой подшипник переднего хода, встроенный в двигатель. Дальнейшее тепловое расширение валов приведет к постоянному увеличению нагрузки на шарикоподшипник заднего хода. Повысится температура подшипника, он перегреется и выйдет из строя. К числу возможных ошибок монтажа относится также стремление обеспечить положительный расцеп на первом мотыле коленчатого вала двигателя. Несложный анализ условий работы упорного шарикоподшипника показывает, что искусственный его подъем относительно оси коленчатого вала для обеспечения положительного расцепа на первом мотыле — безусловно полезный при обычных баббитовых подшипниках — нельзя рекомендовать в данном случае, поскольку это приводит к увеличению нагрузки на подшипник. Возникновения ошибок при монтаже можно избежать при наличии четких и подробных технологических указаний. Однако даже при условии выполнения технологических требований при установке упорного шарикоподшипника его теоретически определенный моторесурс в 20—25 тыс. ч. вряд ли может быть обеспечен при принятой конструктивной схеме валопровода (рис. 3). Действительно, если учесть, что дейдвудный подшипник судна, набран-

ный из резино-металлических планок, может иметь монтажный зазор до 4 мм, то в эксплуатации этот зазор увеличится до 6—6,5 мм. А поскольку между дейдвудным устройством и главным двигателем судна в валопровode установлен только один опорно-упорный подшипник, укомплектованный радиально-упорными шарикоподшипниками, все угловые перемещения оси валопровода будут вредно отражаться на их работоспособности.

Накопленный опыт использования стандартных радиально-упорных шарикоподшипников в судовом валопровode позволяет отметить следующее.

1. Применение шарикоподшипников в качестве упорных в судовом валопровode серийных судов возможно и технически целесообразно, поскольку они технологичны в изготовлении и ремонте, несложны по конструкции и сравнительно просты в эксплуатации.

2. При выборе рациональной схемы судового валопровода, исключая излом его оси относительно корпуса подшипника, или при обеспечении дополнительной степени свободы радиально-упорных шарикоподшипников в корпусе подшипника очевидна возможность гарантировать получение его ресурса по крайней мере не меньшего, чем у главного двигателя судна на период между заводскими ремонтами.

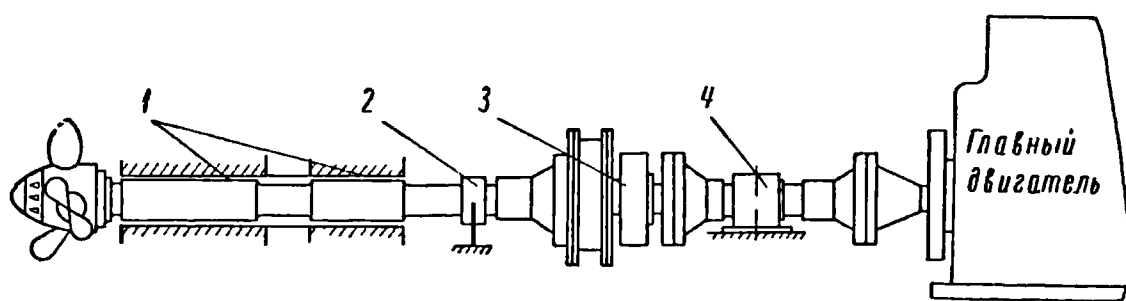


Рис. 3. Схема валопровода среднего рыболовного морозильного траулера.

1 — дейдвудные резино-металлические подшипники; 2 — масляная бурса; 3 — механизм изменения шага винта; 4 — опорно-упорный шариковый подшипник.

ОБЗОР ИНОСТРАННЫХ ЖУРНАЛОВ

BUDOWNICTWO OKRETOWE (начало см. на стр. 22).

В этом же номере помещены статьи о прогнозировании уровня гидроакустических шумов расчетным методом, проверенном на научно-исследовательском судне, о головном сухогрузе «Амарали», частично приспособленном для перевозки контейнеров. Это будет головное судно серии из 10 сухогрузов, строящихся для Бразилии. Одна из следующих статей рассказывает о влиянии геометрической формы начальных погибов на прочность сжатых в продольном направле-

нии пластин судовых конструкций. В первой части статьи приведены теоретические исследования в этой области с выводом математической зависимости величины напряжений от начальной деформации пластин (№ 5). Во второй части статьи показаны опытные данные, свидетельствующие о том, что начальная деформация как увеличивает, так и уменьшает прочность пластин в зависимости от геометрии погибов (№ 6).

В материале о конструировании обшивки корпуса рассмотрены вопросы применения ЭВМ в проектировании и проблеме создания системы критериев, позволяющих принимать оптимальные решения, в частности, по вопросам прочности и надежности конструкций, формирования их геометрии, выбора материала и т. п.



ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ЦИФРОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН НА МОРСКИХ СУДАХ

Р. А. Нелепин

УДК 681.142:629.123

Автоматизация процессов управления на морских судах позволяет повысить экономическую эффективность их эксплуатации, безопасность судовождения, улучшить условия труда команды. В связи с этим автоматизация судов осуществляется достаточно высокими темпами. Если в 1968 г. в мировом торговом флоте было около 1000 автоматизированных морских судов, на которых управление энергетической установкой осуществлялось непосредственно с ходового мостика, то в 1971 г. их количество возросло до 2100. Среди них выделяются появившиеся в последние годы суда, на которых автоматизация процессов управления осуществляется с помощью электронных цифровых вычислительных машин (ЭЦВМ). Опытная эксплуатация судов, управляемых с их помощью, показала эффективность такой автоматизации. Применение вычислительной машины для управления судном позволяет увеличить безопасность плавания, повысить экономичность работы энергетической установки, сократить стоянки в портах при погрузке и выгрузке, упорядочить административные функции на судне, увеличить срок службы механизмов и корпуса судна.

Опыт применения. Рассмотрим опыт автоматизации судов с помощью ЭЦВМ в странах с развитым судостроением.

В ФРГ наибольшая степень автоматизации в морском торговом флоте достигнута на шести рефрижераторных судах дедвейтом по 7600 т, со скоростью 22,8 уз при 95%-ной нагрузке главных двигателей мощностью 2×7440 л. с., работающих на общий гребной вал через редуктор. Эти суда принадлежат компании Гамбург-Зюд, построены в Гамбурге на верфи Блом унд Фосс, автоматика спроектирована и поставлена фирмой АЕГ-Шифбау. Первое судно этой серии («Поляр Эквадор») имеет автоматическую систему, включающую в свой состав цифровую вычислительную машину типа ДАРК-21. Последняя постоянно связана с судовыми механизмами и автоматически включается в управление рабочими процессами по соответствующей программе. Она обеспечивает контроль параметров и автоматическое управление двумя главными двигателями и семью холодильными установками судна. Для контроля за работой су-

довых механизмов и управления рабочими процессами используется информация от 450 дискретных и аналоговых циклически действующих измерительных устройств. Перед каждым циклом опроса датчиков в управляющей машине с помощью контрольной программы автоматически проверяется способность ее правильного функционирования и точность работы. Система управления с вычислительной машиной позволяет осуществлять запуск с ходового мостика и бесступенчатое регулирование работы главных двигателей, при нарушении рабочего режима она вырабатывает команду на снижение скорости или остановку главного дизеля. Вычислительная машина устанавливает режим работы системы охлаждения дизелей с учетом выполняемых маневров и температуры забортной воды. Управление рефрижераторными установками с помощью вычислительных средств позволяет обеспечивать автоматическое поддержание температуры в грузовых трюмах с точностью $\pm 1^\circ \text{C}$. При этом температура входящего воздуха не уменьшается ниже некоторого предела, зависящего от вида перевозимой продукции, чтобы не переохладить груз со стороны впуска холодного воздуха. ЭЦВМ снабжена печатающими машинами для регистрации температуры в грузовых трюмах, значений рабочих параметров главных двигателей и вспомогательных механизмов, а также команд, подаваемых с ходового мостика вручную или автоматически от вычислительной машины; при подаче команд регистрируются дата, время и частота вращения главных двигателей. Если главная вычислительная машина выйдет из строя или определит неисправность своих элементов, то автоматически подается сигнал аварии и подключается резервная машина, которая, однако, может управлять только наиболее важными механизмами судна. Резервная ЭЦВМ имеет жесткую программу управления установкой в отличие от главной машины, которой может быть задана любая программа. Изменение программы главной ЭЦВМ может осуществляться автоматически в зависимости от условий плавания. Главная вычислительная машина рефрижератора «Поляр Эквадор» (рис. 1) — одноадресная, с параллельным режимом работы. Длина кодовой группы — 13 бит, из них 12 бит могут быть использованы в программе, 13-й бит — испытательный.

Аналогичное применение получили ЭЦВМ для автоматизации судов, построенных в других странах.

В США на судах транспортного флота используется управляющая электронная цифровая вычислительная машина типа TRW-130 в комплекте с навигационными приборами. Эта система автома-

тически получает информацию от радионавигационных и радиолокационных станций, от автоматических оптических и радиосекстангов, от автономных навигационных приборов. ЭЦВМ обрабатывает поступающую к ней информацию и вырабатывает сигналы управления, которые непрерывно подаются на исполнительные органы авторулевого и приемные устройства систем автоматического управления пропульсивной и электроэнергетической установками.

На морских судах США применяется система определения местоположения судна в море, основанная на обработке вычислительной машиной данных от искусственных спутников Земли.

В Японии в 1970 г. построен дизельный танкер «Сэйко-мару» дедвейтом 138 тыс. т, управляемый с помощью вычислительных средств. На судне установлена вычислительная машина марки Тосбак-3000с, разработка которой стоила около 1,1 млн. долл. (разработку и финансирование проекта осуществляли фирмы Исикавадзима-Харима Хэви Индастриз, Токио Сибаура Электрик, Министерство транспорта Японии, Японское судовое исследовательское объединение, Японский отдел судового оборудования). На этом танкере с помощью ЭЦВМ определяется местоположение судна, предупреждаются столкновения в море, осуществляются контроль за работой механизмов машинного отделения, управление грузовыми операциями, наконец, выполняется медицинская диагностика при заболевании кого-либо из членов команды. Для определения местоположения судна к вычислительной машине подключен приемник системы навигации по спутникам Земли (использующей эффект Доплера), который дает информацию о положении судна. Кроме того, она получает данные от гирокомпасов и электромагнитного лага и выполняет по ним счисление пути судна. Система предупреждения столкновений в море может следить одновременно за 10 объектами. При этом для большей надежности работают параллельно два радиолокатора. Однако ЭЦВМ непосредственно не управляет работой авторулевого, а служит лишь для информации судоводителей.

В Великобритании на пассажирском лайнере «Куин Элизабет 2» установлены ЭЦВМ марки Аргус 400 фирмы Ферранти. На этом судне вычислительные машины определяют местоположение по искусственным спутникам Земли (с помощью системы ДЕКА), предупреждают столкновения в море (при этом ведется одновременное наблюдение за 20 объектами), выбирают маршрут судна в зависимости от погодных условий, осуществляют контроль за состоянием механизмов и регистрацию показаний приборов, ведут расчеты по обслуживанию пассажиров.

Во Франции эксплуатируется рефрижератор «Аквилон», оснащенный ЭЦВМ марки ПДП-8-С, выпускаемый компанией Диджитал Эквипмент Корпорэйшн, которая позволяет контролировать состояние груза, автоматически предупреждать столкновения в море.

Одним из первых морских судов, оборудованных управляющей вычислительной машиной, является французский турбоход «Долабелла». Специ-

ализированное применение получили ЭЦВМ на французских судах «Пастер», «Ойоннакс» и др.

В Швеции на верфи Кокумс (г. Мальмо) построен турбинный танкер «Си Соврин» дедвейтом

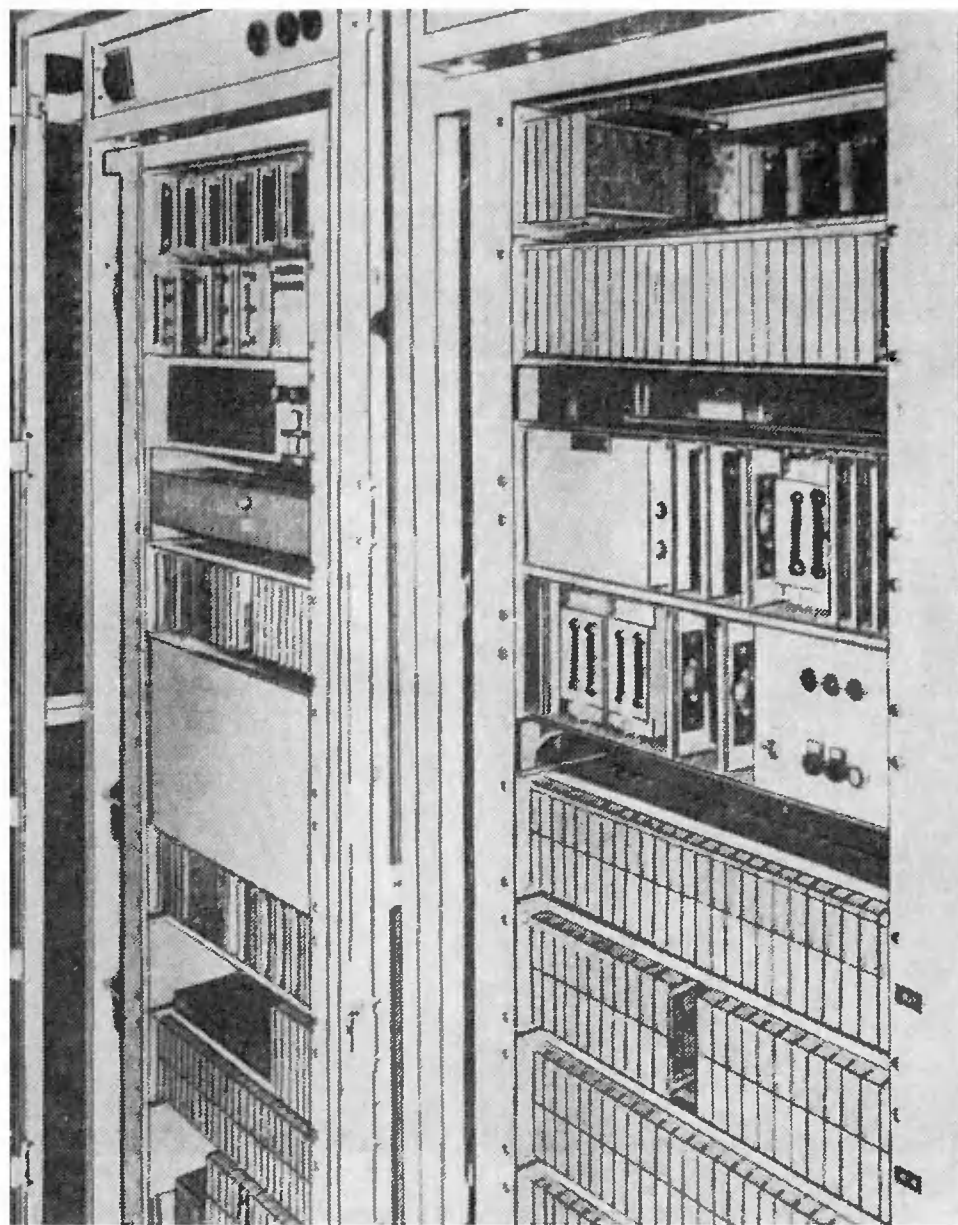


Рис. 1. Арифметическое устройство главной ЭЦВМ рефрижератора «Поляр Эквадор»

200 тыс. т, на котором установлена вычислительная машина марки АСЕА-1700. Проект машины разработан фирмами Кокумс и АСЕА, финансирование проекта выполнил Шведский судовый исследовательский центр. ЭЦВМ, установленная на этом танкере, выполняет навигационные расчеты, определяет местоположение судна по искусственным спутникам Земли, воздействуя на авторулевую, автоматически управляет движением судна, предсказывает его курс. Кроме того, машина участвует в управлении работой главных турбин с ходового мостика, контролирует параметры главных котлов, механизмов и систем машинного отделения, регистрирует показания приборов, управляет грузовыми операциями, распределением грузов на судне. В первом плавании в ноябре 1969 г. на танкере «Си Соврин» находились 6 инженеров-системщиков с задачей развить и усовершенствовать программы вычислительной машины. Чтобы выиграть на объеме оперативного запоминающего устройства, все программы разделили на две группы: используемые при стоянке в порту и во время плавания.

Разработку судовых ЭЦВМ («процесс-компьютеров») для морских судов ведут шведская фирма Юнгнер Инструмент и ряд других.

В Норвегии оборудован системой управления с ЭЦВМ дизельный грузовой лайнер «Таймыр». Нор-

вежская цифровая вычислительная машина марки Норд-1 составляет ядро этой системы. Исследования и проектные работы, связанные с проектированием и установкой цифровой управляющей системы на судно, выполнила норвежская фирма Нурконтрол совместно с Техническим университе-

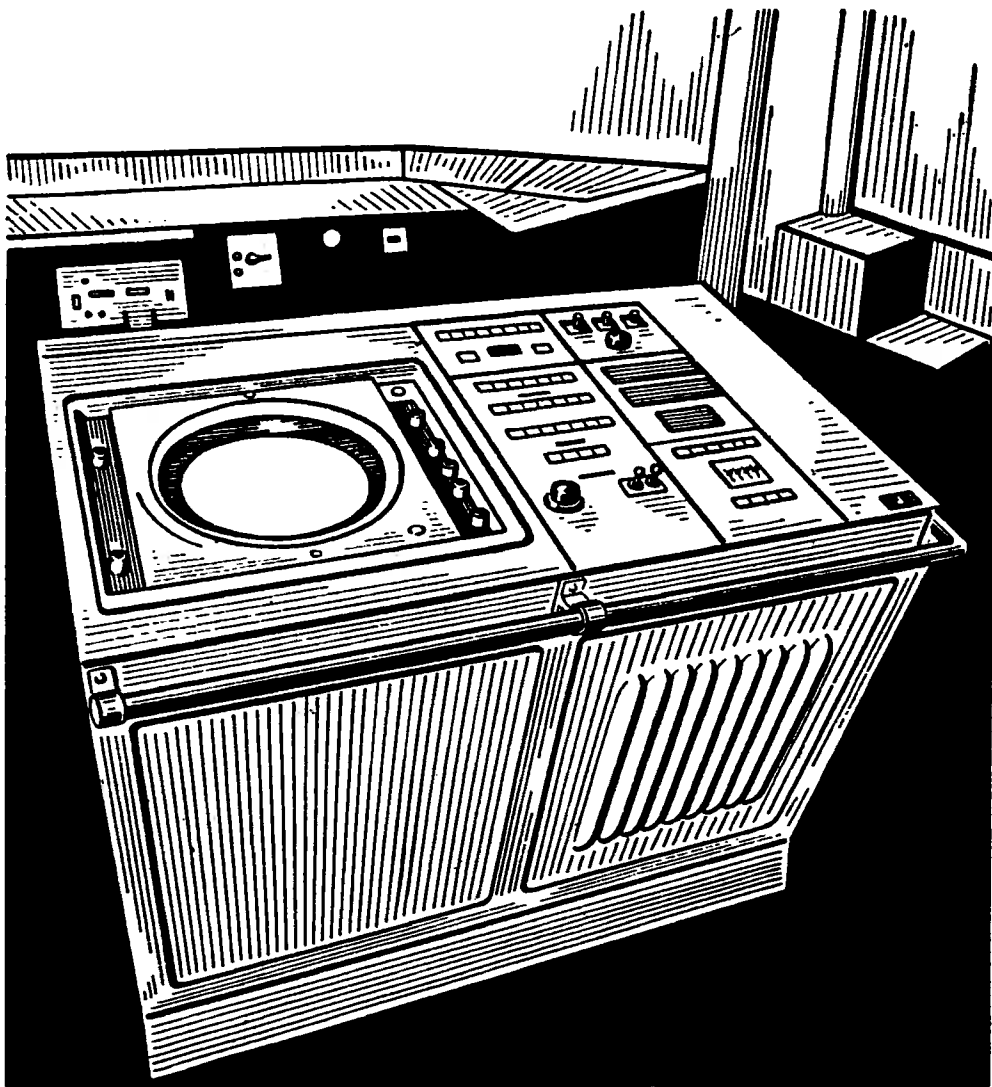


Рис. 2. Пульт системы предупреждения столкновений с индикатором кругового обзора судна «Таймыр».

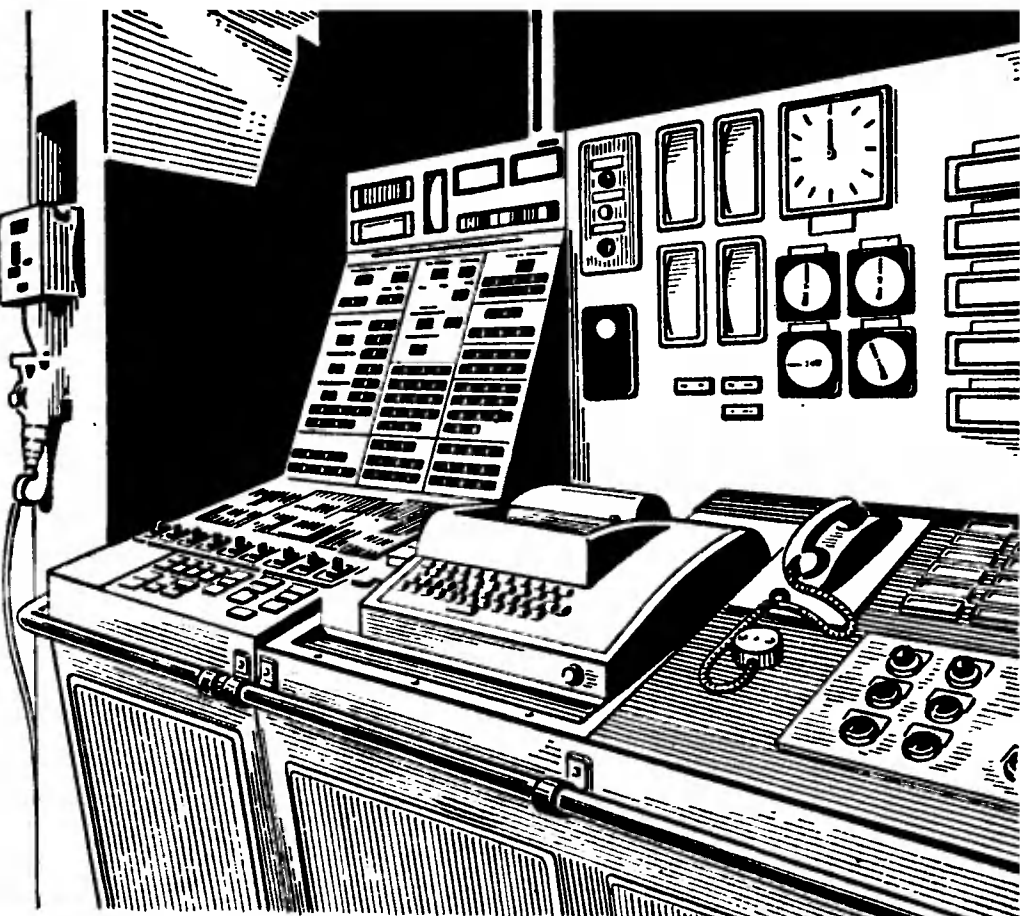


Рис. 3. Пульт-панель системы сигнализации и контроля машинного отделения судна «Таймыр».

том и судостроительной научно-исследовательской организацией. Вычислительная машина на этом судне обеспечивает предупреждение столкновений в море, безвахтенное обслуживание машинного от-

деления за счет автоматического управления механизмами, контроль за состоянием механизмов машинного отделения и корпусом судна, выполнение расчетов по грузовым операциям и по обеспечению административных функций (начисление зарплаты команде и т. д.). Машина Норд-1 имеет разрядность 16 бит, 16 регистров; арифметические операции — с плавающей запятой; оперативную память емкостью 16 000 слов с временем обращения 1,5 микросекунды. Для связи устройств на мостике и в машинном отделении с ЭЦВМ предусмотрено 120 аналоговых входов, 300 цифровых входов и 300 цифровых выходов. Со времени установки машины с системой управления на судно прошло около двух лет. Все это время вычислительная техника функционировала исправно, обнаруживая высокую надежность. На основании этого опыта в Норвегии считают, что ЭЦВМ позволяют увеличить экономическую эффективность эксплуатации судна, повысить его основные технико-экономические характеристики (экономичность, надежность, маневренность).

В СССР ведется постройка танкера дедвейтом 150 000 т, на котором предусмотрен вычислительный центр с управляющей ЭЦВМ. Вычислительная машина будет связана с устройствами навигации, радиолокации и с механизмами машинного отделения.

На военных кораблях вычислительные машины стали применяться примерно на десятилетие раньше, чем на торговых судах.

Основные направления и преимущества применения. Из рассмотрения конкретных примеров можно сделать вывод о том, что ЭЦВМ уже получили применение на морских судах в следующих четырех областях:

1) в области навигации (для определения местоположения судна по искусственным спутникам Земли, навигационных расчетов, автоматического предсказания курса, предупреждения столкновений судна, выбора маршрута судна в зависимости от погодных условий);

2) в области управления механизмами машинного отделения (для анализа и регистрации показаний контрольно-измерительных приборов, управления работой локальных систем автоматического регулирования, представления информации о работе машин на ходовой мостик, включения аварийных сигнальных устройств);

3) в области управления грузовыми операциями (для планирования погрузочно-разгрузочных работ на сухогрузных судах, управления последовательностью погрузки и разгрузки на танкерах, расчетов нагрузки корпуса крупных танкеров, контроля и регулирования температуры в трюмах рефрижераторных судов);

4) в области административных и управленческих работ (для начисления зарплаты команде, расчетов с пассажирами, учета запасов на судовых складах).

Кроме того, цифровые вычислительные машины нашли применение на судах для медицинской диагностики. Возможны и другие области их использования на судах.

Каждое направление применения ЭЦВМ на морских судах имеет свои особенности. Рассмотрим важнейшие из них, подчеркивая те преимущества, которые дают управляющие цифровые машины по сравнению с обычными управляющими системами, построенными на элементах логики и автоматики.

Система определения местоположения судна по искусственным спутникам Земли обеспечивает точность значительно большую, чем любая другая навигационная система. Для обработки данных, поступающих со спутника на борт судна, необходимо использование вычислительной машины.

ЭЦВМ получили применение и для обычных навигационных расчетов. Вычислительная машина может вести счисление пути судна, получая данные от лага и гирокомаса. Осуществляя расчеты непрерывно, вычислительная машина автоматически учитывает любое случайное изменение скорости судна, поэтому результаты счисления пути получаются точнее, чем при контроле и расчетах, выполняемых периодически вручную.

Вычислительные машины использовались и для выполнения астронавигационных расчетов. Однако емкость запоминающих устройств вычислительных машин, устанавливавшихся на транспортных судах, не позволяет хранить все необходимые данные из морского астрономического ежегодника, поэтому штурман должен при выполнении расчетов вводить в машину данные из соответствующих таблиц.

Применение вычислительной машины для автоматического управления курсом по опыту танкера «Си Соврин» оказалось эффективнее, чем использование обычного авторулевого, и позволило получить выигрыш в расходе топлива и затрате времени на выполнение рейса. Машина, ведя непрерывную прокладку курса и учитывая снос под действием ветра и морских течений, может вырабатывать своевременные корректирующие воздействия на исполнительные органы рулевого устройства судна.

Применение цифровых вычислительных машин позволяет в необходимых случаях осуществлять предсказание курса. Это бывает важным при плавании и маневрах крупнотоннажных судов в узкостях, портах и т. п. В этих условиях ввиду большой инерции корпуса крупного судна для выравнивания курса производятся слишком резкие повороты руля. Если знать тенденцию изменения курса от системы предсказания, то нежелательных резких отклонений судна и поворотов руля можно избежать. Для предсказания курса вычислительная машина решает уравнения движения судна, получая начальные данные от соответствующих датчиков в текущий момент.

Весьма важное значение имеет применение электронных цифровых вычислительных машин в области предупреждения столкновений. В этом случае вычислительная машина, установленная на судне, получает данные от радиолокаторов о положении нескольких соседних объектов (судов, барж, маяков и т. п.) и непрерывно выдает информацию о взаимном положении и относительной скорости данного судна и соседних объектов с помощью специального индикатора. Если расстояние между объектами становится меньше установленного, вклю-

чается сигнал тревоги. Такие системы увеличивают безопасность плавания судов и особенно эффективны при маневрировании в акватории порта, при плавании в тумане и т. п.

Если в области навигации судов применение ЭЦВМ позволяет автоматизировать процессы, ранее автоматизации не поддававшиеся, то несколько иное положение наблюдается при использовании вычислительной техники для управления механизмами машинного отделения. Автоматизация энергетических установок морских судов с помощью обычных средств, без ЭЦВМ, достигла в настоящее время такой степени, что стало возможным обслуживание машинных отделений без постоянной вахты. Однако и в этой области применение ЭЦВМ оказывается целесообразным, так как позволяет усовершенствовать существующие системы управления и благодаря этому увеличить экономичность и надежность работы судовых механизмов, облегчить труд операторов центрального поста управления.

Использование вычислительных машин дает преимущество даже при простой регистрации значений параметров машин, появляется возможность уплотнить на носителях информации необработанные данные о значениях регистрируемых параметров, менять программу их регистрации, при необходимости провести испытание механизмов. Однако наиболее полно преимущества применения ЭЦВМ проявляются при использовании их для анализа значений регистрируемых параметров, так как в этом случае возможно вычислять такие величины, как мощность, к. п. д., удельный расход топлива, определять место возросших по какой-либо причине потерь в тепловом цикле, способствуя тем самым повышению эксплуатационной экономичности работы энергетической установки судна.

Анализ показаний датчиков с помощью цифровой вычислительной машины может быть использован для увеличения сроков службы механизмов машинного отделения. Если с помощью специальных датчиков вести непрерывный контроль за состоянием наиболее ответственных частей машин и сопровождать его необходимыми вычислениями, то можно заранее узнать о возросшем износе и необходимости профилактического ремонта, который предотвратит поломку или аварию.

Судовая энергетическая установка имеет ряд локальных систем автоматического регулирования различных параметров: уровней жидкости в котлах, деаэраторах, конденсаторах, давлений в котлах, паропроводах, маслопроводах, температур топлива, пара, воды и масла и т. п. Особенность этих систем состоит в том, что они связаны между собой энергетическими процессами, протекающими в агрегатах и механизмах установки. В существующих системах автоматического регулирования и управления эта связь практически не учитывается, ввиду чего управление установкой в целом осуществляется не по оптимальным программам, без использования резервов, имеющихся в ее элементах. В отдельных случаях предусматривается эпизодическая корректировка уставок автоматических регуляторов, осуществляемая человеком-оператором либо непосредственно у механизма, либо ди-

Станционно — из центрального поста управления. Применение ЭЦВМ для управления работой отдельных систем автоматического регулирования энергетической установки позволяет эту корректировку выполнять не эпизодически, а непрерывно, и осуществлять управление установкой в целом по оптимальным программам. Так, например, скорость возрастания частоты вращения паровых турбин должна зависеть от температур их корпусов и ограничиваться наблюдаемым изменением уровней воды в котлах. Следовательно, для системы управления работой турбин с ходового мостика целесообразно наличие связей и с датчиками температур корпусов турбин, и с датчиками (или регуляторами) уровней в котлах. Вычислительная машина, рассчитывая тепловые напряжения в корпусах турбин, учитывая и предсказывая возможные забросы уровней воды в котлах, может управлять развитием частоты вращения по оптимальной программе, способствуя повышению маневренности судна. Другой пример — поддержание оптимального коэффициента избытка воздуха, определяющего экономичность процесса горения топлива. Для оптимизации коэффициента избытка воздуха нужно согласовывать подачу топлива и воздуха, учитывая сорт топлива, температуру и влажность воздуха, сопротивление газовоздушного тракта и т. п. Для автоматической корректировки уставок регуляторов расхода топлива и воздуха необходимы расчеты по данным специальных датчиков, которые может выполнить ЭЦВМ.

В области аварийной сигнализации и защиты применение вычислительной техники дает следующие преимущества. Обычные устройства аварийной сигнализации используют датчики релейного сигнала, ибо они должны вырабатывать аварийный сигнал лишь тогда, когда величина контролируемого параметра превзошла некоторое пороговое значение. В случае применения ЭЦВМ для целей аварийной сигнализации могут быть использованы датчики непрерывных сигналов о значениях контролируемых параметров, ибо вычислительная машина в состоянии анализировать эти сигналы и вырабатывать в необходимых случаях вторичный аварийный сигнал. Непрерывный сигнал содержит больше информации, чем релейный, и это может быть использовано для целей профилактического контроля. Цифровая вычислительная машина может выдавать рекомендации оператору о необходимых переключениях механизмов и систем и о включении резервных механизмов в аварийных ситуациях. Она может также вырабатывать сигналы для автоматического переключения механизмов с целью предупреждения или локализации аварий, выполняя эти функции в соответствии с более сложными алгоритмами, чем обычные средства аварийной защиты, не имеющие запоминающих и арифметических устройств.

Важной функцией судовой ЭЦВМ является планирование загрузки судна. Задача состоит в размещении грузов таким образом, чтобы сохранялась необходимая остойчивость судна и чтобы грузы, подлежащие выгрузке в ближайших портах, лежали сверху. Однако планирование загрузки судна может быть выполнено достаточно оптимально

лишь при условии, если имеется связь электронной вычислительной машины судна с вычислительным центром пароходства, решающим задачу о том, как распределить имеющиеся суда, чтобы с минимальными суммарными затратами перевезти грузы. Иными словами, требуется связь судовых ЭЦВМ с вычислительными центрами пароходств, осуществляемая в рамках автоматизированных систем управления (АСУ) пароходств, которые в настоящее время разрабатываются в нашей стране.

Более стабильны рейсы крупных танкеров, перевозящих всегда один и тот же груз. При управлении последовательностью погрузки и выгрузки на танкере вычислительная машина посредством гидравлических систем управляет открытием грузовых клапанов, контролируя с помощью датчиков уровень нефти в танках и способствуя повышению скорости и безопасности грузовых операций.

Для супертанкера задача рационального размещения груза имеет особое значение: в корпусе такого судна при нерациональной загрузке возникнут нежелательные напряжения. Поэтому при управлении погрузочно-разгрузочными работами на крупных танкерах появляется специфическая задача вычисления усилий и изгибающих моментов, возникающих в корпусе судна. Имеющиеся в настоящее время на крупных танкерах (Япония, Швеция) вычислительные машины, получая информацию о размещении балласта, топлива и груза, через достаточно короткие промежутки времени производят расчеты нагрузок корпуса. Если нагрузка близка к установленному пределу, вырабатывается предупредительный сигнал, а если этот предел превзойден, — сигнал тревоги. Иными словами, ЭЦВМ в этих случаях работает в режиме контролирующей машины. Более целесообразным является автоматическое изменение с ее помощью последовательности погрузочно-разгрузочных работ на танкере с целью удержания нагрузок корпуса в установленных пределах.

Применение судовых ЭЦВМ для автоматизации административных и управленческих работ на ряде конкретных судов свидетельствует о целесообразности их использования и в этой области.

Заключение

Изложенное выше позволяет сделать вывод о том, что применение вычислительной техники для автоматизации процессов управления на морских судах в ближайшем будущем получит значительное распространение и принесет существенные преимущества по сравнению с обычно используемыми средствами автоматики.

Если говорить о типе ЭЦВМ, применяемых на судах, то нужно отметить следующее. Управляющие вычислительные машины на морских судах появились недавно, но, тем не менее, уже можно проследить развитие их структуры и функций. Первые ЭЦВМ, устанавливавшиеся на морских судах, входили в управляющие комплексы специализированного назначения; они использовались либо для целей навигации, либо для контроля механизмов машинного отделения и т. п. В конце 60-х годов на морских судах появились цифровые вычислительные машины многоцелевого назначения. Они

представляют собой один центральный компьютер, размещаемый в отдельном помещении и имеющий несколько программ — для решения навигационных задач, задач по управлению двигателями и т. д. Разрабатываемые сейчас машины будут представлять собой комплекс из нескольких компьютеров (отдельно — для целей навигации, отдельно — для целей управления двигателями и т. п.), связанных друг с другом для взаимного обмена информацией в необходимых случаях и устанавливаемых в разных помещениях. Такой комплекс, по-видимому, будет иметь центральную часть, т. е. иерархическую структуру, но отдельные его части будут в значительной степени автономны. Опыт эксплуатации позволит окончательно установить рациональный тип ЭЦВМ для данного класса судов.

ОБЗОР ИНОСТРАННЫХ ЖУРНАЛОВ

MARINE ENGINEERS REVIEW, 1971 (октябрь—декабрь). Октябрьский номер журнала открывается статьей, в которой излагаются основные принципы теории надежности в приложении к анализу работы судовых систем на стадии проектирования и при эксплуатации. Далее сообщается о постройке японской фирмой Хитачи Шипбилдинг энд Энджиниринг супертанкера «Уорлд Баронесс» дедвейтом 226 000 т с паротурбинной установкой типа Кавасаки UA-350 мощностью 33 000 л. с. Судно оснащено мощной грузовой насосной системой производительностью 16 000 т/ч. Особенностью танкера является наличие системы инертного газа, предназначенной для заполнения танков во время их мойки с целью предотвращения взрывов. За счет мер по электрохимической защите корпуса от коррозии период между докованиями судна увеличен до 2,5 лет. Следующий материал посвящен судну «Седко 445», построенному в Японии для американской фирмы Шелл. Судно оснащено буровой установкой и предназначено для бурения морского дна на глубинах до 600 м. Двухвинтовой теплоход водоизмещением ~ 14 000 т имеет главный двигатель мощностью 8500 л. с. и развивает скорость до 14 уз. Высокую маневренность судну придают 11 подруливающих устройств с упором около 10 000 кгс каждое.

Большая статья ноябрьского номера журнала посвящена вопросам проектирования систем дистанционного управления судовыми дизельными установками, которые осуществляют запуск и остановку главного дизеля, изменение шага ВРШ, управление работой разобщительных муфт и дизель-генераторов. В статье рассматривается также система дистанционного управления, разработанная для паромов с движителями, расположенными в носу и корме. Серия таких паромов в настоящее время строится в Канаде. Каждое судно оснащено главным дизелем Инглиш Электрик 16 C.S.V.M. мощностью 3600 л. с. и двумя ВРШ типа Фойт Шнайдер.

Представляет интерес сообщение о создании английской фирмой Рикардо энд Ко Энджиниринг промышленного образца автономной дизельной установки мощностью 28 л. с., работающей по замкнутому циклу под водой на глубинах до 180 м. Дизель марки Перкинс D3-153 передает мощность насосу поршневого типа марки Люкас, который, в свою очередь, может подавать рабочую среду к приводам различных инструментов или подводных аппаратов. Запас топлива (керосина) и кислорода позволяет установке работать в течение 12 ч.

Декабрьский номер журнала начинается статьей о перспективах применения комбинированных газо-паротурбинных энергетических установок на судах следующих типов: трехвинтовом супертанкере водоизмещением 1 млн. т с энергетической установкой мощностью 100 000 л. с., двухвинтовом круизном пассажирском лайнере с главной установкой мощностью 18 000 л. с., балккэрнере водоизмещением 70 000 т с установкой мощностью 19 000 л. с., газовозе с установкой мощностью 43 560 л. с. Следующий материал посвящен вопросам совершенствования конструкции судового валопровода крупнотоннажных судов. Здесь рассматриваются конструкции главного редуктора, гидравлического соединительного болта типа Моргрип, главного упорного подшипника типа Пилгрим.

Применение цифровых вычислительных машин на морских судах для целей комплексной автоматизации — новое, весьма эффективное направление автоматизации судов.

ЛИТЕРАТУРА

Нелепин Р. А., Агеев В. И. Применение ЦВМ при решении задач автоматизации судов. — «Судостроение», 1970, № 7.

Lubin M., Kuljača L. Digitalno računalno na brodu. — „XIII Jugoslavenski simpozij o ETAN-u u pomorstvu“, Zadar, lipnja, 1971.

Sekano N. Computer Controlled System on board the 138000 dwt Oiltanker „Seiko Maru“. — „Holland Shipbuilding“, 1971, № 1.

Wiedenbeck K. K. Automation on board of ships. — „XIII Jugoslavenski simpozij o ETAN-u u pomorstvu“, Zadar, lipnja, 1971.

SCHIFF UND HAFEN, 1971 (№ 10—11, октябрь—ноябрь). В большой статье октябрьского номера журнала подробно рассмотрены нагрузки, действующие на судно при ходе во время волнения (удары волн, ходовая вибрация и др.). В следующем материале рассмотрены новые правила Германского Lloyd's в отношении вентиляционных установок, обслуживающих отдельные помещения танкеров и пассажирских судов. Здесь приведены рекомендации по нормам расхода, температуре и влажности воздуха, подаваемого в котельные, помещения главных и вспомогательных механизмов.

В другой статье подробно исследуется влияние направления вращения двух винтов в насадках на затрачиваемую мощность применительно к судам внутреннего плавания. Ограничения по осадке и высокий расход мощности на буксировку или условия создания упора у крупных речных толкачей и сухогрузных судов потребовали разделения мощности на два винта. Одинаковое направление их вращения считается нецелесообразным. Рекомендуются применять вращение в противоположном направлении, так как это дает экономию по мощности до 18%. Сообщается о первом баржевозе типа LASH для ФРГ, строящемся на бельгийской верфи Кокерил. Судно дедвейтом 44 300 т рассчитано на перевозку 83 лихтеров. Представляет интерес программа строительства подводных лодок для ФРГ типа «V-13» на Ховальдтсверке Дойчеверфт на сумму в 900 млн. марок ФРГ.

В одном из следующих материалов рассказано о норвежском танкере, предназначенном для перевозки химикалий и сжиженного газа. Сообщается также о контейнеровозе-рудовозе «Дарвин Трейдер» грузоподъемностью 12 100 т, построенном в Ньюкасле. В качестве грузового устройства на нем применены два порталных крана. Управление и контроль за работой главных механизмов — дистанционное из ЦПУ. Объем автоматизации обеспечивает безвахтенное обслуживание машинного отделения в ночное время. Для специалистов-механиков представляет интерес статья о новых дизелях фирмы Мак, выпускающей двигатели трех типоразмеров с диаметрами поршней 240, 320 и 450 мм мощностью от 1050 до 9000 л. с. Двигатели отличаются большим сроком службы (до 40 000 ч). В следующей статье рассказывается о противопожарной защите судов. Рассмотрены схемы систем пенотушения и углекислотной, а также спринклерной, применяемых на транспортных судах.

Ноябрьский номер журнала открывается статьей, посвященной экспериментальному исследованию переменного воздействия на корпус судна потока от кавитирующего винта. В следующей статье приведены результаты изучения влияния на сопротивление формы носовой оконечности морского судна с большим коэффициентом полноты. Рекомендуются уменьшение этого сопротивления за счет выбора обводов подводной части носовой оконечности нефтерудовоза. В статье, посвященной 20-летию судового машиностроения ФРГ, исследуется выбег судов. При сравнении теплохода и турбохода отмечается, что первое судно имеет меньший выбег, так как турбина заднего хода ограничена по мощности. Далее рассматриваются меры повышения экономичности тепловой схемы за счет применения перегрева пара из отборов, утилизации тепла уходящих газов и т. п. В следующем материале рассматривается процесс преобразования энергии в судовой энергетической установке.



ВЫБОР СПОСОБА РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ГРЕБНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ СУДОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*С. Б. Рукавишников, А. Д. Собашников,
Л. Д. Шабалин*

УДК 629.12-8

В настоящее время наряду с увеличением транспортного морского флота наблюдается рост строительства судов специального назначения — плавбаз, рефрижераторов, судовых мастерских и т. д., предназначенных для обслуживания морского транспорта. У судов этих типов гребная установка редко используется на полную мощность, поэтому применение турбозубчатых агрегатов и дизелей оказывается нерациональным.

Применение электродвижения для судов специального назначения позволит обеспечить более эффективное использование главных генераторов во всех режимах работы как при движении судна, так и во время стоянки, и приведет к уменьшению веса и габаритных размеров установки в целом.

Гребная электрическая установка (ГЭУ) может быть выполнена как на переменном, так и на постоянном токе. Питание гребных электродвигателей (ГЭД) постоянного тока соизмеримой мощности с судовой электростанцией от тиристорных преобразователей приводит к недопустимому по Правилам Регистра СССР искажению кривой напряжения на шинах ГРЩ. Так, для ГЭД мощностью, равной мощности генератора $P_{дв} = P_{г} = 3000$ квт, искажения кривой напряжения составляли 21%. В данном случае требуются специальные компенсирующие устройства.

Основной причиной искажения формы кривой напряжения является коммутация вентилей в преобразовательных установках. Величина искажения определяется параметрами элементов системы и тем больше, чем большая часть электроэнергии преобразуется в постоянный ток. Таким образом, для использования в электродвижении ГЭД постоянного тока при питании от тиристорного преобразователя необходимо разделить шины ГРЩ на секции электродвижения и судовой сети.

При использовании электродвижения на переменном токе и наличии единой электростанции для питания ГЭД и судовых потребителей напряжение и частота тока постоянны, и, следовательно, применение асинхронных и синхронных электродвигателей в соединении с винтом фиксированного шага (ВФШ) требует дополнительных устройств.

Как известно, весьма эффективным способом управления асинхронным двигателем (АД) является применение частотного регулирования. Все преобразователи частоты (ПЧ) при питании от сети переменного тока можно разделить на ПЧ со звеном постоянного тока и ПЧ без этого звена. Вентильные ПЧ без звена постоянного тока в силу сложности системы управления, высокой стоимости, а главное — ограниченного диапазона регулирования напряжения и частоты, не получили широкого промышленного применения. Главным же недостатком, исключающим возможность использования ПЧ со звеном постоянного тока для мощной ГЭУ, является наличие выпрямителя с расчетной мощностью, такой же, как у обычного выпрямителя для ГЭД постоянного тока, что приводит, как показано выше, к недопустимому искажению формы кривой напряжения.

Другим методом регулирования частоты вращения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором является изменение напряжения на его зажимах. Существует несколько способов изменения напряжения, наиболее простым из которых является включение в фазы статора реактора с подмагничиванием. Этот способ малоэкономичен, и его применяют из соображений простоты, надежности и, в случае отсутствия других возможностей регулирования, при небольших мощностях, когда большую часть времени двигатель работает с высокими частотами вращения. При их снижении значительно уменьшаются к. п. д. и коэффициент мощности. Все это ограничивает применение в ГЭУ дроссельного регулирования.

Одной из наиболее эффективных схем изменения напряжения с помощью тиристорov является вариант включения их в фазы статора двигателя, позволяющий осуществлять плавное регулирование напряжения. Кроме того, тиристоры в данной схеме могут выполнять функции статического контактора, т. е. отключать и включать асинхронный двигатель, а также осуществлять его защиту от токов короткого замыкания и перегрузок.

Данная схема управления по числу тиристорov и сложности равноценна системе «статический преобразователь — двигатель постоянного тока», уступающая последней в энергетических показателях. При регулировании частоты вращения асинхронного двигателя рассматриваемым способом кривая выходного напряжения в зависимости от угла регулирования резко искажается. Это приводит к появлению высших гармоник, что ограничивает использование данной схемы только двигателями малой мощности.

Управление напряжением на зажимах можно осуществлять путем изменения возбуждения гене-

ратора. В этом случае система амплитудно-фазового компаундирования отключается, и питание обмотки возбуждения генератора обеспечивается отдельным регулируемым источником. Способ весьма

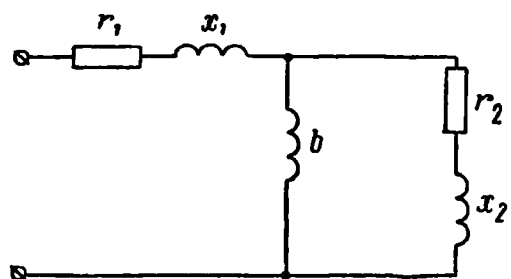


Рис. 1. Схема замещения асинхронного двигателя.

прост, и регулирование напряжения возможно в широком диапазоне. Однако при изменении напряжения момент вращения асинхронного двигателя не изменяется в соответствии с характеристикой гребного винта. Так, момент вращения асинхронного двигателя при $f = \text{const}$ пропорционален квадрату напряжения $M_{\text{дв}} = k_{\text{дв}} u^2$. Момент сопротивления гребного винта пропорционален квадрату скорости

$$M_{\text{в}} = k_{\text{в}} n^2,$$

где $k_{\text{дв}}$, $k_{\text{в}}$ — соответствующие коэффициенты пропорциональности;

u — напряжение на зажимах электродвигателя;

n — частота вращения гребного винта.

Величина $M_{\text{дв}}$ зависит также еще и от скольжения, следовательно, при понижении напряжения вместе с уменьшением момента вращения увеличивается скольжение асинхронного двигателя, что вызывает возрастание тока. Можно выбрать асинхронный двигатель повышенной мощности и использовать его при $I = \text{const}$ на всем диапазоне изменения частоты вращения.

Покажем на примере двигателя с параметрами (в относительных единицах) $r_1 = 0,01$, $x_1 = 0,125$, $r_2 = 0,015$, $x_2 = 0,083$, $b = 0,36$ (схема замещения двигателя представлена на рис. 1), что увеличение расчетной мощности асинхронного двигателя при данном способе управления значительно. На рис. 2 представлены характеристики асинхронного двигателя.

Как видно из сравнения кривых 3 и 5 (см. рис. 2), асинхронный двигатель при $I_1 = 1$ не развивает необходимого момента вращения во всем диапазоне изменения частоты вращения. Для того чтобы при скольжении $s = 0,1$ $M_{\text{дв}}$ (точка k) равнялся моменту сопротивления гребного винта $M_{\text{в}}$ (точка m), необходимо увеличить его в 4 раза, а для этого следует повысить ток и мощность асинхронного двигателя вдвое.

При другом соотношении параметров двигателя рост мощности может быть меньшим. Подобные построения, проведенные для глубокопазного двигателя типа ГАМТ-6—138-10 при использовании его в режиме номинального тока и изменяемом напряжении, дают увеличение тока и мощности в 1,75 раза, но зато эти двигатели имеют худший к. п. д. Такое же значение тока и мощности получается и у «двухклеточных» двигателей.

По мере снижения частоты вращения ГЭД ток двигателя будет уменьшаться. С целью определе-

ния точки винтовой характеристики, начиная с которой окажется возможным регулирование скорости изменением напряжения при постоянной частоте (без увеличения расчетной мощности двигателя),

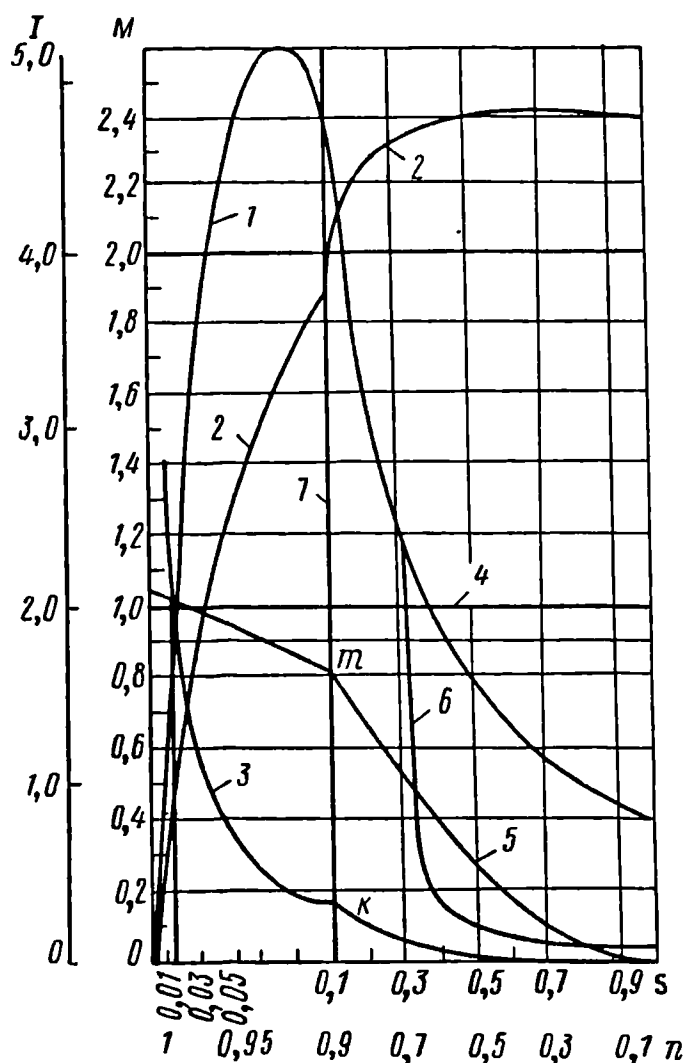


Рис. 2. Характеристики асинхронного двигателя.

1, 2 — $M(s)$ и $I(s)$ при $f=1$, $u=1$; 3, 4 — $M(s)$ и $I(s)$ при $f=1$, $I=1$; 5 — характеристика гребного винта $M_{\text{в}}(n)$; 6 — $M(s)$ при $f_1=0,7$, $I=1$ и $u=\text{var}$; 7 — линия разделения масштабов.

были построены (в относительных единицах) характеристики двигателя для ряда значений напряжений (при $f = 0,5 f_{\text{н}}$), показанные на рис. 3. Рас-

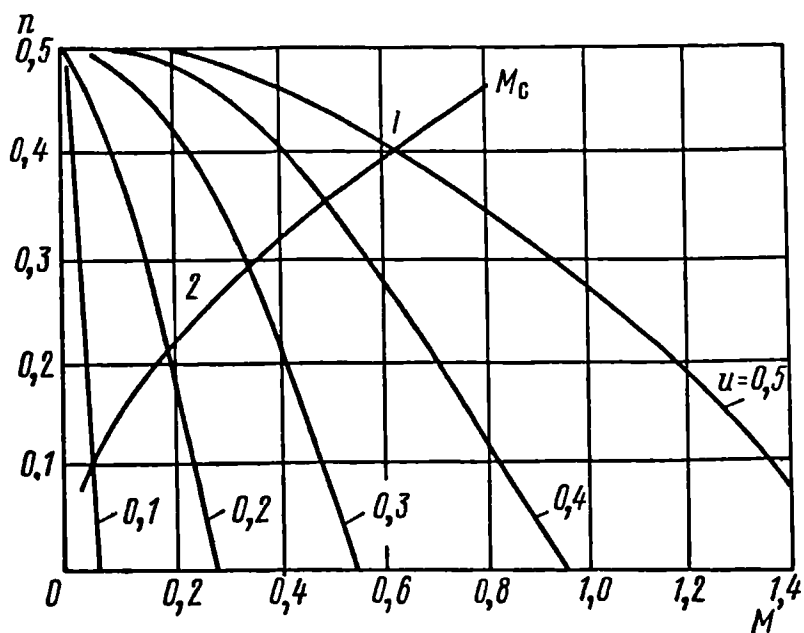


Рис. 3. Механические характеристики асинхронного двигателя при частоте $f = 0,5 f_{\text{н}}$.

чет производился для двигателя мощностью $P = 2800$ квт. Точкам 1 и 2 (см. рис. 3) соответствуют потребляемые токи двигателя, равные $2,17 I_{\text{н}}$ и $1,15 I_{\text{н}}$. Следовательно, регулирование возможно только от $n = 0,25$ (вниз).

Из приведенного рассмотрения возможных способов управления гребным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором видно, что его применение в составе ГЭУ в качестве ГЭД нецелесообразно.

Рассмотрим асинхронный двигатель с фазным ротором. В этом случае регулирование скорости можно осуществить путем введения сопротивления в цепь ротора; применением асинхронного двигателя с поворотным статором; выполнением схемы в двухдвигательном асинхронном варианте при использовании схем двойного питания.

В первом случае применение контроллерных или релейно-контакторных схем ступенчатого регулирования скорости асинхронного двигателя с фазным ротором не позволяет обеспечить достаточно широкий диапазон регулирования без значительного усложнения схемы и увеличения числа контактных элементов. Поэтому следует считать этот способ регулирования асинхронного двигателя большой мощности нерациональным.

Наиболее полно требованиям ГЭУ отвечают способы бесконтактного регулирования. Однако потеря большой мощности (для асинхронного двигателя на 2800 кВт при регулировании в диапазоне 30—170 об/мин максимальное значение потерь в цепи ротора составляло 1400 кВт), проблемы размещения и охлаждения сопротивлений цепи ротора и низкий $\cos \phi$ установки делают нецелесообразным применение систем регулирования частоты вращения с потерей энергии скольжения в роторной цепи.

Возможен способ регулирования с использованием асинхронного двигателя с поворотным статором. В этом случае статорные обмотки двигателей включаются на сеть, а роторные обмотки подсоединяются последовательно через постоянно включенные сопротивления. Двигатель устанавливают на фундаменте, один конец его вала соединяют с винтом фиксированного шага, а другой — со вторым двигателем, статор которого поворачивается при помощи серводвигателя небольшой мощности (рис. 4). При согласованном положении статоров,

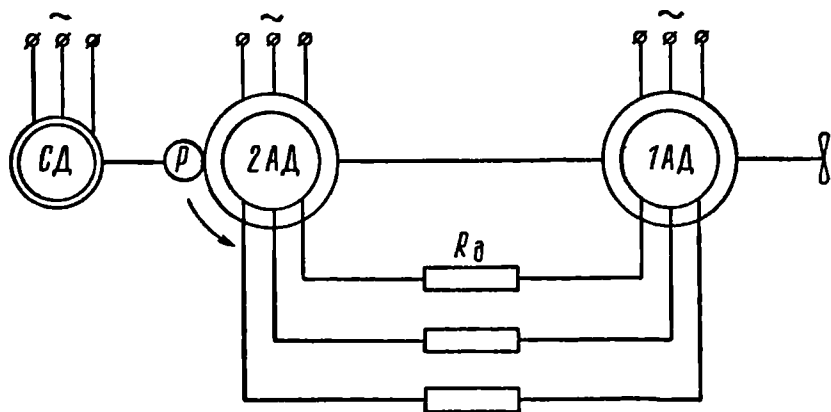


Рис. 4. Схема асинхронного двигателя с поворотным статором.

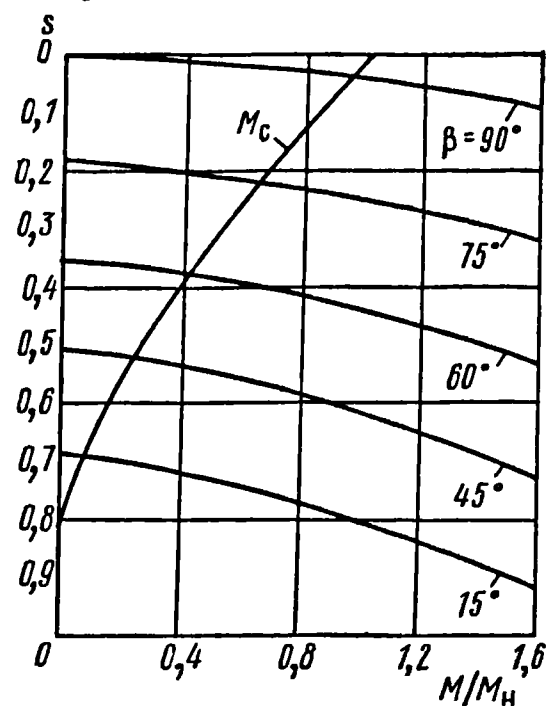
СД — серводвигатель; Р — редуктор; R_0 — добавочное сопротивление.

когда угол поворота статора двигателя 2АД $\theta = 0$, э. д. с. роторных обмоток направлены встречно, и их результирующее значение равно нулю. Ток в роторной цепи не проходит, и развиваемый момент также равен нулю. Если повернуть статор двигателя на некоторый угол, отличный от нуля ($\theta \neq 0$),

то результирующая э. д. с. будет иметь конечное значение, в роторе появится ток, и, следовательно, возникнет момент на валу. С возрастанием θ увеличивается результирующий момент и, как следствие, частота вращения гребного вала. Таким об-

Рис. 5. Механические характеристики вентильного каскада с промежуточной цепью постоянного тока.

M_c — момент сопротивлений гребного винта; β — угол управления инвертора.



разом, оказывается возможным плавно регулировать частоту вращения винта фиксированного шага в широком диапазоне (6:1), при этом пусковой ток не превышает 20—30% I_n .

Главным недостатком, исключающим применение этой системы для привода с винтом фиксированного шага, является потеря энергии скольжения в роторных цепях, а также большие габариты установки. Привод с поворотным статором имеет примерно такие же энергетические показатели, как и при реостатном регулировании частот вращения асинхронного двигателя, что было рассмотрено выше.

В двухмашинном асинхронном приводе, как и в случае использования двигателя с поворотным статором, вместо одного асинхронного агрегата устанавливаются два (с половинной мощностью), имеющие возможность с помощью муфт работать на один вал. При этом каждый из двигателей регулируют отдельно. Несмотря на такие недостатки, как большой вес и габариты, необходимость двух систем управления и эквивалентность по энергетическим показателям одномашинному варианту, двухмашинную систему целесообразно устанавливать на судах, длительно работающих на малых скоростях хода, когда возможна продолжительная работа одного двигателя. В этом случае повышаются к. п. д. и коэффициент мощности установки и обеспечивается глубокое регулирование частоты вращения. Если будет применена машина двойного питания, то в цепь ротора вводится добавочная э. д. с. от постороннего источника. На рис. 5 показаны механические характеристики вентильного каскада с промежуточной цепью постоянного тока, рассчитанные для асинхронного двигателя мощностью 2800 кВт. Из приведенных кривых видно, что асинхронный вентильный каскад имеет удовлетворительные механические характеристики и обеспечивает работу ГЭД во всем диапазоне частот вращения. Установка имеет значительные вес и объем, что обусловлено наличием двух комплектов вентиля на номинальную мощность для выпрямителя и

инвертора. При регулировании скорости ГЭД в диапазоне 30—140 об/мин для двигателя указанной выше мощности требуется согласующий трансформатор на 2600 квт. При пуске и в режимах глубокого регулирования частоты вращения ГЭД инвертирование в сеть такой мощности приведет к искажению формы напряжения сети больше, чем при использовании ГЭД постоянного тока с тиристорным преобразователем. Все это делает использование чисто каскадных схем неприемлемым для ГЭД. Однако этот способ может быть использован при регулировании частоты вращения, имеющей величину ниже $0,5n_n$. Потребляемая максимальная мощность ГЭД в этом режиме не превышает $0,25P_n$ и на эту же мощность должен быть выбран и вентильный преобразователь. Изменением углов управления тиристором достигается плавное регулирование в диапазоне малых частот вращения. Во время стоянки судна или на полных ходах преобразователи могут быть отключены и использованы для питания потребителей постоянного тока.

В пределах $(1—0,5)n_n$ простым и эффективным способом является отключение гребных генераторов от общесудовых шин и регулирование ГЭД путем воздействия на регуляторы дизелей, т. е. изменением их частоты вращения.

СИНХРОНИЗАЦИЯ СУДОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ С ПОМОЩЬЮ ТОКОГРАНИЧИВАЮЩЕГО РЕАКТОРА

А. М. Павлюченков, Ф. Н. Старков

УДК 621.313.322:629.12

Характерной особенностью современных судовых электроэнергетических систем является соизмеримость мощностей синхронных генераторов и подключаемой нагрузки, а также наличие большого числа потребителей, включение и отключение которых происходит автоматически. Коммутационные режимы сопровождаются, как правило, колебаниями частоты, силы тока, обменной мощности машин и напряжения сети.

При указанных условиях введение судовых генераторов в параллельную работу способом точной ручной синхронизации затруднительно, а процесс автоматической точной синхронизации затягивается. Даже у квалифицированного электромеханика операция подгонки или выравнивания частоты вращения и угла сдвига фаз до допустимых пределов требует большого навыка и занимает достаточно много времени. При несоблюдении условий синхронизации или ошибочном несинхронном включении агрегатов с большим рассогласованием по углу в генераторах возникают электромагнитные моменты такой величины, которые могут привести к аварии.

Для обеспечения поддержания постоянства мощности на промежуточных режимах напряжение регулируется по закону $u = \sqrt{f}$. При достижении частоты $0,5f_n$ прекращается регулирование частоты вращения дизеля, а в цепь ротора включается преобразователь «выпрямитель—инвертор». Регулирование далее осуществляется по схеме асинхронно-вентильного каскада. Очевидно, что этот способ приемлем и для двухмашинного асинхронного привода. Следует указать на возможность использования в единой электроэнергетической установке ГЭУ с асинхронизированным синхронным двигателем. Эти системы в настоящее время находятся в стадии разработки и исследований.

Заключение. Сопоставление вариантов ГЭД постоянного и переменного тока показывает, что из рассмотренных способов регулирования ни один не обеспечивает необходимого диапазона регулирования без принятия дополнительных мер (в отношении средств улучшения гармонического состава тока и напряжения судовой сети, значительного увеличения мощности двигателя и т. д.).

В настоящее время следует признать целесообразным комбинированное регулирование: дизелем на высоких частотах вращения и каскадным способом регулирования — на низких.

Для автономных электроэнергетических установок вообще и особенно для судов с автоматизированной электростанцией надежность работы схем, узлов машин, отдельных блоков, а также надежность включения генераторов в параллельную работу и уменьшение времени их синхронизации имеют первостепенное значение.

Накопленный опыт эксплуатации электростанций на судах Балтийского морского пароходства (БМП) показал, что наиболее надежно введение генераторов в параллельную работу путем синхронизации с помощью реактора, который обеспечивает:

- безотказное и правильное подключение генераторов при указанных выше колебаниях нагрузки, напряжения и частоты тока в сети;

- безопасность с точки зрения возникающих электромагнитных моментов и уравнивающих токов в генераторах, наибольшие значения которых при правильно выбранном реакторе не превышают номинальных даже в случае включения генераторов в параллельную работу с максимальным углом рассогласования в 180 электрических градусов и скольжением $\sim 2—4\%$;

- быстрое выполнение операций при наличии малоопытного обслуживающего персонала, поскольку схема включения очень проста.

Этот способ нашел широкое распространение на судах (табл. 1) и хорошо зарекомендовал себя. Он заключается в том, что синхронизируемые машины подключаются друг к другу через малогабаритное токоограничивающее индуктивное сопротивление (реактор), которое отключается в момент

Таблица 1
Способы синхронизации на судах Балтийского
морского пароходства

Тип судна	Основной			Резервный		Примечание
	через реактор	при помощи синхронизатора	при помощи ламп синхронизации	при помощи синхроскопа	при помощи ламп синхронизации	
«Игаркалес»	+	—	—	—	+	Ручное включение выключателя генератора
«Красноград»	+	—	—	—	—	
«Краснокамск»	+	—	—	—	+	Автоматическое включение выключателя генератора
«Новгород» *	—	+	—	—	+	
«Брянсклес»	+	—	—	—	+	
«Выборг»	++	—	—	+	+	
«Иловайск»	+	—	—	+	+	
«Михаил Калинин»	—	+	—	+	+	
«Александр Пушкин»	++	—	—	+	+	
«Советский воин»	—	+	—	+	—	
«Вытегралес»	—	+	—	+	—	
«Волгалес»	—	—	+	—	—	
Процент от общего количества судов	60	37	3	—	—	

* Автоматизированное судно.

** Реактор со стальным сердечником.

включения автомата синхронизируемого генератора после затухания переходного процесса (1—3 с).

В состав схемы грубой синхронизации входят один контактор или автоматический выключатель

на каждый генератор, один реактор на схему и несколько групп предохранителей, количество которых зависит от принятой схемы защиты реактора. Наличие дополнительных элементов в схеме грубой синхронизации не приводит к увеличению габаритов распределительных устройств. Что касается их стоимости, то все элементы, за исключением реактора, общепромышленного типа и поэтому не требуют значительных затрат. Реактор же при серийном изготовлении также стоит недорого, поэтому дополнительные затраты, по сравнению со способом ручной точной синхронизации, вполне оправданы получаемыми выгодами. Если же сравнивать способ грубой и автоматической точной синхронизации, то можно отметить следующее: автосинхронизатор значительно сложнее и дороже; процесс подгонки частоты с большой точностью при условии ее колебания более длителен, чем при грубой синхронизации; отыскание и устранение неисправностей в автосинхронизаторе в судовых условиях затруднительно и требует наличия специалистов высокой квалификации; применение автосинхронизатора предъявляет дополнительные требования к коммутационной аппаратуре генераторов. Ввиду этого на судах с неавтоматизированной электростанцией, где включение и отключение генераторов осуществляется обслуживающим персоналом, вполне оправдано и наиболее целесообразно применение способа грубой синхронизации.

На судах Балтийского морского пароходства установлены реакторы различных типов (табл. 2). Наибольшее количество реакторов поставлено фирмой Сименс (табл. 3). Они предназначены для синхронизации судовых генераторов с первичным двигателем — дизелем фирмы Зульцер для частоты вращения 500—1000 об/мин.

Данные табл. 3 показывают, что даже для генераторов мощностью 700—1000 кВА масса реактора не превышает 45 кг при высоте и диаметре

Таблица 2
Параметры реакторов на судах БМП

Название судна	Фирма-изготовитель (страна)	Генераторы			Реакторы			
		тип	количество × мощность (кВА)	x' , о. е.	фирма-изготовитель	тип	размеры, мм	масса, кг
«Иловайск»	Дессау (ГДР)	SSED639-12	3×460	—	Дессау	DS-1730	420×300×300	54
«Выборг»	Дессау (ГДР)	SSED912-12	3×330	0,18	Дессау	DS4-6801		
		SSED910-12	1×250	0,18		—	620×595×485	275
«Игаркалес»	Ганс Стилл (ФРГ)	DK666-10/2	2×200	0,256	Сименс	KD50y	315×190×300	20
		DK664-10/2	1×110	—				
«Красноград»	Сименс (ФРГ)	F3224-10D	2×375	—	Сименс	KD85y	370×370×350	26
		F3124-10D	2×250	—				
«Краснокамск»	Стромберг (Финляндия)	HSSTL11/555	2×375	0,185				
		HSSTL11/356	2×250	—	Стромберг	KKHAE	280×280×400	—
«Комсомолец Эстонии»	ACEA (Швеция)	GAD99	2×550	0,185	—	—	—	—
		GAD97	1×230	0,2				

Таблица 3

Основные показатели реакторов фирмы Сименс

Мощность генератора, кВа (при $U_{ном}=400$ в; $f=50$ гц)	Высота, мм	Диаметр, мм	Масса, кг
70—92	340	320	14
93—125	340	320	16
126—167	340	320	17
168—222	340	320	19
223—254	330	370	22
255—394	350	370	26
395—527	370	370	31
528—700	465	430	39
701—925	465	430	45

менее 0,5 м. Величину массы и габаритов реактора определяют:

1. Коэффициенты геометрии α и ρ , где $\alpha = \frac{h}{D}$; $\rho = \frac{b}{D}$ (D — средний диаметр катушки фазы реактора (базовый размер); h — высота катушки; b — ширина катушки).

2. Индуктивное сопротивление x_p , которое обеспечивает при угле сдвига фаз 180° провал напряжения не более 20%.

3. Кратковременно допустимая температура нагрева изоляции обмотки провода $\theta_n + \tau$ (θ_n и τ — температуры окружающей среды и перегрева, $^\circ\text{C}$). Так, обмоточный провод с кремнийорганической изоляцией ПСД или ПСДК, который широко применяется в отечественном электромашиностроении, допускает температуру нагрева, равную 180°C . Если режим работы обмотки кратковременный, как при синхронизации генераторов, можно исходить при расчете реактора из $\theta_n + \tau = 200 \div 220^\circ\text{C}$.

4. Расчетное время $t_{нс}$ протекания по обмотке реактора тока несинхронного включения $I_{нс}$.

По данным эксплуатации схем синхронизации с помощью реактора на судах пароходства, процесс втягивания генератора в параллельную работу длится всего лишь одну-две, максимум три секунды. В соответствии с Правилами Регистра СССР, реактор следует рассчитывать на $n=3$ включений подряд. Значит, суммарное расчетное время режима синхронизации составляет около $t_{нс} n = 9$ с.

Покажем на конкретном примере синхронизации двух генераторов типа МСК 112-4 ($S_{ном}=375$ кВа, $n_{ном}=1500$ об/мин) методику расчета реактора, которая удовлетворяет данным табл. 3 и определяет его оптимальные массу и габариты. Исходные данные для расчета: $U_{ном}=400$ в — номинальное напряжение; $I_{ном}=542$ а — номинальный ток; $x'_{dr}=0,202$ (в относительных единицах) — переходное индуктивное сопротивление генератора; $\alpha=0,4$; $\rho=0,6$; $\theta_n=45^\circ\text{C}$; $\tau=155^\circ\text{C}$; $\theta_n + \tau=200^\circ\text{C}$ (провод ПСД); $\varphi=0,68$ — коэффициент заполнения обмотки медью; $\Delta U=20\%$ — наибольший провал напряжения при угле 180° ; $x_p=2,0$ (в относительных единицах) — сопротивление реактора, обеспечивающее $\Delta U=20\%$ (можно принимать в приближенных расчетах равным $8 \div 10 x'_{dr}$).

Указанные значения α , ρ и φ можно рекомендовать как средние для реакторов без стального сердечника.

Расчет.

1. Приведенное индуктивное сопротивление цепи генератор—линия связи—генератор

$$x'_d = x'_{dr} + x_p + x'_{dr} = 2,4$$

или

$$x'_d = \frac{x'_d U_{ном. \phi}}{I_{ном}} = 1,02 \text{ ом.}$$

2. Сечение меди обмотки реактора

$$q = \frac{2U_{ном}}{\sqrt{3}x'_d} \frac{\sqrt{t_{нс}n}}{M} = 9,15 \text{ мм}^2,$$

где $M=148$ — коэффициент, выбираемый по θ_n и $\theta_n + \tau$ на рис. 1.

3. Индуктивность катушки реактора

$$L_p = \frac{x_p \cdot 10^3}{2\pi f_{ном}} = 2,7 \text{ мГ;}$$

$$(x_p = \frac{2,0 \cdot 230}{542} = 0,85 \text{ ом}).$$

Для сравнения укажем, что на теплоходе «Красногвардейск» для синхронизации двух генераторов мощностью по 550 кВа применяется реактор с индуктивностью $L_p=2,5$ мГ.

4. Базовый размер или средний диаметр

$$D = \sqrt[5]{\frac{L_p (30\alpha + 13,5 + 13,5\rho) q^2 \cdot 100}{(\pi \alpha \rho \varphi)^2 (30 - 20\rho + 10\rho^2)}} = 10,6 \text{ см.}$$

5. Размеры катушки реактора:

$$h = \alpha D = 4,24 \text{ см; } b = \rho D = 6,36 \text{ см;}$$

$$D_{вн} = D - b = 4,24 \text{ см; } D_{нар} = D + b = 16,96 \text{ см.}$$

6. Количество витков катушки

$$w = \frac{D^2 \alpha \rho \varphi 100}{q} = 200.$$

7. Масса меди катушек трех фаз

$$G_{сп} = 3 \frac{\pi w D \gamma q}{105} = 16,3 \text{ кг.}$$

Если обусловить, что вспомогательные комплектующие реактор материалы составляют 0,3 $G_{сп}$, получим полную массу реактора следующей величины: $G_p \approx 21$ кг. В табл. 2 масса реактора для мощности 295—400 кВа равна 26 кг.

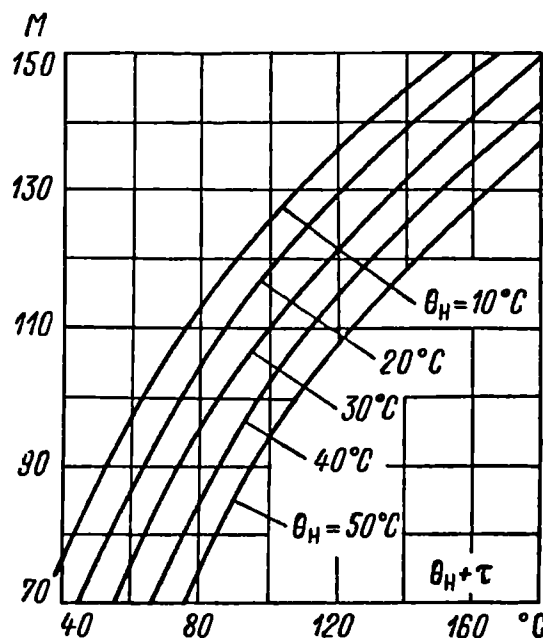


Рис. 1. Семейство кривых к расчету сечения обмотки реактора при кратковременном режиме работы.

Расчеты и сопоставления реакторов на судах различных типов дают возможность рекомендовать проектно-конструкторским организациям руководствоваться указанными выше величинами: $t_{расч.1} = t_{нс} n = 9 \div 10$ с; $\theta_n + \tau = 200^\circ\text{C}$; $x_p = 2,0$ о.е.

Изоляция обмотки предполагается кремнийорганической.

Данные ряда зарубежных фирм в отношении расчетного времени работы реактора и температу-

ры нагрева весьма противоречивы. Так, например, для реактора на теплоходе «Александр Пушкин» (постройки ГДР) расчетное время равно 2с при изоляции класса Н; на теплоходе «Красногвардейск» (постройки фирмы Стромберг, Финляндия)

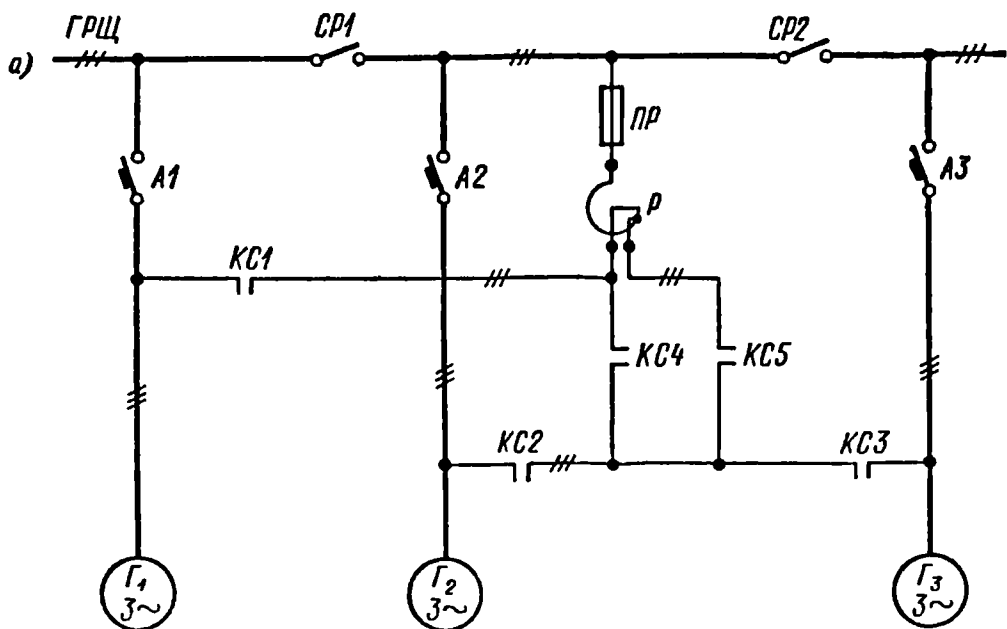


Рис. 2. Схема цепи главного тока с секционированным реактором и односторонней защитой (а) и схема управления синхронизацией через реактор с таблицей замыкания контакторов синхронизации (б) на теплоходе «Игаркалес».

А — автоматический выключатель генератора; АБП — автоматический выключатель берегового питания; КС — контактор синхронизации; КУС — контактор уравнивающей связи обмоток возбуждения генераторов; ПР — предохранитель; Р — реактор; РВ — реле времени; РОМ — реле обратной мощности; СР — секционный рубильник; ТН — трансформатор напряжения; УКА — управляющая катушка автоматического выключателя генератора; «синхр» — кнопка включения генераторов в параллельную работу через реактор.

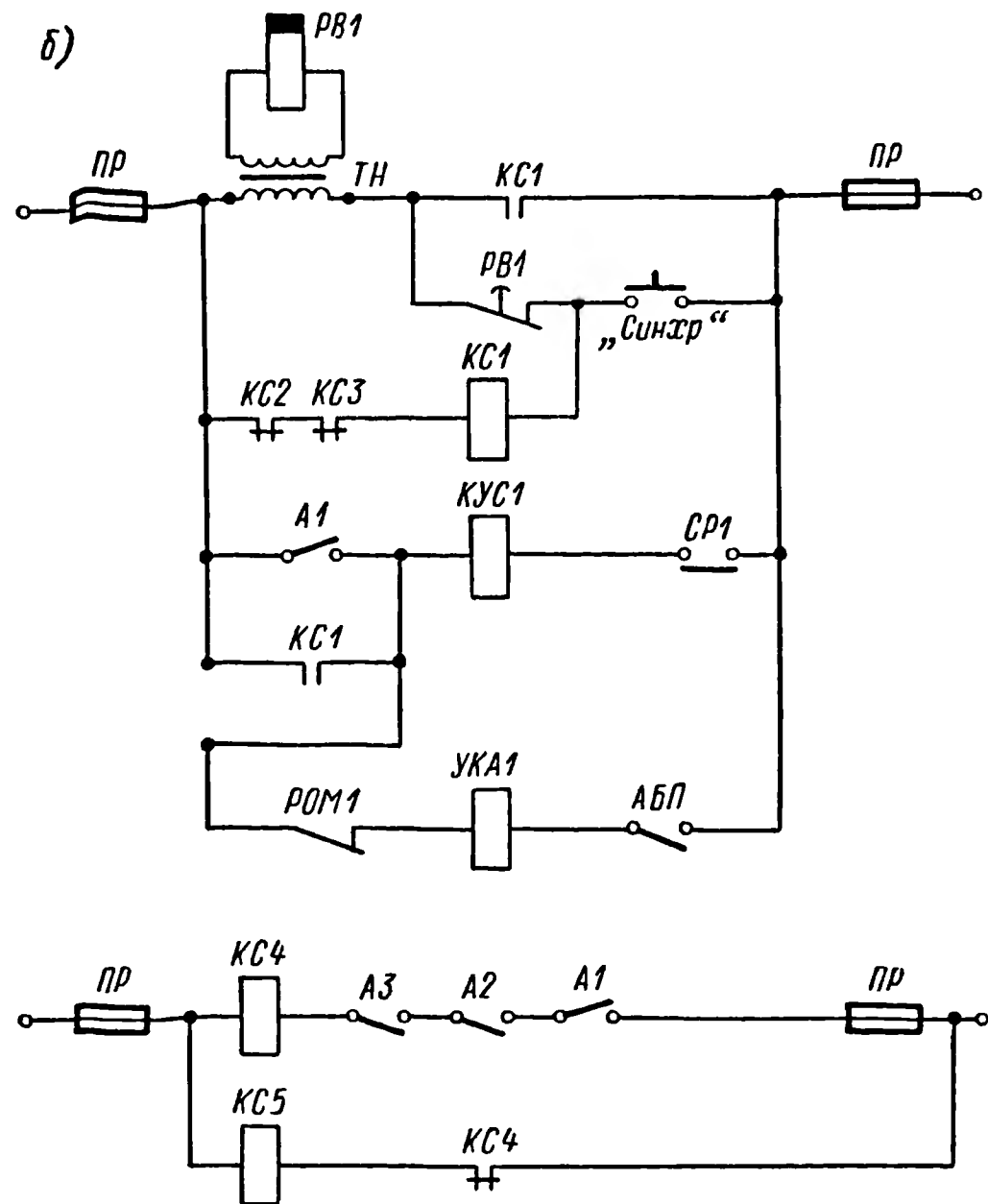
расчетное время составляет уже 5×5с; на судне «Александр Ульянов» (постройки ГДР) 2×1 мин при изоляции класса Б.

Некоторые зарубежные фирмы в схемах синхронизации судовых генераторов применяют реакторы со стальными сердечниками. Масса таких реакторов во много раз больше массы реакторов без сердечника. На судах типа «Выборг» (ГДР) для генераторов мощностью 330 кВА масса реактора с сердечником равна 275 кг при габаритах 620×595×485 мм, а на судах типа «Иловайск» при несколько большей мощности генераторов (460 кВА) масса реактора без сердечника составляет всего 54 кг при габаритах 420×300×300 мм.

Длительный опыт эксплуатации дизельных судов типа «Выборг» и «Александр Пушкин», имеющих реакторы со стальным сердечником, не выявил каких-либо их преимуществ по сравнению с реакторами без сердечников, установленных на судах типа «Игаркалес», «Красноград», «Иловайск». А в отношении качества электроэнергии переходного процесса следует ожидать даже обратного эффекта из-за нелинейной зависимости потока индукции В в сердечнике от напряженности магнитного поля Н.

Надежность работы судовой электроэнергетической системы в режиме синхронизации при любой конструкции реактора зависит также и от того, каким способом подключаются генераторы в параллельную работу. Структуры схем цепи главного тока судов типа «Игаркалес», «Выборг», «Краснокамск» и «Комсомолец Эстонии» показаны на рис. 2, а, 3, 4, 5, а. Если судовая электростанция укомплектована различными по мощности генера-

торами, иногда применяется секционированный реактор (рис. 2, а). Разделение обмотки реактора на секции неоправданно усложняет схему из-за необходимости установки дополнительных контакторов. Проверено, что при соотношении мощностей 1:1,5



Включаемый генератор	Работающий генератор	Работа контакторов		Работа реактора
		КС4	КС5	
ДГ 1	к ДГ2, 3 или к ДГ2 + ДГ3			Полный реактор
ДГ 2	ДГ3 или ДГ3 + ДГ1			Часть реактора
ДГ 3	ДГ2 или ДГ2 + ДГ1			Часть реактора
ДГ 2 или ДГ 3	ДГ 1			Полный реактор

и даже 1:2,5, например, на судах типа «Брянск-лес», реактор без секционирования обмотки обеспечивает надежную и устойчивую синхронизацию генераторов. При этом, однако, следует иметь в виду, что, если на судне имеется стояночный генератор, не предназначенный для параллельной работы на основных режимах, то подключение его к шинам через реактор можно не предусматривать. Это упрощает схему и облегчает выбор реактора с наиболее оптимальными параметрами.

Для подключения синхронизируемого генератора через реактор к шинам ГРЩ применяются контакторы (КС — на рис. 2, а, 4, 5) или автоматические выключатели (АС на рис. 3). Наибольшее распространение получили контакторы из-за меньших габаритов и веса по сравнению с автоматическими выключателями. Значение номинального тока контакторов и выключателей в цепи реактора раз-

личные фирмы выбирают в пределах от 13 до 70% от величины номинального тока генератора. Верхний предел (70%) необоснованно завышен. Опыт эксплуатации судов Балтийского морского пароходства показывает, что при пределе 13% (на судах

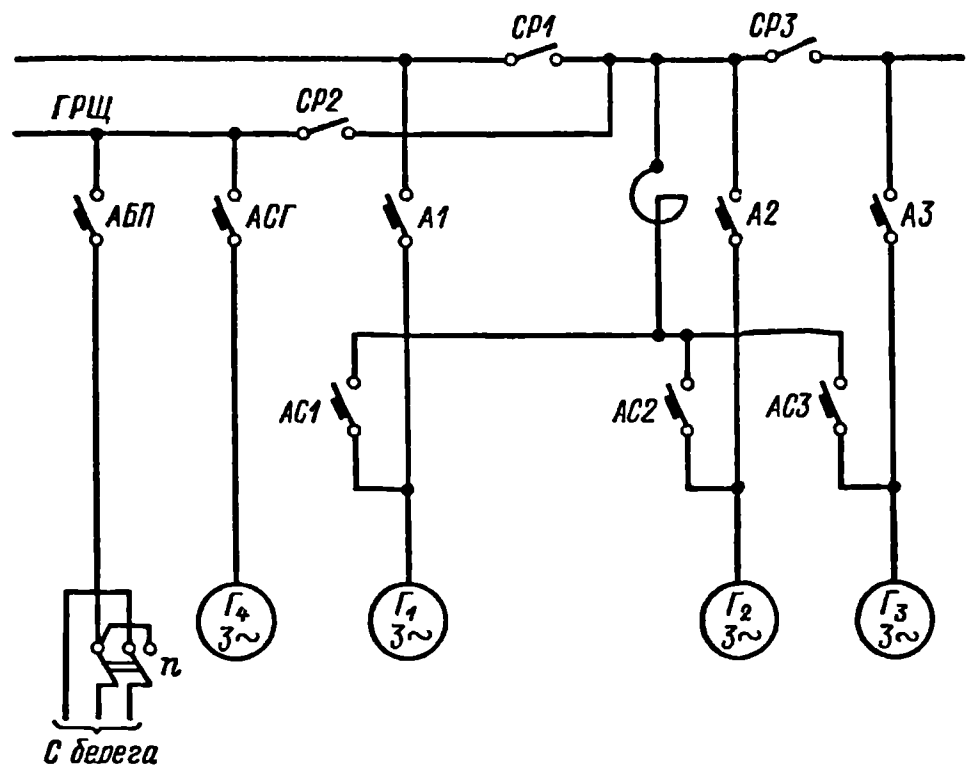


Рис. 3. Схема главного тока с автоматическим выключателем в цепи реактора на теплоходе «Выборг». АС — автоматический выключатель синхронизации.

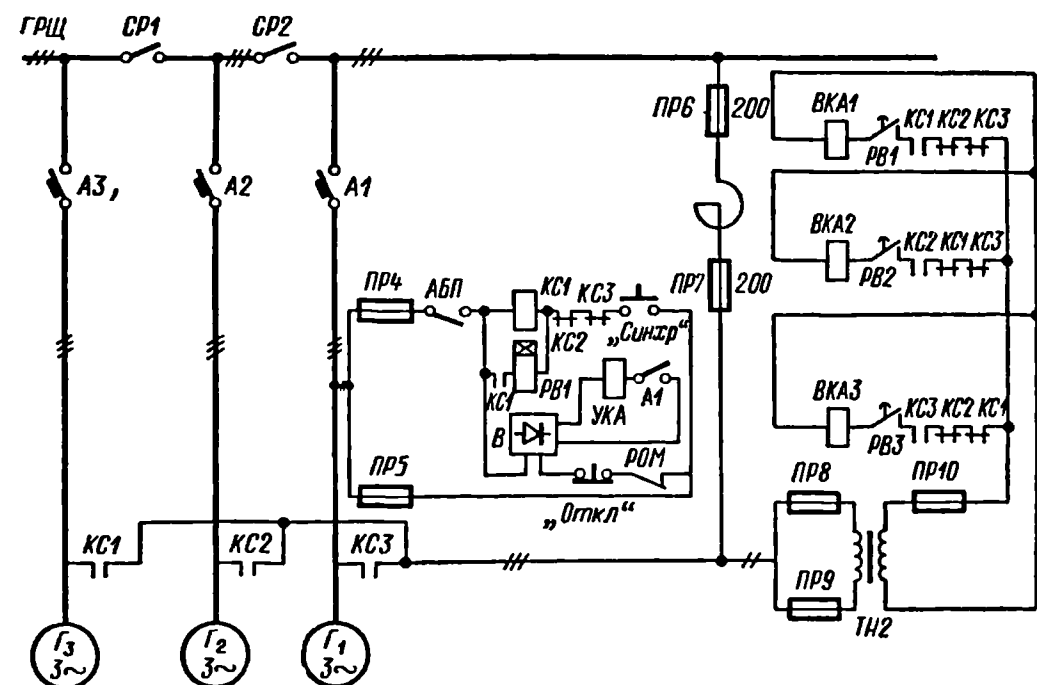


Рис. 4. Схема синхронизации генераторов с двусторонней защитой реактора на теплоходе «Краснокамск». ВКА — включающая катушка выключателя генератора.

типа «Красноград») схема работает вполне надежно и случаев выхода контакторов из строя не наблюдалось. Сечение кабеля цепи реактора обычно составляет (21—25)% от сечения кабеля генератора. Защита реактора в различных схемах выполнена по-разному. В одних случаях она вообще отсутствует, в других — предусматривается только на вторичной стороне реактора (см. рис. 2, а), а иногда и с обеих его сторон (рис. 4, 5, а). На рис. 3 защита обеспечивается автоматическими выключателями АС1, АС2 и АС3. Учитывая, что выход реактора из строя может привести к привариванию контактов контактора или автомата, для отключения аварийного участка следует предусматривать предохранители как со стороны шин, так и генератора (см. рис. 5, а). Автоматические воздушные выключатели имеют большие габариты и сложнее по сравнению с контакторами, поэтому применение их

для подключения реактора, учитывая надежную работу контакторов, нежелательно.

Схемы цепей управления процессов синхронизации даны на рис. 2, б, 4, 5, б. Каждая из них имеет свои особенности.

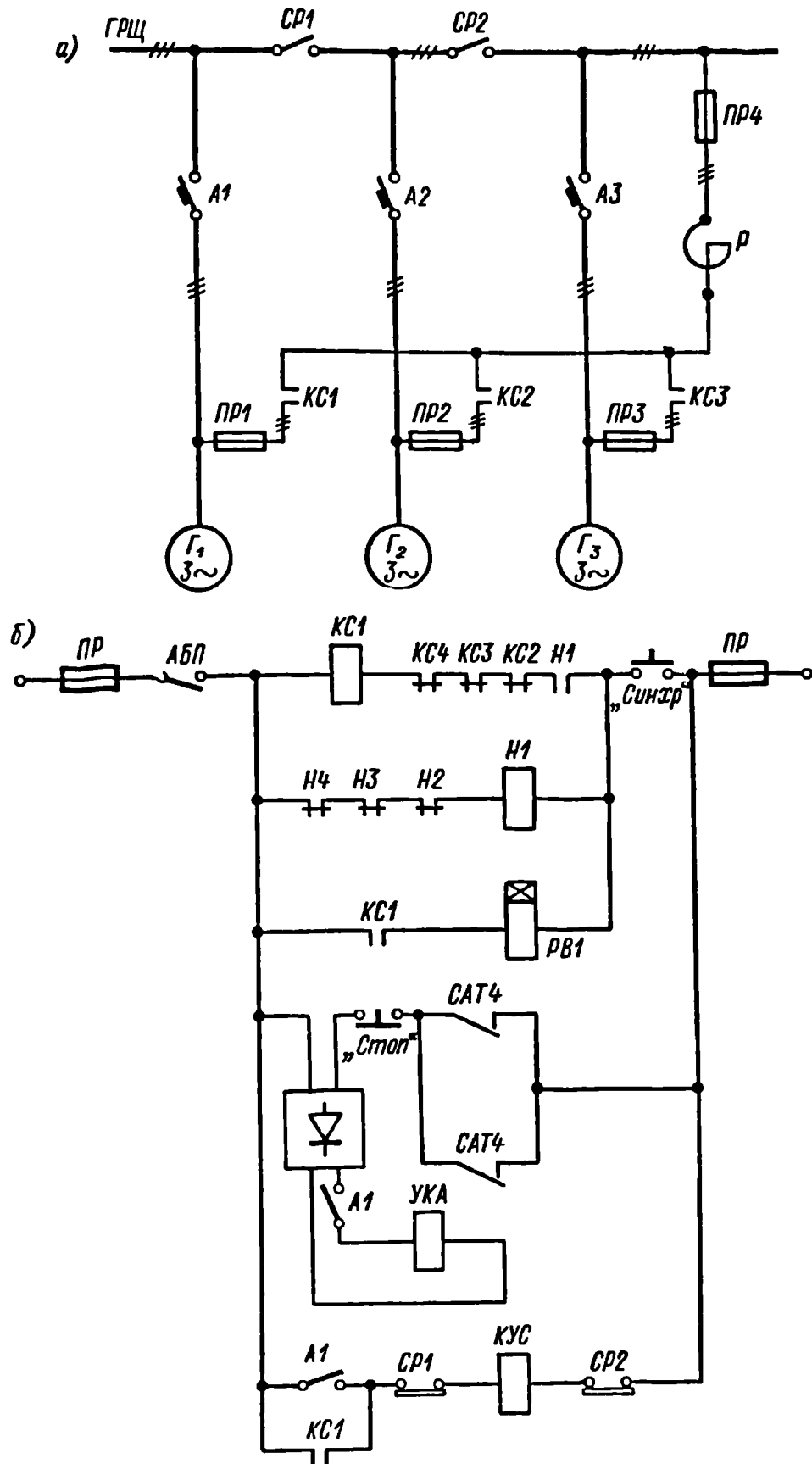


Рис. 5. Схема цепи главного тока с двусторонней защитой реактора на теплоходе «Комсомолец Эстонии» (а) и схема управления синхронизацией через реактор на теплоходе «Красноград» (б).

Н — промежуточное реле; САТ — максимальная защита генераторов.

Для примера рассмотрим подробнее работу цепи управления (см. рис. 2, б). С нажатием кнопки «синхр» питание получают катушки контактора синхронизации КС1 и реле РВ. Блок-контакты КС2 и КС3 нормально замкнуты; контактор КС1 замыкает свои контакты в цепи главного тока, вследствие чего синхронизируемый генератор оказывается подключенным через реактор к шинам электростанции. Одновременно с этим один открытый блок-контакт КС1 шунтирует кнопку «синхр», а второй подает питание на катушки КУС и УКА. Здесь необходимо отметить следующее. В рассматриваемой

схеме подсоединение уравнивающих проводов обмоток возбуждения выполнено неправильно, так как (по данным эксплуатации) уравнивательная связь должна замыкаться после подключения генератора непосредственно к шинам ГРЩ, а размыкаться во время синхронизации и при разъединении шин параллельно работающих генераторов. Как только УКА получит питание, можно вручную включить автомат, шунтируя при этом реактор и соединяя генератор непосредственно с шинами ГРЩ.

В схемах, где кнопка синхронизации шунтируется блок-контактами контактора синхронизации (см. рис. 2, б), могут быть случаи выхода из строя реактора вследствие перегрева, если при включенном реакторе подключаемый дизель начнет останавливаться. Такие случаи наблюдались во время эксплуатации. Для предотвращения подобных ситуаций должна быть предусмотрена возможность отключения реактора в любой момент, что обеспечивают схемы, приведенные на рис. 4 и 5, б, где кнопку синхронизации требуется удерживать вручную до подключения генератора к шинам.

При отпуске кнопки в период синхронизации реактор отключится.

В схемах, подобных рис. 2, б, в цепи контактора синхронизации нужно иметь дополнительную кнопку для отключения реактора.

Фирмы-изготовители реакторов допускают разницу частот подключаемых генераторов в пределах 2—4%, но так как выравнивание частот производится обслуживающим персоналом вручную, то обычно она не превышает 1,5—2% или половины разницы частоты на холостом ходу и номинальной нагрузке, т. е. половины статизма механической характеристики дизеля, который обычно устанавливается в пределах 3—4%.

Эксплуатация и испытания показали, что при небольших нагрузках на шинах судовой электростанции подключаемый генератор может отключаться из-за срабатывания защиты от обратной мощности. Во избежание этого при синхронизации частота подключаемого генератора должна быть выше частоты сети. Время переходного процесса находится в пределах 2—3 с, реле времени устанавливается обычно на 5 с.

Таким образом, синхронизацию генераторов через реактор следует считать наиболее простым, удобным, надежным и перспективным способом для судов с неавтоматизированной электростанцией.

Для судов с автоматизированной электростанцией, где предусмотрены автоматические пуск и остановка агрегатов, наиболее целесообразной представляется синхронизация также через реактор, но в сочетании с блоком подгонки частоты.

ОБЗОР ИНОСТРАННЫХ ЖУРНАЛОВ

SEEWIRTSCHAFT, 1971 (№ 8—12, август—декабрь). В августовском номере журнала (№ 8) сообщается, что специалистами верфей Варнов и Одерберг разработана новая конструкция скатывающегося люкового закрытия, обладающего рядом существенных преимуществ перед другими типами закрытий. В частности, оно отличается удобством в эксплуатации, экономичностью и пригодностью для люков различных типов. Опытный образец предназначен для люка длиной 22,6 м и шириной 7,5 м. Демонстрация нового люкового закрытия на Лейпцигской ярмарке 1971 г. вызвала значительный интерес у специалистов.

Определенный интерес для судостроителей представляет следующая статья, содержащая технико-экономические характеристики рефрижераторных судов различных типов и анализ основных направлений их развития. Автор показывает, что рефрижераторные суда значительно сложнее, дороже в постройке и эксплуатации, чем обычные транспортные суда. Рефрижераторы уступают им и по эксплуатационным качествам.

Значительная часть сентябрьского номера (№ 9) журнала посвящена обсуждению главных задач пятилетнего плана ГДР в области судостроения и морского транспорта. В номере помещена также подборка статей по проблемам подготовки кадров специалистов-судостроителей и судового состава в ГДР. В статье руководителя информационного центра судостроительного объединения ГДР рассматриваются проблемы развития сотрудничества между судостроителями ГДР и СССР в области научно-технической информации. Автор называет основные задачи и направления, которые, по его мнению, должны составить основу совместной работы информаторов обеих стран в области судостроения.

В октябрьском номере журнала (№ 10) опубликовано изложение докладов, представленных на симпозиуме судостроителей ГДР. В докладах рассматриваются вопросы гидромеханики судна, проблемы механики твердого тела, вопросы развития судовой электроники. Представляет интерес статья,

дающая прогноз развития четырехтактных судовых дизелей с наддувом. Автор приводит результаты теоретических исследований, позволяющих определить области рационального применения этих дизелей. Для специалистов представит интерес статья, освещающая опыт реализации системы оперативного планирования, управления и контроля, введенной на рыбоперерабатывающем предприятии Засниц.

Ноябрьский номер журнала (№ 11) открывается редакционной статьей, посвященной развитию научно-технического сотрудничества между СССР и ГДР. В статье коллектива авторов рассказывается об основных этапах развития автоматизации управления судовыми энергетическими установками. Авторы рассматривают ряд последовательных ступеней автоматизации и анализируют условия перехода с одной ступени на другую. В одной из следующих статей дается анализ возможности использования вычислительных машин для управления судовыми энергетическими установками. Представляет интерес статья, рассматривающая особенности применения носового бульба и содержащая рекомендации по повышению его эффективности. Далее анализируются данные сравнительных экспериментов по определению хрупкости стальных листов и сварных швов методом Пеллини. Здесь даются практические указания по использованию метода и приводится сопоставление результатов с данными, полученными другими методами. Специалистов заинтересует статья, посвященная заварке дефектов в отливках из оловянистых и оловянисто-цинковых бронз. Представляет интерес описание моторного яла с корпусом из стеклопластика и четырехместного яла «Ибис», который выпускается серийно на берлинской верфи.

Среди статей декабрьского номера журнала следует отметить краткую информацию о вводе в эксплуатацию новой кавитационной трубы в Ростокском институте судостроения. В следующей статье рассказывается об опыте автоматизации крупного литейного предприятия, выпускающего корпуса для электродвигателей. Общая производительность предприятия 15 500 т отливок в год. Далее публикуется материал, содержащий описание конструкции и результатов испытаний якоря нового типа, созданного специалистами Варнов верфт,



РАСЧЕТ СИСТЕМ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ СУДОВ ОТ КОРРОЗИИ

Ю. Л. Кузьмин

УДК 629.197.5.001.24:629.12

Проектирование систем катодной защиты морских судов заключается в выборе типоразмеров анодов и околоанодных экранов, определении их количества и схемы расположения, типа и количества источников питания, а также электрической схемы защиты. Как и протекторная [1], катодная защита рассчитывается из условия получения на подводной части корпуса в течение всего между-догового периода сдвига потенциала не менее 100 мВ. При таком значении сдвига потенциала прекращается язвенная коррозия стального корпуса.

Ранее для расчета катодной защиты [2] использовались зависимости, полученные при допущении о постоянстве плотности тока на защищаемой поверхности [3]. В действительности ток катодной поляризации, а следовательно, и потенциал распределяются по корпусу крайне неравномерно. По этой причине расчет катодной защиты должен основываться на закономерностях распределения тока и потенциала, устанавливаемых путем исследования стационарного электрического поля при граничных условиях, учитывающих форму и размеры анодов экранов и корпуса судна, а также характер происходящих на них электрохимических процессов [4].

Установлено, что при экранах, превышающих размеры анода более, чем в три раза, и любом состоянии лакокрасочного покрытия корпуса размеры анодов при постоянной величине стекающего с них тока практически не влияют на радиус действия защиты. В расчетах распределения потенциала аноды рассматриваются как точечные источники тока с производительностью, равной току реальных анодов. Влияние же размеров околоанодных экранов на радиус действия защиты проявляется в основном при величине удельного поверхностного сопротивления покрытия $\rho_{кр} < 5 \text{ ом} \cdot \text{м}^2$. При больших значениях этой величины размеры экрана влияют только на потенциал у своего края. Поэтому размеры экрана выбираются из условия получения у его края потенциала, допустимого для лакокрасочного покрытия.

Исследования также показали, что катодные поляризационные характеристики окрашенного стального корпуса имеют линейный характер во всем рабочем интервале изменения потенциала. Это

позволяет при расчетах катодной защиты применить принцип наложения электрических полей, т. е. считать, что сдвиг потенциала в каждой точке подводной части корпуса равен сумме сдвигов потенциала, создаваемых в этой точке всеми анодами.

Распределение потенциала на подводной поверхности корпуса для одного анода с изоляционным экраном может быть рассчитано по любой из следующих формул:

$$\Delta\varphi(r) = IF_1 [1 + K(D)r], \quad (1)$$

$$\Delta\varphi(r) = IF_2 [1 + K(D)r], \quad (2)$$

где

$$F_1 = \frac{\rho_{кр}\gamma}{2\pi} \int_0^\infty \frac{pe^{-0,2l_3p}}{\rho_{кр}\gamma p + 1} I_0(pr) dp;$$

$$F_2 = \frac{K_1\left(2\sqrt{\frac{r}{\rho_{кр}\gamma}}\right)}{\pi\gamma\sqrt{2l_3r}\left[K_1\left(\sqrt{\frac{2l_3}{\rho_{кр}\gamma}}\right) + \sqrt{\frac{l_3}{2\rho_{кр}\gamma}}K_0\left(\sqrt{\frac{2l_3}{\rho_{кр}\gamma}}\right)\right]};$$

$\Delta\varphi(r)$ — сдвиг потенциала корпуса от стационарного значения при катодной поляризации, в;

r — расстояние от центра анода до точки наблюдения по обводу корпуса, м;

$K(D)$ — экспериментальный коэффициент, зависящий от водоизмещения судна, 1/м;

I — ток анода, а;

$\rho_{кр}$ — удельное поверхностное сопротивление лакокрасочного покрытия подводной поверхности, $\text{ом} \cdot \text{м}^2$;

γ — удельная электропроводность морской воды, 1/ом · м;

l_3 — длина стороны квадратного околоанодного экрана или диаметр круглого экрана, м;

$I_0(pr)$, $K_0\left(\sqrt{\frac{2l_3}{\rho_{кр}\gamma}}\right)$ и $K_1\left(\sqrt{\frac{2l_3}{\rho_{кр}\gamma}}\right)$ — функции Бесселя нулевого и первого порядка.

Первая формула была получена в результате расчета потенциала для имитирующего анод точечного источника тока, расположенного над линейно поляризующейся бесконечной плоскостью, аппроксимирующей корпус судна. Влияние размеров околоанодного экрана и корпуса судна учитывается введением экспериментальных коэффициентов, найденных в результате натурных измерений распределения потенциала на плавающих судах. Вторая формула была получена совместно с Е. А. Святошем путем решения задачи для точечного анода с дисковым изоляционным экраном, расположенным на линейно поляризующейся плоскости. Влияние размеров корпуса судна в формуле учитывается так-

же введением экспериментального коэффициента $K(D)$. Просчитанные на ЭВМ значения функции F_1 при наиболее характерных значениях входящих в нее параметров приведены в работе [5]. Значения коэффициента $K(D)$ принимаются такими же, как и при расчете протекторной защиты [1].

Для расчета распределения потенциала по формулам (1) и (2) и определения мощности и количества источников питания катодной защиты необходимо определить силу тока анодов. В общем случае он может быть найден по зависимости, полученной из баланса напряжений электрической цепи катодной защиты

$$I = \frac{U - (\varphi_{a(p)} - \varphi_{k(p)})}{R_p + R_{вн}}, \quad (3)$$

где U — выходное напряжение источника питания, в;

$\varphi_{a(p)} - \varphi_{k(p)}$ — разность электродных потенциалов анода и корпуса при работе защиты, в;

R_p — сопротивление растекания анода, рассчитанное из условия первичного распределения тока (без учета поляризации), ом;

$R_{вн}$ — сопротивление внутренней цепи (кабеля, шунтов, предохранителей и т. д.), ом.

Поляризация анода и корпуса в этой формуле учтена величиной электродвижущей силы, направленной встречно э. д. с. источника питания, и заменой значений стационарных потенциалов анода и корпуса их рабочими потенциалами. Потенциал анода в рабочем интервале плотностей тока может быть принят постоянным, а рабочий потенциал корпуса — равным среднему значению потенциала у края околоанодного экрана и стационарного потенциала корпуса. Величина разности потенциала $\varphi_{a(p)} - \varphi_{k(p)}$ в рабочем состоянии между стальным корпусом судна и биметаллическими платино-титановыми анодами типа АУ и АП может быть принята равной 2,3 в [6].

Сопротивление растекания этих анодов, имеющих плоскую рабочую поверхность в виде прямоугольника, может быть рассчитано по формуле

$$R_p = \frac{\ln \frac{4l}{b}}{\pi \gamma l}, \quad (4)$$

где b и l — соответственно ширина и длина рабочей поверхности анода, равные для анода типа АУ 10×500 мм, а для типа АП — 10×1380 мм.

Сопротивление внутренней цепи $R_{вн}$ обычно учитывается величиной падающего на нем при максимальном токе напряжения, которое принимается равным 5% от номинального выходного напряжения источника питания. Исходя из этой величины, рассчитывается сечение кабеля к анодам, а при расчете тока анодов в формулу (3) вместо номинального выходного напряжения источника питания $U_{ном}$ подставляется величина $0,95 U_{ном}$. Сравнение результатов расчета по формулам (3) и (4) с натурными измерениями тока анодов показывает, что погрешность не превышает 5%.

Максимальные токи анодов, рассчитанные по формулам (3) и (4) при номинальном выходном напряжении источников питания 24 в и удельной электропроводности воды $\gamma = 4,5$ 1/ом·м (соответствующей средней солености и температуре воды Мирового океана), составляют для анода типа АУ 27 а, для анода типа АП 63 а. Габаритные размеры околоанодных экранов овальной формы, отвечающие требованию сохранности лакокрасочного покрытия корпуса у края экрана, составляют для анода типа АУ 2,5×1,8 м, для анода типа АП 3,2×2,5 м. Ранее аноды типа АУ применялись с квадратными экранами размером 2,2×2,2 м.

Расчет количества анодов и источников питания, требующихся для защиты судов неограниченного района плавания, производится при средней электропроводности воды Мирового океана $\gamma = 4,5$ 1/ом·м и удельном сопротивлении лакокрасочного покрытия корпуса судна $\rho_{кр} = 5$ ом·м². Продолжительность междудокового периода эксплуатации без возобновления окраски достигает трех лет [1]. По формулам (1) или (2) рассчитывается распределение потенциала для одного анода при его максимальном токе. Путем подбора определяется максимально допустимое расстояние между смежными анодами по длине корпуса. Этому расстоянию соответствует суммарный сдвиг потенциала, создаваемый всеми анодами в наиболее удаленных от них участках и равный минимальной защитной величине 100 мв.

На рис. 1 показаны графики для расчета количества анодов одного борта для судов неограниченного района плавания (за исключением судов, предназначенных для эксплуатации в ледовых условиях). По числу анодов и максимальному току одного анода рассчитывается суммарный ток катодной защиты и количество источников питания. Пределы изменения максимального тока катодной защиты составляют от 160 а (для судов водоизмещением 5000 т) до 1800 а (для судов водоизмещением 180 000 т), что в пересчете на единицу площади подводной части корпуса дает плотность тока 80—100 ма/м².

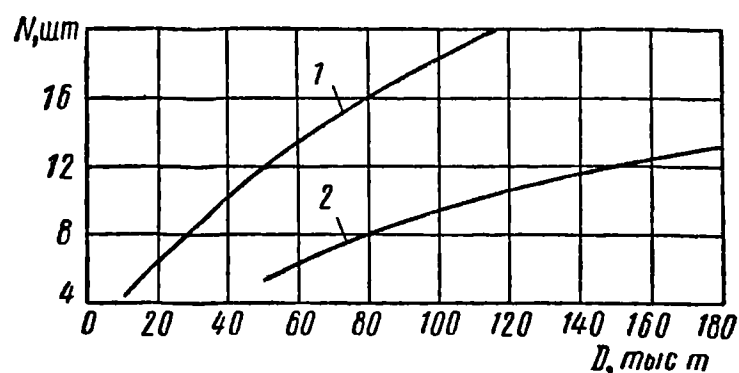


Рис. 1. Графики для определения количества анодов на один борт стальных судов неограниченного района плавания.

1 — аноды типа АУ; 2 — аноды типа АП

Количество анодов, подключаемых к одному источнику питания, определяется из условия, чтобы суммарный их ток составлял 0,8—1,05 от номинального выходного тока источника питания. Применяемые в настоящее время в системах катодной защиты источники питания типа ПАК мощностью

3 и 5 квт рассчитаны на номинальный ток нагрузки соответственно 125 и 208 а при выходном напряжении 24 в. Исходя из этого, к одному преобразователю мощностью 3 квт, предназначенному в основном для установки на малых судах водоизмещением не более 1500—2000 т, могут подключать-

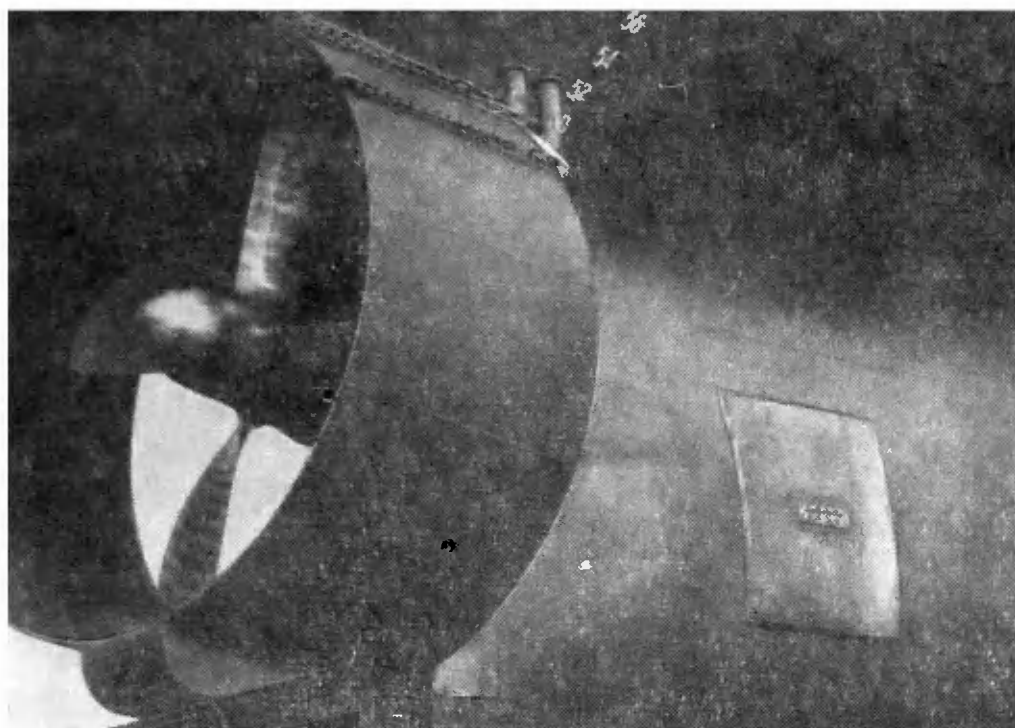


Рис. 2. Анод типа АУ с экраном в кормовом подзоре судна типа «Пятидесятилетие комсомола».

ся 3—4 анода типа АУ, а к преобразователям мощностью 5 квт — от 5 до 8 анодов типа АУ или 2—3 анода типа АП. Следует отметить, что аноды типа АУ целесообразно применять на судах водо-

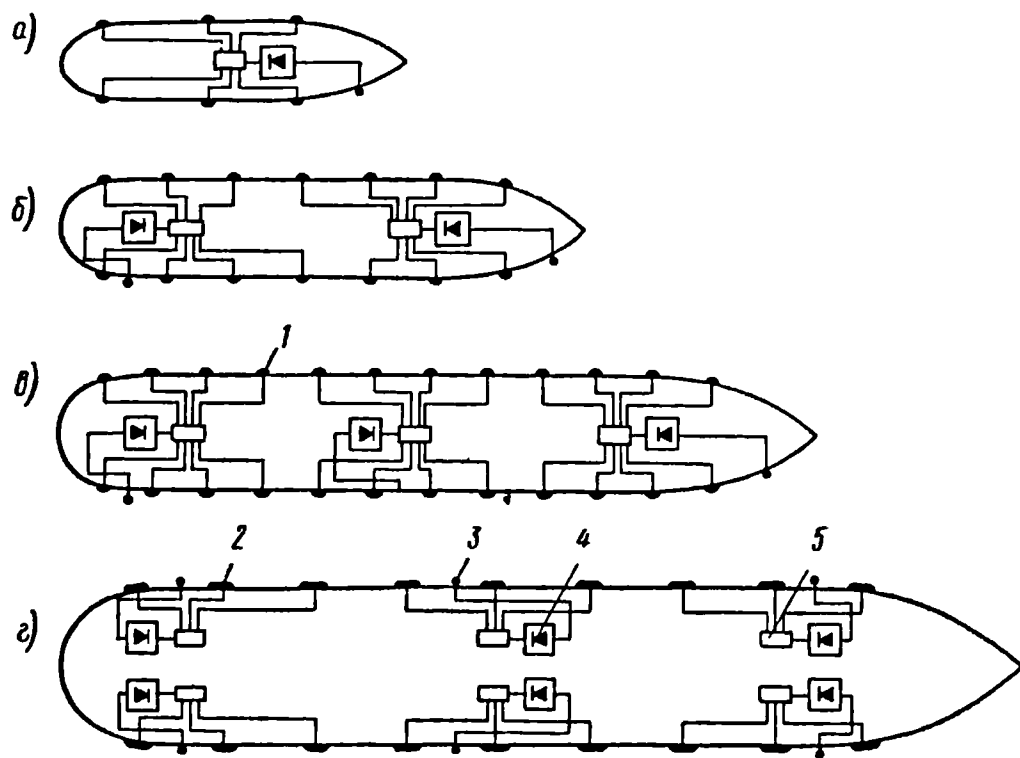


Рис. 3. Принципиальные схемы катодной защиты судов водоизмещением: а — 5000 т; б — 20 000 т; в — 50 000 т; г — 100 000 т.

1 — анод типа АУ; 2 — анод типа АП; 3 — электрод сравнения; 4 — преобразователь типа ПАК мощностью 5 квт; 5 — распределительный щит.

измещением до 50 000—60 000 т, а аноды типа АП — на более крупных судах.

Аноды с околоанодными экранами устанавливаются в районе скулового пояса равномерно по длине корпуса и симметрично относительно диамет-

ральной плоскости. В районах бортовых килей аноды располагаются над ними. Крайние кормовые аноды размещаются в кормовом подзоре возможно ближе к гребным винтам (рис. 2). Для защиты носовых анодов и экранов от повреждения якорьцепью, битым льдом и плавающими предметами должны быть предусмотрены специальные обтекатели (отбойники, були, трубы и др.).

Для подключения к источникам питания аноды объединяются в несколько групп. На судах водоизмещением до 10 000 т обычно используется один источник питания, к которому подключаются все аноды (рис. 3, а). На более крупных судах водоизмещением от 10 000 до 30 000 т аноды объединяются в две группы: — носовую и кормовую, каждая из которых подключается к своему источнику питания (рис. 3, б). На судах водоизмещением от 30 000 до 80 000 т аноды объединяются в 3—4 группы по длине корпуса (рис. 3, в). На более крупных судах аноды объединяются в группы по длине и по бортам судна (рис. 3, г).

На каждую группу анодов предусматривается два стационарных электрода сравнения (основной и резервный), которые подключаются к источнику питания анодов данной группы (рис. 4). Электроды устанавливаются на подводной части корпуса в пределах той группы анодов, работу которых они контролируют. Место установки электродов сравнения выбирается из условия их максимального удаления от анодов, т. е. там, где потенциал корпуса при работе катодной защиты имеет минимальную величину.

В состав систем катодной защиты входят также контактно-щеточные устройства, служащие для подключения к системе валовинтовой группы. Это

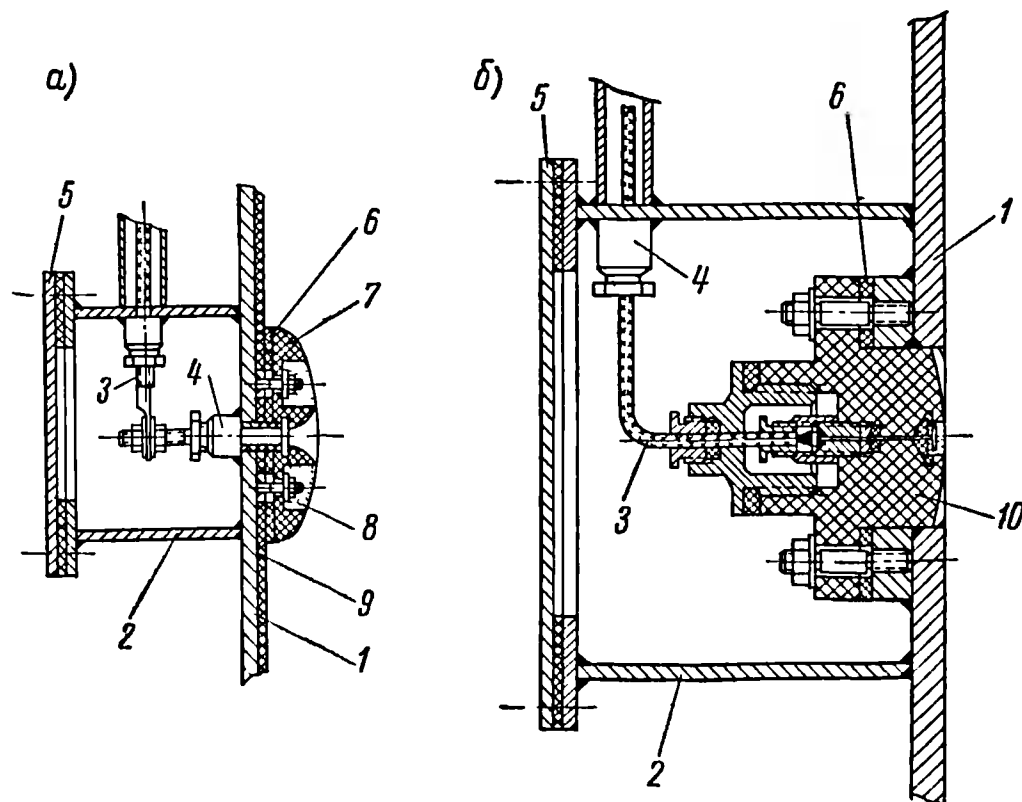


Рис. 4. Типовые узлы крепления анода (а) и электрода сравнения (б) на корпусе судна.

1 — корпус судна; 2 — колпак; 3 — кабель; 4 — сальник; 5 — крышка; 6 — резиновая прокладка; 7 — анод; 8 — герметик; 9 — стеклопластиковый экран; 10 — электрод сравнения.

значительно увеличивает долговечность гребных винтов. Контактное устройство устанавливается в доступном месте валопровода, где исключается прямое попадание воды и масла на контактное кольцо.

Все внешние соединения электрической цепи катодной защиты осуществляются через распределительные щиты. На каждую группу анодов, как правило, предусматривается свой распределительный щит. На щитах устанавливаются клеммы для подключения кабелей к анодам и к плюсовому полюсу источника питания, токоведущие шины, выключатели, предохранители, шунты и амперметр с переключателем для измерения тока в цепи каждого анода. Минусовый силовой полюс источника питания подключается к корпусу судна в непосредственной близости от источника питания, минуя распределительный щит. Минусовый контрольный полюс для измерительной схемы также подключается к корпусу, минуя распределительный щит. Место его подключения выбирается вблизи источника питания на расстоянии не менее 5 м от точки подключения к корпусу минусового силового полюса.

Распределительные щиты катодной защиты и установленные на них элементы обычного судового исполнения. Источники питания должны устанавливаться в сухих помещениях и иметь доступ для обслуживания. Распределительные щиты помещаются в непосредственной близости от преобразователей. Суммарный выходной ток источников питания и выходное напряжение измеряются по приборам, находящимся на лицевой панели преобразователей. Там же установлен милливольтметр с высокоомным входом для измерения потенциала корпуса по отношению к подключенным к преобразователям электродам сравнения.

Описанная методика расчета может быть использована при проектировании систем катодной

защиты морских судов различных типов и размеров. К настоящему времени по этой методике спроектированы системы катодной защиты подводной части корпусов многих транспортных и промысловых судов, в том числе сухогрузов типа «Пятидесятилетие комсомола», рыбопромысловых судов типа «Посыет», первого отечественного крупнотоннажного танкера дедвейтом 150 тыс. т и др. Широкое применение в судостроении типовых систем катодной защиты позволит полностью решить проблему предохранения судов от коррозии в течение всего срока их службы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин Ю. Л. Расчет протекторной защиты стальных судов. — «Судостроение», 1972, № 5.
2. Супрун Л. А. Методика расчета катодной защиты подводной части корпусов морских судов. — «Судостроение», 1962, № 2.
3. Wagner C. Contribution to the Theory of Cathodic Protection. — Journal of the Electrochemical Society, 1957, № 10, vol. 104.
4. Иоссель Ю. Я., Кочанов Э. С., Струнский М. Г. Вопросы расчета и моделирования электрохимической антикоррозионной защиты судов. Л., «Судостроение», 1965.
5. Кузьмин Ю. Л. Экспериментальное уточнение расчетных формул для распределения потенциала при электрохимической защите судов от коррозии. — «Защита металлов», 1972, № 1.
6. Бибииков Н. Н., Люблинский Е. Я., Поворова Л. В. Электрохимическая защита морских судов от коррозии. Л., «Судостроение», 1971.

ПРОТЕКТОРНАЯ ЗАЩИТА МОРСКИХ СУДОВ

Е. Я. Люблинский

УДК 620.197.5:629.12

Наряду с катодной в судостроении широко применяется протекторная защита, которая является эффективным, простым, надежным, а для внутренних судовых конструкций, систем, аппаратов и оборудования — единственно приемлемым электрохимическим способом предотвращения коррозии.

В настоящее время определены основные требования к составу и техническим характеристикам протекторных материалов, унифицированы конструкции и типоразмеры протекторов, разработаны типовая технология монтажа, демонтажа и возобновления протекторной защиты, а также нормы и правила ее проектирования [1—4].

В системах защиты судов и морских конструкций применяют протекторы, изготовленные из сплавов на основе магния марки Мл4вч, алюминия марок АЦ5 и АМЦ10-10пч и цинка марок ЦА-05пч и

ЦОл-02пч [1, 4]. Перечисленные сплавы имеют широкий интервал физико-химических характеристик (таблица). Если по условиям работы корродирующего объекта вес протекторов ограничивается, то преимущество отдается алюминиевым сплавам.

Технические характеристики протекторных сплавов

Марка сплава	Плотность сплава, г/см ³	Токоотдача теоретическая, а-ч/кг	Усредненные рабочие параметры		Расход сплава при плотности защитного тока 1 ма/м ² , кг/м ² ·год
			выход по току, %	потенциал,* мв	
Мл4вч	1,9	2200	60	—1220	0,07
АМЦ10-10пч	3,0	2700	70	—680	0,05
АЦ5	2,9	2880	80	—700	0,04
ЦА-05пч	7,1	820	95	—730	0,11
ЦОл-02пч	7,1	820	95	—740	0,11

* Потенциалы даны относительно нормального водородного электрода сравнения.

Если ограничивается объем расходуемого материала, то выбираются цинковые сплавы. Магниевый сплав имеет высокий электроотрицательный потенциал и поэтому является наиболее приемлемым

протекторным материалом например для защиты от коррозии алюминиевых судов, различных плавсредств и морских сооружений. Преимущество магниевых сплавов проявляется также при создании

торы делятся на армированные, неармированные с монтажными отверстиями и контактно-крепежными шпильками [4]. Такое разнообразие конструкций обеспечивает простоту монтажа, демонтажа и возобновления протекторов. Таким образом, в последние годы созданы протекторы, обладающие комплексом оптимальных технических, технологических и эксплуатационных качеств.

Практически полное подавление коррозии стали в морской воде достигается при электроотрицательном потенциале 530—600 мВ [1, 6, 7]. Этот потенциал может быть получен при использовании любого из приведенных в таблице протекторных материалов. Однако для защиты подводной части судов применяют в основном протекторы из алюминиевых и магниевых сплавов. В некоторых странах (например, в Японии и Польше) наибольшее распространение получили протекторы из цинковых сплавов.

Алюминиевые протекторы имеют невысокий электроотрицательный потенциал. Они обеспечивают защитный сдвиг потенциала корпуса до 200 мВ и поэтому имеют небольшой радиус защитного действия.

Опыт эксплуатации показывает, что алюминиевые протекторы эффективно подавляют коррозию подводной части судов малого и среднего водоизмещения. В этих случаях

рекомендуются одиночные и групповые протекторы.

Магниевые протекторы имеют большой радиус защитного действия, и поэтому применяются преимущественно для защиты подводной части корпусов судов среднего и большого водоизмещения. Защитный сдвиг потенциала корпуса и соответственно

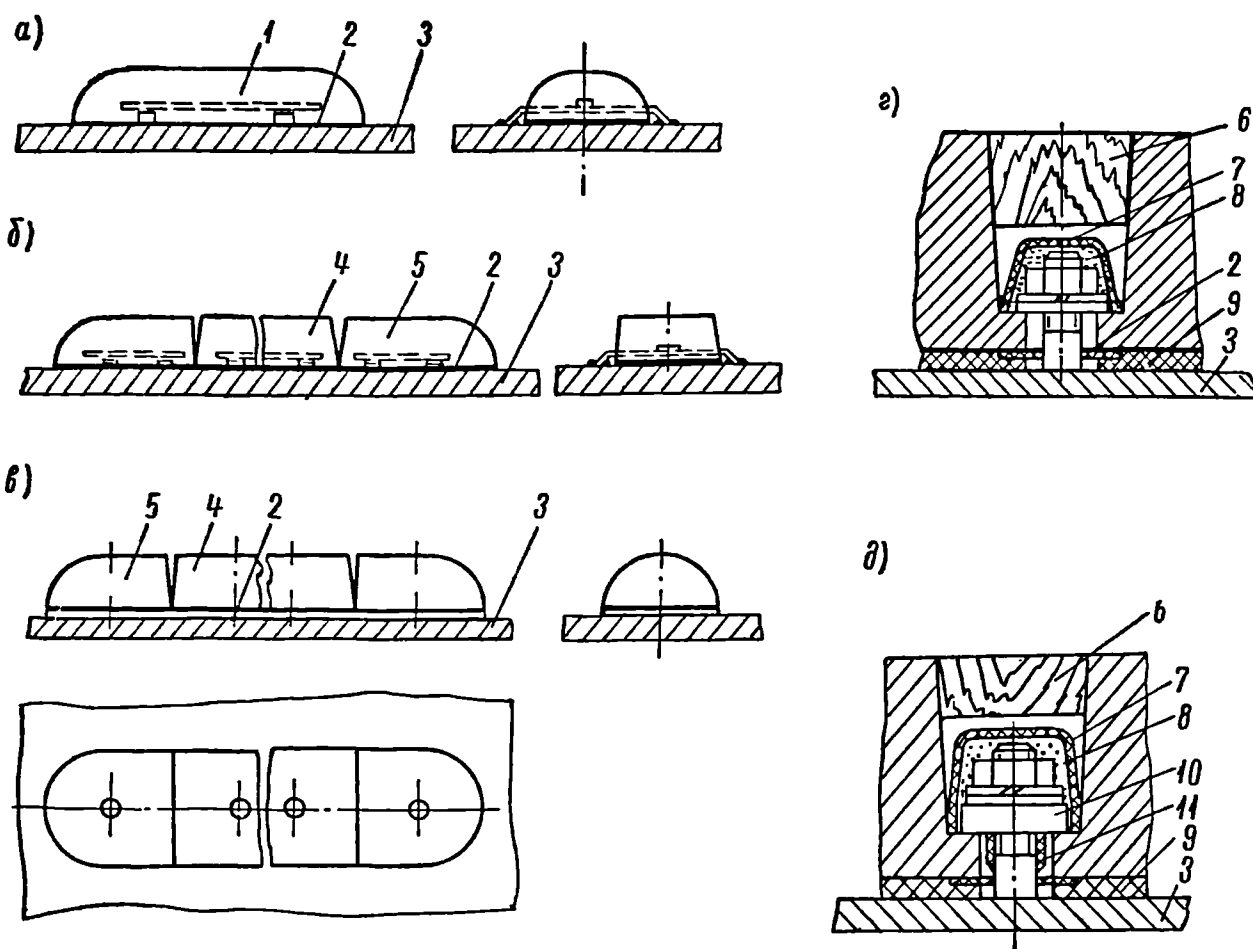


Рис. 1. Типовое крепление протекторов: а, б — короткозамкнутых алюминиевых; в, г — короткозамкнутых алюминиевых и магниевых; д — неотключаемых магниевых с балластным сопротивлением.

1 — одиночный протектор; 2 — покрытие; 3 — корпус судна; 4, 5 — линейный и концевой протекторы; 6 — деревянная пробка; 7 — защитный колпак; 8 — морская смазка; 9 — резиновая прокладка; 10 — балластное сопротивление; 11 — изоляционная втулка.

систем протекторной защиты на объектах, эксплуатирующихся в морских бассейнах соленостью ниже 18‰. Цинковые протекторные сплавы обладают наименее выгодной совокупностью электрохимических характеристик, но являются пока единственными искробезопасными материалами. Поэтому они применяются в основном для защиты взрывопожароопасных судовых помещений, например, танков нефтеналивных судов. Рекомендуются они также в тех случаях, когда ограничивается или не допускается выделение водорода. Могут быть и другие ограничения в использовании протекторных сплавов, которые в каждом конкретном случае должны учитываться при разработке систем протекторной защиты.

При проектировании системы защиты исходными данными являются площадь защищаемого объекта, его материал и, следовательно, средняя плотность защитного тока, а также требуемый срок службы протекторов.

В системах протекторной защиты судов применяются 28 типов протекторов [4], в том числе 12 из сплавов на основе магния, 13 — алюминия, 3 — цинка. Форма их протекторов выбиралась по возможности обтекаемой. Учитывалась также простота их изготовления. Размеры протекторов выбраны из условия обеспечения срока их службы не менее одного междокового периода эксплуатации, т. е. 1—4 года. По конструктивному исполнению протек-



Рис. 2. Группы короткозамкнутых алюминиевых протекторов типа П-КЛА-30 и П-ККА-13 (см. рис. 1, б) на подводной части корпуса сухогруза «Донецкий шахтер».

радиус защитного действия протекторов снижаются с уменьшением солености (электропроводности) морской воды. Поэтому независимо от водоизмещения судов магниевые протекторы наиболее целесообразно применять в обособленных и закрытых морях, а алюминиевые — для мало- и среднетоннажных судов неограниченного района плавания.

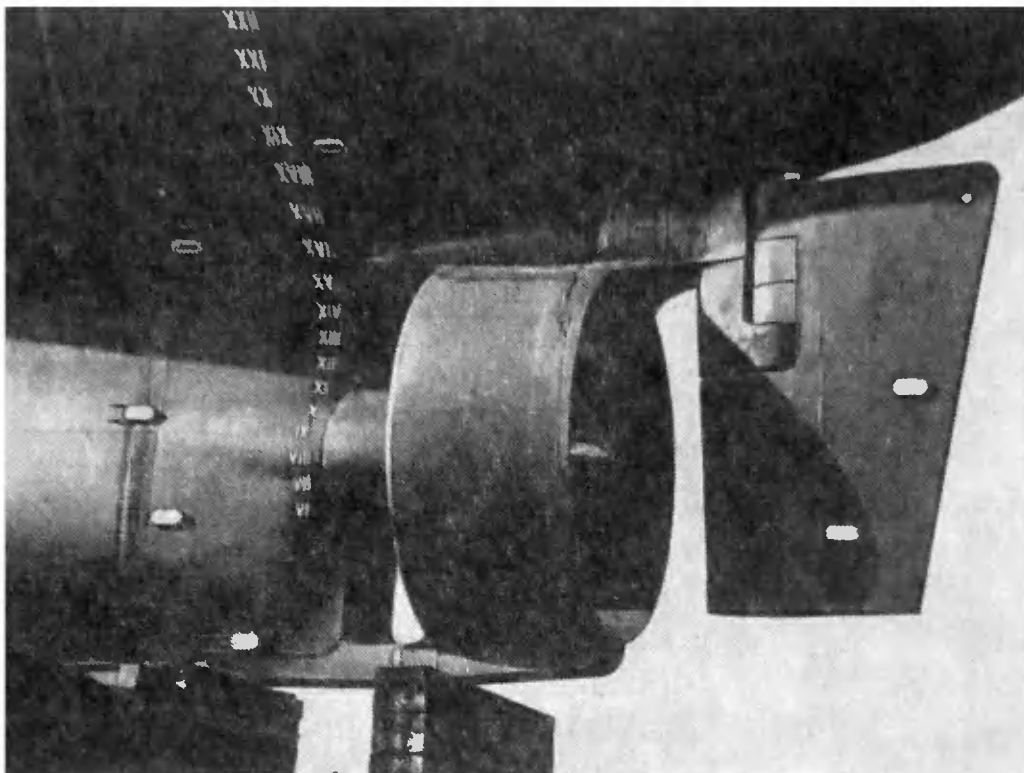


Рис. 3. Одиночные короткозамкнутые алюминиевые протекторы типа П-КОА-10 (см. рис. 1, а) в кормовом подзоре сухогруза «Донецкий шахтер».

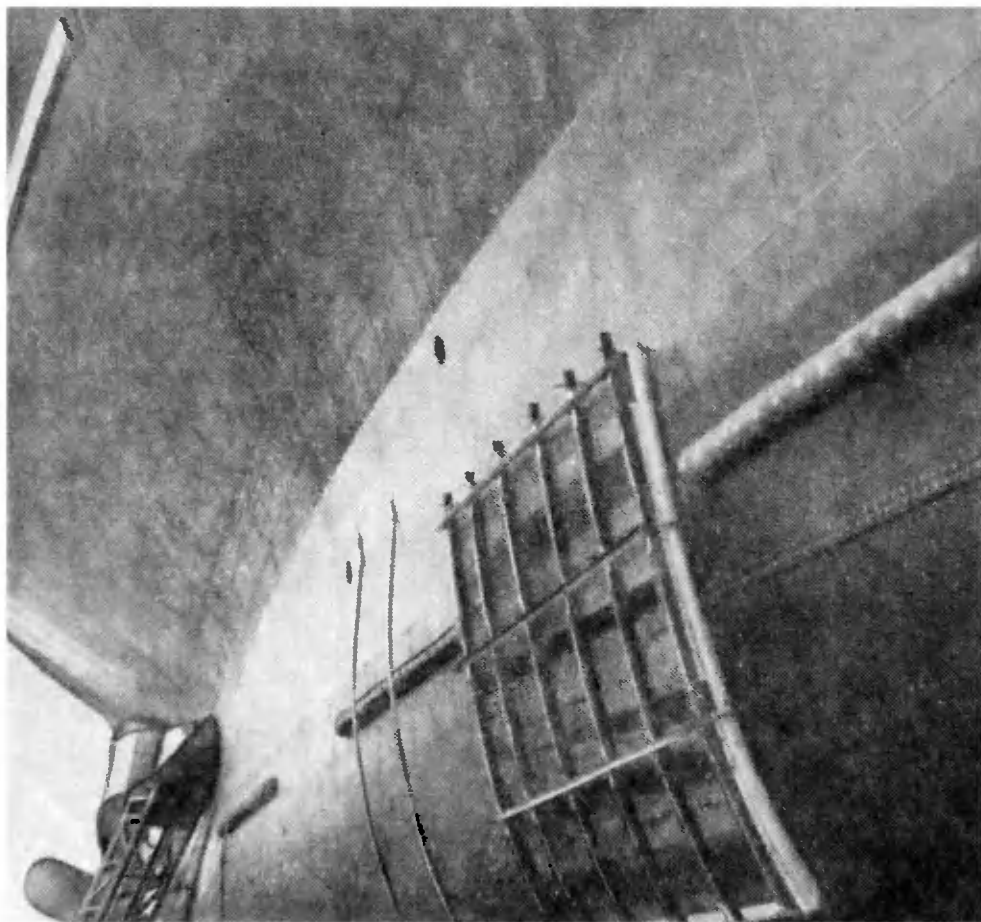


Рис. 4. Группы неотключаемых магниевых протекторов типа П-НЛМ-63 и П-НКМ-12 (см. рис. 1, б) на подводной части корпуса танкера «Механик Афанасьев».

Для крепления протекторов к корпусу стальных судов применяются типовые узлы (рис. 1). Они упрощают монтаж, демонтаж и возобновление протекторной защиты, повышают ее надежность. Применяются два способа крепления протекторов — сваркой и при помощи резьбовых соединений. Вы-

бор узла крепления обусловлен техническими характеристиками протекторов, требованиями к параметрам защиты, особенностями защищаемого объекта и другими факторами. Например, при катодной поляризации окрашенного корпуса его электроотрицательный потенциал не должен превышать 900 мв. При более высоком потенциале происходит интенсивное выделение водорода, вызывающее отслаивание лакокрасочного покрытия. В ряде случаев не допускается или нецелесообразно производить сварочные работы на подводной части корпуса, например, нефтеналивных судов или в районе топливных и утепленных помещений. Все эти факторы должны учитываться при выборе узла крепления.

Алюминиевые протекторы имеют невысокий электроотрицательный потенциал, и их применение не опасно для лакокрасочного покрытия. Поэтому соединение алюминиевых протекторов с корпусом судна осуществляется с помощью сварки. Это наиболее надежный и простой способ монтажа протекторов, получивший широкое распространение (рис. 2 и 3). Резьбовое соединение алюминиевых протекторов применяется значительно реже.

Прямой электрический контакт с корпусом магниевых протекторов, имеющих высокий электроотрицательный потенциал, опасен для лакокрасочного покрытия. Поэтому крепление протекторов осуществляется с помощью резьбового соединения, допускающего применение изолирующих прокладок, втулок и промежуточных сопротивлений. При большой солености морской воды между протектором и корпусом устанавливается постоянное балластное сопротивление (см. рис. 1, д). Величина его выбирается из условия снижения потенциала корпуса до защитного и обеспечения необходимого срока службы системы. При солености морской воды ниже 18‰ магниевые протекторы могут быть установлены без балластного сопротивления (см. 1, г). С целью избежать превышения потенциала корпуса вблизи протекторов, их боковые поверхности частично изолируются стойким покрытием. Следует отметить, что правильно спроектированные и установленные системы протекторной защиты не только обеспечивают эффективное подавление коррозии, но и повышают срок службы лакокрасочных покрытий или позволяют упростить схему окраски корпуса судна. Системы защиты с протекторами из магниевых сплавов наиболее часто применяются для подавления коррозии подводной части судов среднего и большого водоизмещения (рис. 4).

При катодной поляризации защита от коррозии алюминия и его сплавов в морской воде достигается при потенциале 700—800 мв [5]. Катодный сдвиг потенциала выше 1000 мв вызывает так называемое явление «перезащиты» — увеличение скорости коррозии алюминия. Следовательно, рекомендуемые системы протекторной защиты должны исключать возможность превышения допустимого потенциала алюминиевого корпуса. В связи с тем, что при потенциале выше 800 мв эффективность защиты практически не повышается, а непроизводительный расход тока и, следовательно, протекторов возрастает, необходимо поддерживать потенциал в интервале 700—800 мв.

Учитывая электрохимические характеристики протекторных сплавов, для защиты корпусов из алюминия рекомендуется использовать магниевые протекторы. Однако потенциал таких протекторов выше допустимого для алюминия. Поэтому в этом случае применяются отключаемые или регулируемые системы протекторной защиты, состоящие из

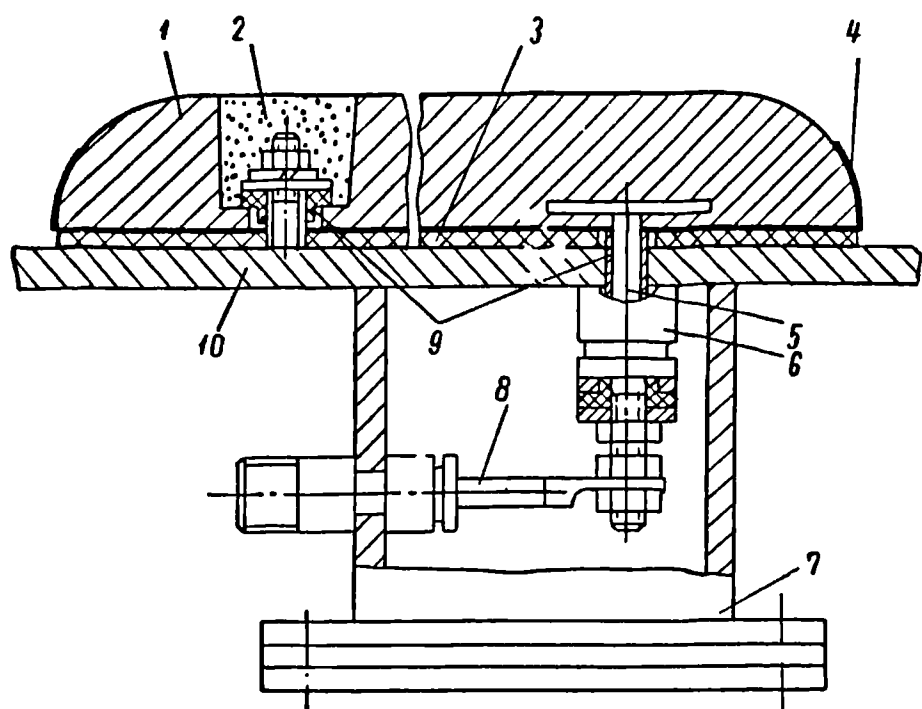


Рис. 5. Узел крепления отключаемого (регулируемого) магниевых протектора.

1 — протектор; 2 — герметик; 3 — резиновая прокладка; 4 — покрытие; 5 — контактная шпилька; 6 — сальник; 7 — защитная коробка; 8 — кабель; 9 — изоляционная втулка; 10 — корпус судна.

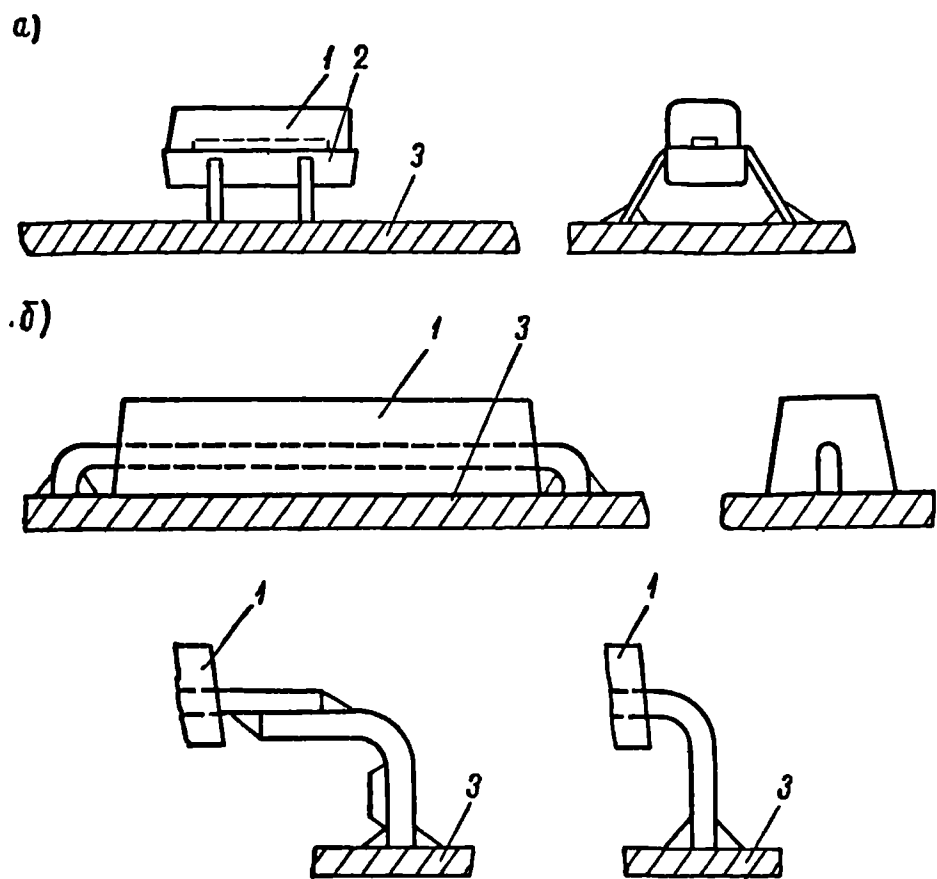


Рис. 6. Узлы крепления протекторов из алюминиевых (а) и цинковых (б) сплавов.

1 — протектор; 2 — покрытие; 3 — корпус судна.

одиночных магниевых протекторов с контактно-крепёжной шпилькой (рис. 5) [4]. Электрическое соединение протекторов с корпусом осуществляется с помощью кабелей. Требуемые параметры защиты в различных условиях эксплуатации достигаются путем изменения токоотдачи протекторов с помощью регулировочных сопротивлений. При необходимости производится отключение отдельных

протекторов. Отключаемые или регулируемые системы протекторной защиты применяются также для стальных корпусов, если это необходимо по условиям их эксплуатации.

Междудонное пространство, форпика, ахтерпика, кингстонные ящики, танки и другие отсеки и цистерны, периодически заполняемые балластом (заборной морской водой), также оборудуются протекторной защитой.

Для чисто балластных отсеков, не относящихся к категории взрывопожароопасных, могут быть применены любые типы алюминиевых протекторов. Наиболее целесообразно использовать брусковые и прутковые алюминиевые протекторы [4]. Последние позволяют резко уменьшить объем сварочных работ, что особенно важно при установке протекторной защиты в труднодоступных местах.

В танках нефтеналивных судов и в других балластируемых отсеках, относящихся к категории взрывопожароопасных, рекомендуется применять цинковые протекторы (рис. 6).

Для плавсредств (плавдоков, плавкранов и т. д.), судов при достройке на плаву, портовых и других морских металлических сооружений применение стационарных систем протекторной защиты невозможно или экономически нецелесообразно. В этих случаях используются вспомогательные системы защиты с подвесными протекторами [4]. Протекторы опускаются в воду на стальных или капроновых тросах (рис. 7). Электрическое соединение протектора с объектом осуществляется с помощью кабеля, одним концом замкнутого на корпус, а другим подсоединенного к арматуре протектора. Этот наиболее простой и надежный способ защиты применяется также в тех случаях, когда установленная на судне стационарная система протекторной защиты не обеспечивает требуемых параметров (например, при длительной стоянке судна). Для увеличения срока службы стационарных систем (более дорогих, чем вспомогательные системы) во время стоянок судов защита их корпусов может осуществляться с помощью подвесных протекторов. Наибольший эффект при этом достигается на судах с отключаемой или регулируемой протекторной защитой.

Таким образом, в настоящее время разработаны и успешно применяются элементы и системы протекторной защиты, позволяющие предотвратить коррозию в морской воде судов, металлических сооружений и конструкций. Это повышает техниче-

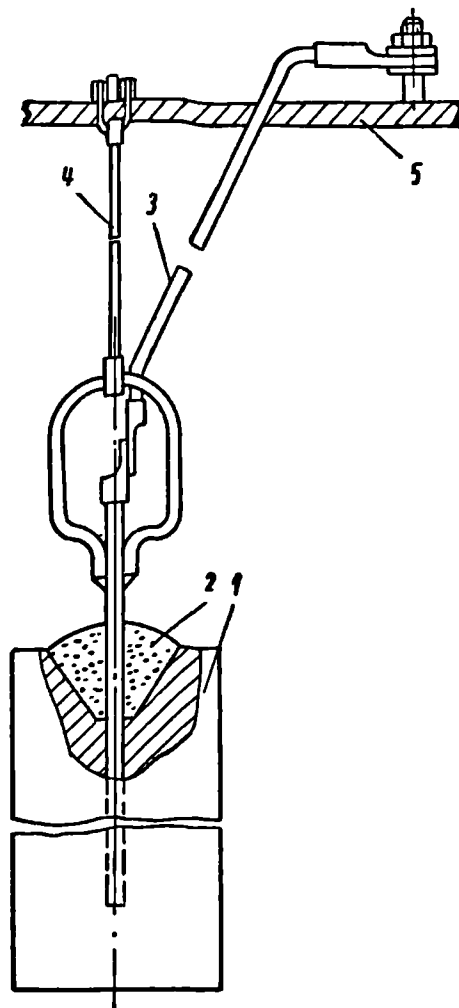


Рис. 7. Узел крепления подвесных протекторов из магниевых сплавов.

1 — протектор; 2 — герметик; 3 — кабель; 4 — трос; 5 — корпус судна.

ский уровень эксплуатации судов и, в конечном счете, их рентабельность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биби́ков Н. Н., Люблинский Е. Я., Поварова Л. В. Электрохимическая защита морских судов от коррозии. Л., «Судостроение», 1971.
2. Baesckmann W., Schwenk W. Handbuch des kathodischen Korrosionsschutzes. Verlag Chemie GmbH, 1971.

3. Wiederholt W., Kaesche H. Kathodischer Korrosionsschutz. Frankfurt am Main, 1971.

4. Люблинский Е. Я. Протекторы для защиты морских судов от коррозии. Л., «Судостроение», 1971.

5. Люблинский Е. Я., Биби́ков Н. Н. Катодные процессы и параметры защиты алюминия и его сплавов в морской воде. — «Защита металлов», 1972, № 1.

6. Жук Н. П. Коррозия и защита металлов. М., Машгиз, 1957.

7. Красноярский В. В. Электрохимический метод защиты металлов от коррозии. М., Машгиз, 1961.

ОБЗОР ИНОСТРАННЫХ ЖУРНАЛОВ

VIDA MARITIMA, 1971 (июль—сентябрь). В первом июльском номере журнала помещены две статьи, в которых излагаются различные аспекты комбинированных контейнерных перевозок. Анализируются проблемы, связанные с этими перевозками, и приводятся краткие перспективы их развития на ближайшие 10 лет. В Испании контейнерные перевозки начали внедряться в 1966 г. и в настоящее время осуществляются через шесть портов страны, хотя в них и не установлено специализированное оборудование. Подчеркивается, что в отличие от других стран Западной Европы, наземные контейнерные перевозки в Испании осуществляются главным образом автомобильным транспортом, а не железнодорожным. Далее сообщается о составе испанского торгового флота, валовая вместимость которого составляет 3 112 000 рег. т, причем 46% приходится на нефтеналивные суда. Указывается, что флот далеко не обеспечивает потребности страны в морских перевозках. Представляет интерес сообщение о выдаче государственного кредита в сумме свыше 2 млрд. песет крупнейшей испанской судостроительной компании Астильерос Эспаньолес на расширение существующих верфей и постройку новой верфи, рассчитанной на строительство судов дедвейтом до 400 000 т.

Во втором июльском номере журнала помещено сообщение о деятельности испанских верфей в первом полугодии 1971 г. Подчеркивается, что общий портфель заказов на суда достиг рекордного уровня и на 1 июля 1971 г. составлял по валовой вместимости 4 536 455 рег. т, из которых 2 568 570 рег. т предназначалось для иностранных судовладельцев. Далее сообщается о постройке ряда новых судов, в том числе балккэриера дедвейтом 5525 т, двух крупных тунцеловов дедвейтом по 2200 т, сухогрузных универсальных судов дедвейтом 15 500 т. Представляет интерес статья, содержащая анализ финансовых затруднений, переживаемых многими судостроительными фирмами вследствие инфляционных явлений в экономике западноевропейских стран.

В номере журнала от 15 августа 1971 г. помещена обзорная статья о технических средствах, используемых для сбора или нейтрализации разлитой в море нефти, а также для уничтожения или обезвреживания промышленных отходов и бытового мусора. Представляет интерес описание балккэриера, спущенного на воду на верфи компании Астильерос Эспаньолес. Наибольшая длина судна 207 м, длина между перпендикулярами 194 м, ширина 29 м, высота борта 18 м, осадка 12 м, дедвейт 53 000 т, скорость хода 16 уз. На другой верфи этой же фирмы спущен на воду второй балккэриер дедвейтом 80 000 т. Сообщается также о постройке во Франции метановоза «Декарт» с грузовыми танками в корпусе судна (вместо вкладных). За счет этого удалось удвоить грузоподъемность судна.

В первом сентябрьском номере журнала рассказывается о росте советского торгового флота в течение 1960—1970 гг. Далее сообщается об исследованиях, проводимых в ФРГ с целью совершенствования системы защиты реакторов атомных судов в случае их гибели.

Второй сентябрьский номер журнала открывается информацией о состоянии работ по созданию международной конвенции о комбинированной транспортной системе для перевозки грузов. В следующем материале сообщается об электронной системе SAMI для точного определения скорости движения судна. Далее публикуется информация о разделении компании Бурмейстер ог Вайн на две самостоятельные фирмы: судостроительную и дизелестроительную. Это решение принято в связи с финансовыми затруднениями компании.

ZOSEN, 1971 (т. 16, № 7 и 8, октябрь—ноябрь). В одной из первых статей октябрьского номера журнала комментируется соглашение между фирмами Зульцер и MAN, предусматривающее создание наиболее полного ряда современных судовых двигателей на основе последних достижений науки и техники. Фирмы планируют проведение исследований с целью разработки судовых газовых турбин и дизелей новых типов. В статье, посвященной предстоящим переговорам между японскими судостроительными и сталелитейными компаниями по вопросу установления цен на судостроительную сталь на 1972 г., указывается на возможность повышения этих цен на 10%; ожидают, что в этом случае цены на суда для генеральных грузов, крупнотоннажные балккэриеры и танкеры японской постройки возрастут по сравнению с 1971 г. на 1,4%, 2,0% и 2,2% соответственно. В следующей статье дается обзор 27-й судостроительной программы Японии, предусматривающей постройку 41 судна общей вместимостью 3 214 400 рег. т. На финансирование строительства этих судов выделено 103 500 млн. иен. В другом материале сообщается об использовании на ведущих японских верфях подвесных алюминиевых площадок на строящихся судах. Применение площадок обеспечивает повышение техники безопасности работ. В большой статье дается описание гидравлического приспособления «Геркулес», разработанного японской фирмой Ниппон Кокай, которое значительно облегчает процесс стыковки крупных секций в строительном доке. Следующий материал характеризует производство главных двигателей на заводах японских компаний. Общая мощность выпускаемых двигателей за период с 30/VI-1970 г. по 30/VI-1971 г. увеличилась на 58,6%. Далее сообщается об издании рекомендаций Бюро Веритас по уменьшению вибрации корпуса судна. В следующей статье дается описание гидроакустического измерителя скорости судна, разработанного японской фирмой Фуруно Электрик. С помощью нового прибора скорость судна измеряется с точностью до 0,02 уз. В другой статье рассказывается об эжекторе улучшенной конструкции для удаления газов из нефтяных танков, разработанном японской фирмой Никура Койио.

В ноябрьском номере журнала сообщается о выдаче министерством транспорта Японии разрешения на строительство верфи судостроительной компанией Исикавадзима-Харима Хэви Индастриз. Верфь разместится в Тите на площади 766 763 м². Предусмотрен док, рассчитанный на постройку судов вместимостью до 250 000 рег. т. Окончание строительства намечено на декабрь 1973 г. Комментируются решения Межправительственной морской консультативной организации об ограничении размеров танков на супертанкерах. Далее приводятся сведения о новых заказах, полученных японскими верфями на постройку судов. Сообщается о завершении разработки плана постройки верфи компанией Мицубиси Хэви Индастриз в Кояги. Верфь разместится на площади 930 000 м², строительный док будет иметь длину 970 м. Стоимость постройки верфи составит 30 000 млн. иен, окончание постройки намечено на сентябрь 1972 г. Далее публикуется подробное описание паротурбинного танкера «Ниссеки-мару» дедвейтом 372 698 т. В большой статье рассказывается о самоходных строительных лесах, применяющихся компанией Исикавадзима-Харима Хэви Индастриз при строительстве танкера «Ниссеки-мару». Леса, перемещающиеся в грузовых танках по рельсам вдоль диаметральной плоскости судна, оснащены механизированными сборочными приспособлениями, сварочным оборудованием, выдвижными площадками, установками для подачи электроэнергии, сжатого воздуха и газа. Применение таких лесов позволило уменьшить трудоемкость постройки корпуса судна в доке на 30%. Далее помещены статьи с описанием систем и оборудования супертанкера «Ниссеки-мару».



НАЧАЛО ПАРОХОДОСТРОЕНИЯ В РОССИИ

В. В. Захаров

УДК 629.12(09)

Достоверно известно, что 1815 г. является годом рождения первого русского парохода. Именно в этом году 3 ноября по старому стилю из Петербурга в Кронштадт отправилось в первый официальный рейс небольшое судно, оборудованное паровой машиной на заводе Берда.¹

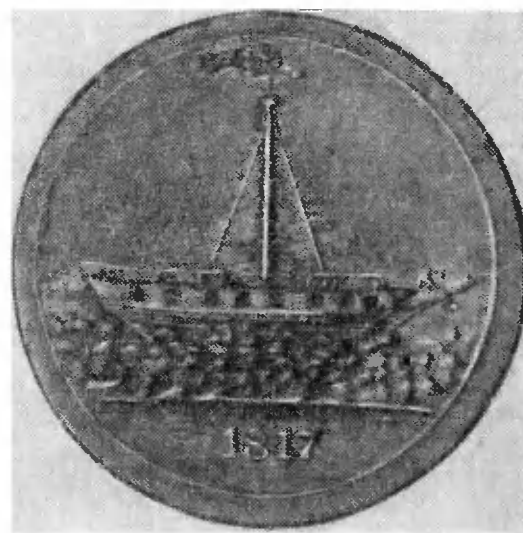
До этого времени попытки ввести паровое судоходство в России фактически оказывались безуспешными. Правда, в одном из архивных дел, датированном 1778 г., говорится «о выписке из-за моря плавучей огненной машины». Однако речь здесь шла о покупке в Англии мощной паровой пожарной помпы, установленной на несамоходном судне [1]. Кроме того, из прошений шведского инженера И. Э. Норберга известно, что он, якобы, еще в 1794 г. предлагал построить в России паровое судно [2], но в документах, относящихся к деятельности Норберга в России конца XVIII в., это сообщение никак не подтверждается [3].

О большом интересе к вопросу применения паровых машин на судах выдающегося русского механика-изобретателя И. П. Кулибина известно из его рукописного наследия. С пометкой «напомнить как о весьма нужном деле», он в 1798 г. писал о возможности «вместо конных машин» применять на судне «небольшие кипящие парами машины». Выписав из «Петербургских ведомостей» (1801, № 72) заметку об испытании парового судна на Темзе, Кулибин вновь написал о необходимости «со временем постараться расположить парами действующую машину с цилиндром так, чтобы [она] могла действовать... на судне». Однако сведений о практических опытах Кулибина в этой области не сохранилось.

Первая в России землечерпательная машина, построенная в 1811—1812 гг. на Ижорских заводах по проекту генерал-майора корпуса инженеров путей сообщения Бетанкура, хотя и имела паровой привод для движения, но передвигалась лишь в пределах очищаемой акватории, и относить ее к пароходам нет оснований [4]. Изобретатель парохода Роберт Фультон, пользуясь поддержкой американского посланника в Петербурге Дж. К. Адамса, пытался в 1812 г. взяться за введение пароходства в России. В декабре 1813 г.

Фультону было «даровано право» на соответствующую привилегию, однако он ее так и не получил. В 1814 г. с предложением организовать пароходное сообщение между Петербургом и Кронштадтом выступил английский инженер Ральф Додд [5]. Переговоров с ним об этом не велось, однако директору Ижорских заводов А. Я. Вильсону, командированному в Англию, было поручено собрать материалы по пароходостроению [6]. Такое же задание от Петербургской Академии наук получил известный русский ученый и изобретатель И. Х. Гаммель, посланный в Англию «для усовершенствования своего в науках и для хозяйственных и мануфактурных наблюдений».

Появление паровых судов на Балтике задолго до начала промышленного переворота в России обуславливалось насущными интересами крупного торгового капитала. Для России, которая в начале XIX века «...могла получать деньги лишь посредством морской торговли и вывоза своего сырья на главный в то время рынок, в Англию...»¹, имели особое значение объем экспортной торговли и сроки оборота вложенных в нее капиталов. Между тем, в Петербурге, через который шло свыше 70% морского русского экспорта, складывались неблагоприятные условия для расширения морской торговли. Значительное увеличение размеров судов и продолжавшееся обмеление невиского фарватера вынудили перенести большую часть погрузочных работ из Петербурга на мало приспособленный для этого рейд купеческой гавани Кронштадта. Каждую навигацию сюда надо было подвозить из столичных складов до 300 тыс. т экспортных грузов [7]. Чтобы справиться с таким грузопотоком, потребовалось построить целый флот плоскодонных парусных лихтеров, но и он оказался не в состоянии обеспечить своевременную доставку грузов к морским судам. В результате из-за уплаты штрафов фрахт значительно дорожал, а самое главное, замедлялись

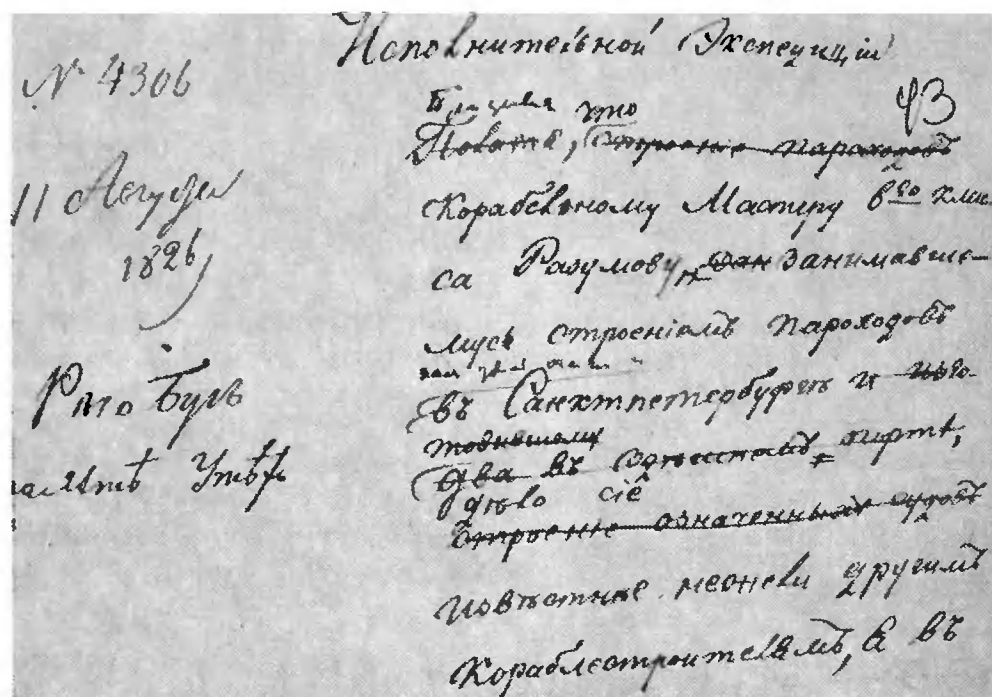


Жетон для проезда на пароходе Берда.

¹ Чернобровец В. Е. Листая забытые страницы... «Судостроение», 1965, № 10, стр. 66—67.

¹ Энгельс Ф. Внешняя политика русского царизма. В кн.: Маркс К., Энгельс Ф. Соч., изд. 2-е, т. 22, стр. 29.

сроки доставки русских товаров на мировой рынок. Общие убытки русских экспортеров настолько возросли, что упорядочение и ускорение грузовых перевозок между Петербургом и Кронштадтом стало задачей государственного значения. Этим во многом объясняется повышенный инте-



Фотокопия записки адмирала Грейга.

рес правительства и предпринимателей к паровому судоходству, проявившийся в России в 1813—1814 гг.

Организовать это новое дело можно было в Петербурге. Именно здесь работали тогда наиболее опытные русские корабельные мастера, здесь находился лучший по тем временам механический завод К. Н. Берда, имевший опыт производства паровых двигателей. На этом заводе, видимо, не позднее марта 1815 г. и начались работы по созданию первого русского парохода.

Сообщение известного инженера В. С. Карелина о том, что при постройке этого судна использовались шотландские модели, по-видимому, обосновано. Во всяком случае отчетный чертеж парохода, представленный Бердом 26 мая 1815 г. в Министерство внутренних дел вместе с прошением о выдаче ему привилегии [8], почти идентичен отчетным чертежам парохода, который построил Робертсон Бьюкенен в конце 1814 г. в Глазго [9].

Борьба за получение привилегии на строительство паровых судов носила в 1814—1816 гг. исключительно острый характер. Позже Берд утверждал, что именно он впервые в России сконструировал и построил пароход. Но поскольку в Ведомстве путей сообщения Берда считали лишь «учредителем» пароходного дела, там с ним только обсудили смету на постройку парохода, но строить решили на Охте «под присмотром искусного моряка-строителя» [10]. Впоследствии и сам Берд признавал, что все его пароходы строились корабельными мастерами Морского министерства [11]. В частности, в 20-х годах XIX в. для него проектировали и строили пароходы адмиралтейские мастера К. А. Глазырин (1788—1848) и Л. С. Михельсон (1803—1876). При постройке первого из своих пароходов Берд тоже вряд ли обо-

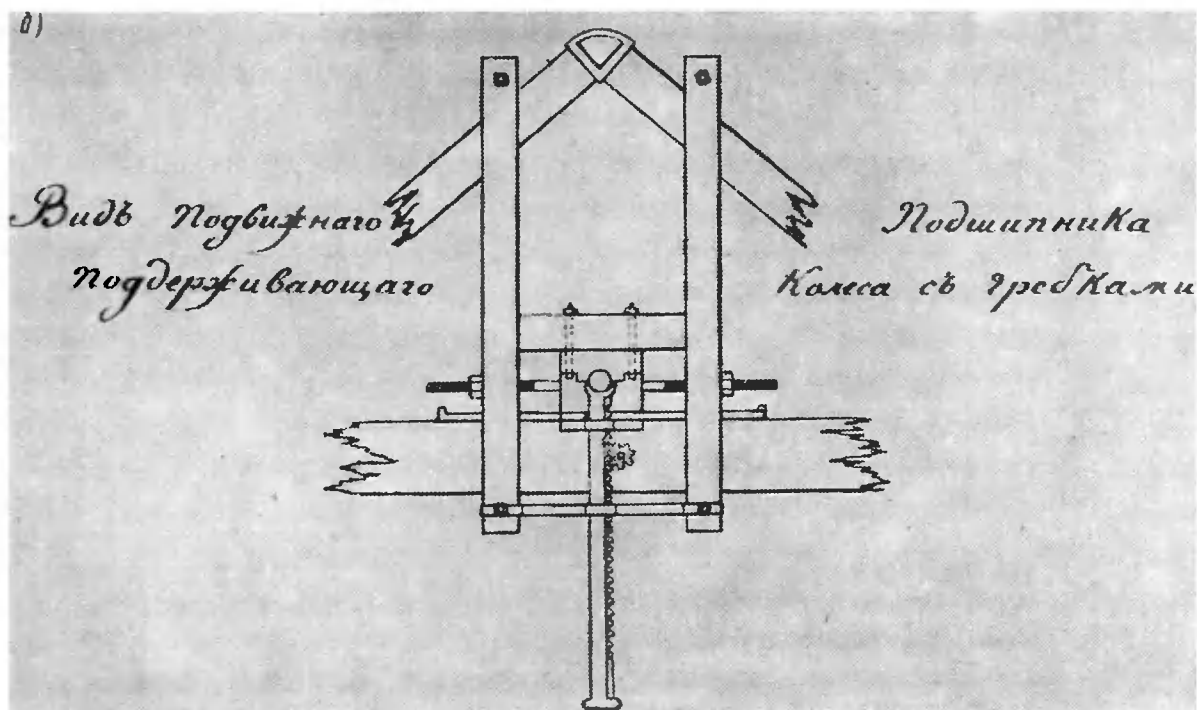
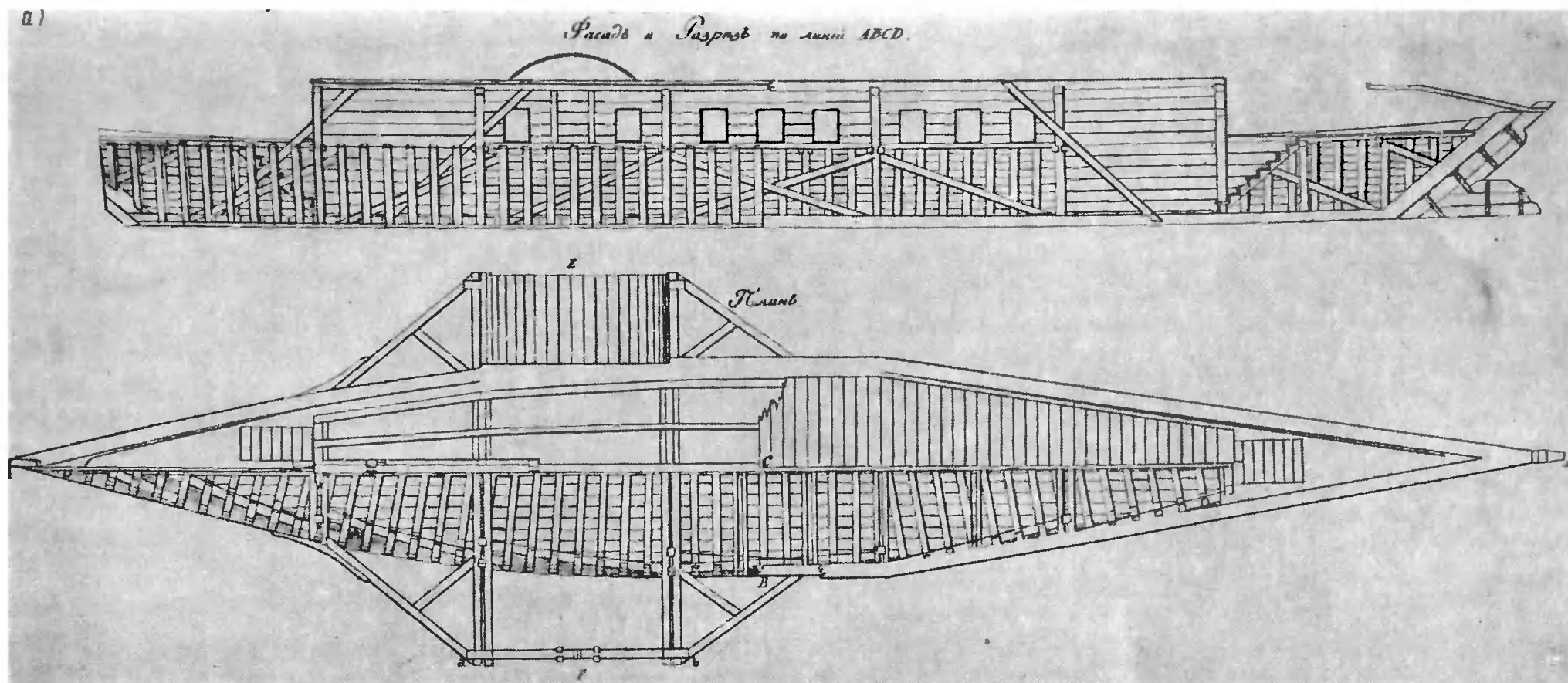
шелся без помощи корабельного мастера. К сожалению, мы пока не знаем его имени. Правда, документально известно, что первые боты, предназначенные для буксировки пароходами, строил по собственному проекту адмиралтейский корабельный мастер Илья Степанович Разумов. Документы, подписанные главным командиром Черноморского флота адмиралом А. С. Грейгом, свидетельствуют о знакомстве Разумова с методами постройки английских паровых судов и о его деятельности по строительству пароходов в Петербурге [12]. В свою очередь, из послужных списков И. С. Разумова следует, что большую часть 1820 г. он провел за границей, а в 1821 г. по состоянию здоровья переехал в Николаев [13].

Сопоставляя все эти документальные данные и учитывая, что до 1820 г. только завод Берда в Петербурге строил пароходы, можно с достаточным основанием утверждать, что «строением пароходов» И. С. Разумов занимался именно на этом заводе. Возможно, к его же помощи прибегал Берд и в 1815 г. при постройке первого русского парохода. Об участии в этой работе опытного корабельного мастера говорят сроки постройки: ходовые испытания парохода начались меньше чем через полгода после его закладки. 20 августа 1815 г. (почти за два с половиной месяца до официального ввода в эксплуатацию) пароход был впервые использован практически — отбуксировал к пристани у Исаакиевского моста «адмиралтейский пассажбот», застрявший из-за безветрия в веках невского фарватера.

В настоящее время можно считать документально установленным, что «отчетный чертеж», составленный Бердом 26 мая 1815 г., является подлинным изображением первого русского парохода. С этого чертежа впоследствии была снята копия для брошюры о привилегии Берда. В навигацию 1816 г. Берд использовал свой первый пароход для регулярных пассажирских перевозок между Петербургом и Кронштадтом, а в 1817 г., построив второй, организовал буксировку лихтерных ботов на этой линии.

В феврале 1816 г. на Ижорских заводах началась постройка первого буксирно-грузового парохода для Балтийского флота. Специальных ассигнований на это Адмиралтейству не отпустили, и пароход строился под руководством А. Я. Вильсона «хозяйственным способом». Корпус для него «из брусьев, соединенных железными болтами» делали вольнонаемные плотники из крестьян, работавшие под началом мастеров Е. Власова, Ф. Савельева и И. Яковлева. Машина изготавливалась на станках с водяным приводом. В первый рейс этот пароход, получивший позже название «Скорый», вышел в октябре 1818 г. [15].

В связи с тем, что правительство отложило окончательное решение вопроса о выдаче привилегии на постройку паровых судов до конца 1816 г., в борьбу за ее получение включился один из крупнейших русских заводчиков и землевладельцев В. А. Всеволожский. В начале 1816 г. видный русский ученый Петр Григорьевич Соболевский и мастера-механики этих заводов Иван Григорьевич и Петр Карпович Казанцевы, работавшие



Рабочий чертеж парохода, спроектированного в начале 1817 г. инженером П. П. Базеном: а — общий вид; б — эскиз одного из узлов.

тогда на Пожевских заводах Всеволожского, приступили к постройке парохода. Не имея чертежей и какого-либо опыта в постройке паровых судов, располагая лишь «механическим заведением» полумануфактурного типа, они к осени 1816 г. создали первый «пожевский» пароход. Однако мощность его машины (24 номинальных л. с.) оказалась недостаточной, и он практически не мог использоваться.

К августу 1817 г. пожевские судостроители спустили на воду еще два парохода с машинами мощностью 36 и 8 л. с., которые при возвращении из первого же рейса в Нижний Новгород погибли. Четвертый из построенных на Пожевских заводах в 1816—1821 гг. пароходов был вскоре разобран. После 1821 г. пароходы здесь вообще не строились [16].

Таким образом, как свидетельствуют документы, ни один из построенных на Пожевских заво-

дах пароходов в коммерческой эксплуатации не был. Поэтому, отдавая должное заслугам пожевских пароходостроителей в истории развития русской техники начала XIX в., вряд ли можно считать Пожевские заводы «вторым центром» русского пароходостроения. Такой вывод вполне обоснован еще и потому, что уже в 1818—1819 гг. пароходы строились в ряде районов России. Осенью 1818 г. один из крепостных мастеров Всеволожского начал строить пароход в Гомельском имении графа Н. П. Румянцева [17]; в марте следующего года помощник корабельного мастера Н. Н. Федоров приступил к постройке на реке Поле парохода для Новгородских военных поселений [18]. В середине 1819 г. в селе Юршино на Шексне местные судостроители заложили корпуса для трех пароходов, заказанных им ярославскими предпринимателями И. И. Глебовым и Д. И. Евреиновым. Несколько позднее корабельный мастер Николаевского адмиралтейства Андрей Иванович Мелихов (1773—1821) начал по приказанию Грейга постройку первого на Черном море парового бота, получившего впоследствии название «Везувий» [19]. Даже ведомство путей сообщения, сначала весьма скептически относившееся к введению паровых судов, в 1816 г. приступило к разработке проекта парового судна для Волги. Этим занимался талантливый инженер-путеец П. П. Базен, который разработал проект колеснокабестанного парохода. По этому проекту пароходы начали строиться в 1820 г. [20].

В течение первых пяти лет пароходостроения в России (с 1815 по 1818 гг.) было построено 10 пароходов и четыре находились в стадии строительства. В навигацию 1819 г. эксплуатировалось всего шесть пароходов — четыре частных (бердовских) и два казенных.

Интересны сравнительные данные по странам, впервые приступившим к постройке паровых судов. Так, в США за пять лет (1807—1811 гг.) было введено в эксплуатацию пять паровых судов [21]. Англичане за такой же отрезок времени (с 1812 по 1816 г.) построили 31 паровод, причем 11 из них имели мощность машин от 3 до 10 л. с. [22]. Франция в 1815—1820 гг. не смогла наладить постройку паровых судов на собственных заводах и потому покупала их в Англии [23]. Следует отметить, что англичане в те годы поставляли пароводы почти во все страны Европы.

Таким образом, Россия стала третьей в мире страной по времени введения парового судоходства и создания собственного пароводостроения. Правда, почти полвека пароводному делу в России пришлось развиваться в условиях крепостного права, что не могло не отразиться на темпах развития этой отрасли судостроения. Тем не менее, в течение первой четверти века своего существования (1815—1840 гг.), когда на русских заводах и верфях строились только деревянные колесные пароводы с паровыми машинами низкого давления, отечественное пароводостроение почти полностью удовлетворяло потребности страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. ЦГА ВМФ, ф. 135, оп. 1, д. 183, лл. 7—8.
2. ЦГА ВМФ, ф. 166, оп. 1, д. 3558, лл. 100 и 168.
3. Центральный государственный архив древних актов, ф. 271, кн. 2766, лл. 8—12.

4. Ленинградский государственный исторический архив (ЛГИА), ф. 1349, оп. 6, д. 26, лл. 159 и сл.
5. Государственный музей истории Ленинграда (ГМИЛ), фонды отделения истории города, ед. хр. 5239-р, л. 20.
6. ЦГА ВМФ, ф. 166, оп. 1, д. 2940, л. 23.
7. Центральный государственный исторический архив СССР (ЦГИА), ф. 652, оп. 1, д. 1129, лл. 1—3.
8. ГМИЛ, ед. хр. 5239-р, лл. 16—17.
9. Buchanan R. A practical Treatise on propelling vessels by steam. London, 1816, app. p. 5, fig. 2.
10. ЦГИА, ф. 159, оп. 1, д. 274, лл. 58—59.
11. ЦГА ВМФ, ф. 158, оп. 2, д. 31, л. 3.
12. ЦГА ВМФ, ф. 243, оп. 1, д. 2716, лл. 9 и 43.
13. ЦГА ВМФ, ф. 406, оп. 2, д. 153, лл. 44 и 49.
14. О паровом судне. — «Русский инвалид», 1815, 25 августа (№ 68), стр. 271.
15. ЦГА ВМФ, ф. 212, оп. 7, д. 1164, л. 91 и ф. 131, оп. 1, д. 2155, лл. 25, 80—83 и 223-об.
16. ЦГИА, ф. 652, оп. 1, д. 942, л. 40; д. 1095, лл. 91—93 и 181; д. 1096, лл. 7 и сл.; ф. 880, оп. 1, д. 292, л. 255.
17. ЦГИА, ф. 652, оп. 1, д. 945, л. 25.
18. ЦГИА, ф. 163, оп. 1, д. 487, л. 33.
19. ЦГА ВМФ, ф. 1047, оп. 1, д. 381, лл. 15—78 и 126.
20. ЦГИА, ф. 199, оп. 5, д. 139, лл. 39—40 и ф. 159, оп. 1, д. 588, лл. 104 и сл.
21. Виргинский В. С. Роберт Фультон. М., «Наука», 1965, стр. 172—173.
22. Report a Committee of the House of Commons on Steam Boats.—Philosophical magazine and journal by A. Tilloch. London, 1822, v. LX, pp. 257—259.
23. Marestier T. Memoire sur les bateaux a vapeur des Etats-Unis d'Amerique. Paris, 1824, pp. 7—13.

(Продолжение следует)

МЕДАЛИ В ЧЕСТЬ СОЗДАНИЯ РУССКОГО ФЛОТА

В. В. Ашик

УДК 359(09)

В число наиболее важных государственных нововведений Петра входит организация в Санкт-Петербурге монетного и медального дела. В допетровские времена почти единственным металлическим денежным знаком, находившемся в обращении, была серебряная монета неправильной формы достоинством в копейку. Монета изготовлялась из расплюсченной проволоки кустарным способом и поэтому сильно отличалась по внешнему виду от европейских денежных знаков промышленного производства. Новая техника чеканки крупной монеты обеспечила возможность изготовления медалей.

Уже в 1701 г. в Замоскворечье Петр основал Кадашевский монетный двор, чеканивший крупные монеты и медали. Интересно отметить, что Петр I гораздо раньше, чем в европейских странах, использовал медали в качестве наградных.

О первых русских медалях известно очень мало. Одна из первых петровских медалей посвящена взятию Азова (вклейка)¹. На ней видны русские корабли, обстреливающие крепость. Известный советский искусствовед Е. С. Щукина относит ее к числу работ медальера Федора Алексеева, работавшего на Кадашевском монетном дворе в начале XVIII в. Выбитые на медали цифры

«1696» означают дату взятия Азова, а не год чеканки (тем более, что дата поставлена по новому летоисчислению, введенному лишь в 1700 г.).

Несколько первых петровских медалей посвящены выдающимся событиям в истории русского флота (победным сражениям при Гангуте и Гренгаме, организации флотов четырех морей и др.). Однако сам факт создания русского регулярного флота не нашел отражения в медалях петровской эпохи. В 1754 г. по предложению М. В. Ломоносова Российская Академия наук приняла решение выпустить памятные медали, увековечивающие заслуги Петра в становлении России как великой морской державы. Предполагается, что штемпель одной из первых медалей этой серии (на «начатие флота») был изготовлен выдающимся русским медальером XVIII в. Василием Климентьевым. Эта модель выглядит очень эффектно: на лицевой стороне воспроизведен портрет Петра I с трезубцем в руке, вокруг портрета надпись на латинском языке «Петр Великий — создатель русского флота». На обратной стороне медали изображен Нептун, подводящий свою колесницу к ногам женщины, олицетворяющей собой Россию. Латинская цитата из Овидия выражает готовность «владыки морей» исполнять все приказания новой повелительницы. В обреде медали — год создания регулярного русского флота (1696). Почти одновременно был предложен другой вариант этой медали, разработанный крупнейшим русским медальером XVIII в. С. Ю. Юдиным. Лицевая ее сторона значительно менее эффектна, обратная сторона содержит дополнительный элемент — изображение двуглавого орла на щите около фигуры женщины.

Интерес к этой медали сохранялся в течение многих лет, и петербургский монетный двор неоднократно возобновлял ее штемпель. Крупные русские медальеры не раз копировали медаль на «начатие флота». До наших

¹ Медали на вклейке — из коллекции автора.

МЕДАЛИ В ЧЕСТЬ СОЗДАНИЯ РУССКОГО ФЛОТА



Оборотная сторона медали на взятие
Азова (диаметр медали 51 мм)



Лицевая и оборотная стороны медали на создание русского флота работы В. Климентьева (диаметр 66 мм)



Оборотная сторона медали на создание
русского флота работы С. Ю. Юдина
(диаметр 66 мм)



Оборотная сторона медали на создание
русского флота работы Н. Г. Вехтера
(диаметр 66 мм)

дней дошли копии, выполненные русскими мастерами И. Г. Вехтером (1724—1797), профессором Академии художеств академиком В. В. Алексеевым (1823—1901), Семеном Ивановым (середина XIX в.). Любопытно, что если в медалях В. Климентьева и С. Юдина видны черты господствовавшего тогда в искусстве стиля барокко, то у И. Г. Вехтера чувствуется влияние классицизма.

Памятные медали — ценные произведения искусства, запечатлевшие для потомков важнейшие исторические события. Медали, посвященные петровской эпохе, воссоздают героические страницы ранней истории русского флота.

ТЕПЛОХОД-ВETERАН ОТЕЧЕСТВЕННОГО РЕЧНОГО СУДОСТРОЕНИЯ

В. И. Сергеев

УДК 629.122.6(09)

С давних пор наша страна занимала ведущее положение в речном судостроении. Русские речные суда всегда были лучшими в мире. Россию справедливо считают родиной теплоходов.

Идею об использовании двигателей внутреннего сгорания на судах впервые выдвинул в 1898 г. выдающийся русский кораблестроитель Константин Петрович Боклевский (1862—1928). Первым в мире речным судном с двигателем внутреннего сгорания был теплоход «Вандал», построенный в 1903 г. сормовским заводом в Нижнем Новгороде. Главными двигателями судна служили дизели петербургского завода Людвиг Нобеля (ныне завод «Русский дизель») мощностью 3×120 л. с. Поскольку дизели были неререверсивными, задний ход осуществлялся за счет электродвижения.

В 1904 г. закончилась постройка второго речного теплохода «Сармат» с двумя дизелями мощностью по 180 л. с. В 1907—1909 гг. завод Нобеля и Коломенский завод организовали производство судовых дизелей с муфтой Кореиво. В эти же годы был создан первый реверсивный дизель.

Строительство крупных речных теплоходов началось в России в 1910 г. Весной 1911 г. вступил в эксплуатацию построенный Коломенским заводом первый колесный пассажирский теплоход «Урал» с двумя дизелями мощностью по 400 л. с. Памятным событием для русского речного судостроения было окончание постройки летом 1911 г. крупного пассажирского винтового теплохода «Бородино». Длина судна составляла 89 м, ширина 9,3 м, высота борта 3,2 м, осадка 1,6 м, образование кормы туннельное. Два дизеля Коломенского завода типа 15PK-6 мощностью по 600 л. с. при 250 об/мин сообщали судну скорость 23,5 км/ч. Создателями этого замечательного теплохода были инженеры Коломенского завода Р. А. Кореиво, А. Г. Зиле, В. А. Аршаулов и М. С. Александров. Активное участие в строительстве принимал Н. Ф. Мокеев — главный инженер акционерного общества «Кавказ и Меркурий», заказавшего судно.

С созданием теплохода «Бородино» связано интересное обстоятельство, сыгравшее большую роль в дальнейшем развитии отечественного судового дизелестроения. Речь идет о «состязании» нового теплохода с самым быstroходным волжским пароходом «Фельдмаршал Суворов» на участке Астрахань—Енотаевск протяженностью 304 км в оба конца. «Бородино» с грузом 164 т преодолел эту дистанцию за 13 ч, израсходовав при этом 2,8 т моторного топлива. Пароход «Фельдмаршал Суворов» с грузом 82 т прошел расстояние от Астрахани до

ЛИТЕРАТУРА

Веселаго Ф. Ф. Список русских военных судов с 1668 г. по 1860 г. СПб, 1872.

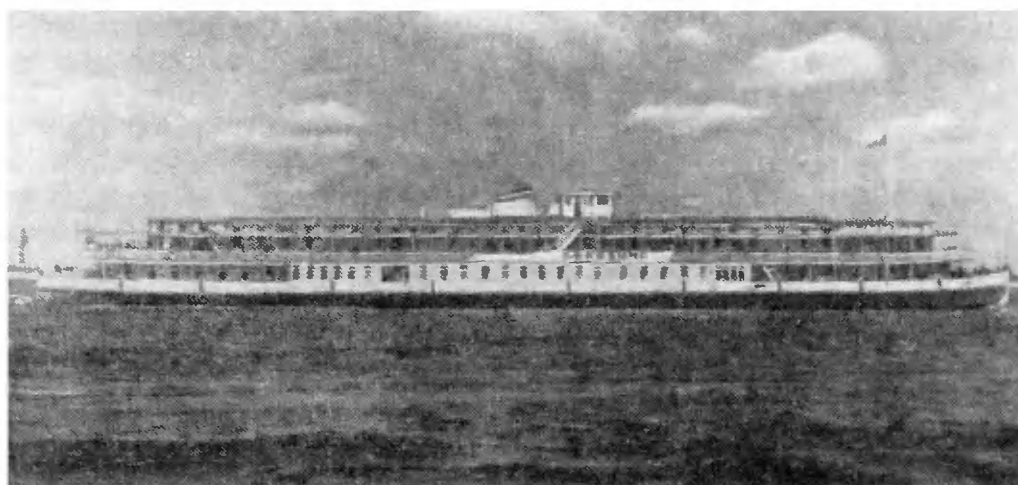
Иверсен Ю. Б. Медали на деяния Петра Великого. СПб, 1872.

Спасский И. Г. Русская монетная система. Л., «Искусство», 1970.

Художники народов СССР. Библиографический словарь. Т. 1. М., «Искусство», 1970.

Щукина Е. С. Медальерное искусство в России XVIII века. Л., Изд. Государственного Эрмитажа, 1962.

Енотаевска и обратно за 12,5 ч, но израсходовал при этом 17 т мазута. Результаты проведенных испытаний красноречиво свидетельствовали о преимуществах применения дизельных установок на речных судах.



Волжский пассажирский теплоход «Бородино».

За долгие годы эксплуатации на скоростной линии, связывающей Горький с Астраханью, теплоход «Бородино» не раз ремонтировался. Теперь на нем установлены новые двигатели, его корпус подкреплён на класс «0» Речного Регистра РСФСР для плавания по водохранилищам Большой Волги. Конструкция теплохода оказалась столь удачной, что даже в наши дни по основным технико-эксплуатационным показателям он не уступает современным речным пассажирским лайнерам. Пассажиры, совершающие рейсы на «Бородино», отмечают его высокую комфортабельность. В их распоряжение предоставлены одноместные и двухместные каюты, просторные светлые салоны, обширная прогулочная палуба. Благодаря удачно выбранным обводам корпуса, теплоход отличается хорошими ходовыми качествами и даже в свежую погоду (при ветре до 6 баллов) на открытых водоемах не испытывает заметной качки.

Теплоход «Бородино» — ветеран отечественного речного судостроения — продолжает оставаться в строю и пользуется заслуженной славой одного из лучших судов советского речного флота.

ЛИТЕРАТУРА

Акимов П. П. История развития судовых энергетических установок. Л., «Судостроение», 1966.

Наумов А. И. Теория, устройство и ремонт судов внутреннего плавания. М., «Речной транспорт», 1956.

Регистровый список судов речного флота. М., «Транспечать», 1922.

Страхов А. П. Основы теории и устройства судов внутреннего плавания. М., «Речной транспорт», 1965.

Шубин И. А. Волга и волжское судоходство. М., «Транспечать», 1927.

МОДЕЛЬ ПАРУСНОГО КОРАБЛЯ НАЧАЛА XVIII в.

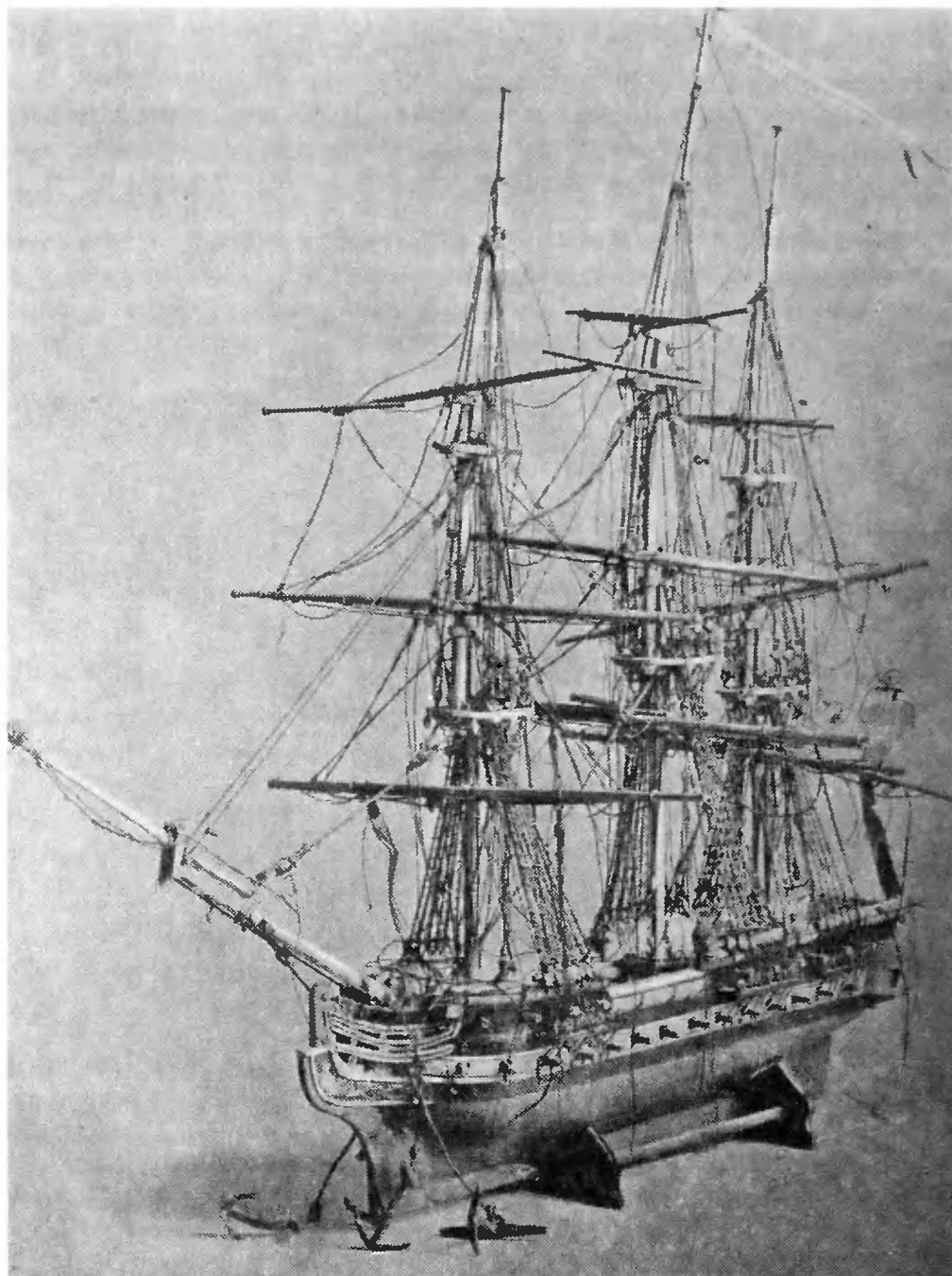
В корабельном фонде Центрального военно-морского музея в Ленинграде хранится модель 48-пушечного парусного корабля начала XVIII в. Модель интересна тем, что изготовление ее приписывается Петру I. На это указывает, в частности, запись в инвентарной книге Морского музея за 1900—1917 гг., об этом же говорится в надписи к фотографии модели, сделанной, по-видимому, еще в то время, когда она находилась в экспозиции Веймарского музея (до 1913 г.).

Модель, изготовленная из дерева дубовой и хвойной пород, воспроизводит в масштабе 1:96 трехмачтовое судно с прямым вооружением без парусов. Подводная часть корпуса окрашена в зеленый цвет. Надводный борт имеет черную и белую продольные полосы. Наибольшая длина модели (с бушпритом и гиком) достигает 90 см, ширина 10 см, высота от киля до планширя 13 см и от палубы до клотика — 65 см. Декор модели довольно прост: в носовой части изображены фигуры сирен, на корме нанесен незамысловатый узор. По бортам расположены 48 пушек (28 на нижней палубе и 20 — на верхней). Рангоутом и такелажем модель оснащена полностью, однако заметно, что отдельные детали подвергались реставрации. На верхней палубе хорошо видны штурвал, ручная помпа, шпиль, кнехты и ряд дельных вещей.

Несмотря на некоторую примитивность и не совсем точное соответствие размеров отдельных деталей выбранному масштабу, модель дает представление об архитектуре и оснащении парусных кораблей начала XVIII в.

Известно, что Петр I как корабельный мастер славился особым искусством в изготовлении моделей. Некоторая примитивность описываемой модели заставляет сомневаться в том, что ее сделал Петр. Может быть эта работа приписывается ему ошибочно? Ответ на этот вопрос дадут дальнейшие исследования.

Б. П. Левченко



Модель 48-пушечного парусного корабля петровской эпохи.

ЖУРНАЛ „СУДОСТРОЕНИЕ“ 40 ЛЕТ НАЗАД

Редакционная статья июльского номера журнала «Советское судостроение» за 1932 г. обращала внимание специалистов на необходимость усиления научно-исследовательских работ по обеспечению одной из важнейших характеристик судов — их ходкости. Состоянию работ в области выбора обводов корпусов рыболовных траулеров и обеспечения их ходовых качеств была посвящена большая статья Н. К. Кена. Инженер Л. М. Ногид выступил в журнале с материалом «О нормировании остойчивости траулеров». Формуле для исследования остойчивости судов на больших углах крена посвятил свою статью В. Семенов-Тянь-Шанский. С материалом «Графики для приближенного определения остаточного сопротивления морских коммерческих судов» выступил в номере Г. Н. Кабачинский. Проблемам улучшения ходовых качеств судов были посвящены также статьи «Кривые для образования непрерывных судовых обводов» и «О выступающих частях корпуса морских судов».

Под рубрикой «По советским верфям» в номере помещен материал, рассказывающий о сравнительных пропульсивных натурных и модельных испытаниях теплохода «Ким» третьей серии Черноморско-Балтийской линии. Важной частью этих испытаний было создание и освоение устройства для контроля работы движительной установки при условии регистрации непосредственного упора гребного винта. Следующий материал освещал

опыт сплошной обварки трубных решеток паровых котлов нефтевоза «Казахстан» с паровой машиной мощностью 600 индикаторных лошадиных сил.

В отделе зарубежной хроники был опубликован отчет о международной конференции по проблемам гидромеханики и ходкости судна, состоявшейся 18 мая 1932 г. в Гамбурге. В следующем материале дан анализ судостроительной программы и состава военно-морских сил Японии. В заключение номера опубликовано описание электронавигационных установок первого советского коммерческого парохода «Декабрист», управляемого автоматическим рулевым устройством (гирорулевым).

В номере помещены фотографии речного грузового теплохода «Черкессия» и рейдового нефтеперекачивающего судна РС № 15481 постройки завода «Красное Сормово». Длина теплохода «Черкессия» составляла 100 м, ширина 13,5 м, высота борта 3,3 м, грузоподъемность 2150 т, осадка с полным грузом 2,3 м, скорость при этой осадке 11,5 км/ч. Все вспомогательные механизмы судна имели паровой привод с подачей пара от котла (поверхность нагрева 50 м², давление 10 кгс/см²). Рейдовое нефтеперекачивающее судно РС № 15481 имело главные размерения 75,28×13,5×3,2 м, корпус был набран по продольной системе набора. Судно предназначалось для перекачки и выдачи нефтепродуктов, для чего на нем предусматривался насос производительностью 210 т/ч с дизельным приводом.

В отделе библиографии вниманию читателей предлагались рецензии на книги «Пути реконструкции деревянного судостроения» (под редакцией А. М. Остроумова, Л., 1932) и «Исследование рулей Флеттнера» (Л., 1932).



Экономическое образование и повышение квалификации кадров

ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ РУКОВОДЯЩИХ И ИНЖЕНЕРНО- ТЕХНИЧЕСКИХ КАДРОВ В СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

УДК 658.386.3-052.2:629.12

Стремительное развитие перспективных направлений в науке и технике требует от специалистов качественно новых знаний, поэтому решение этой проблемы только за счет интенсификации учебного процесса в вузах и техникумах практически невозможно. Необходима планомерная переподготовка руководящих и инженерно-технических кадров. Многие работники в процессе своей деятельности самостоятельно пополняют знания по специальности. Однако далеко не каждый специалист имеет реальную возможность систематически изучать все новое в интересующей его области знаний. Если при этом учесть, что публикация результатов научных исследований отстает по времени, то становится очевидным, что знания инженерно-технических работников не всегда соответствуют предъявляемым требованиям производства, а это, в свою очередь, сказывается на темпах технического прогресса.

Таким образом, повышение квалификации руководящих кадров и специалистов является делом большой народнохозяйственной важности, особенно в современных условиях, характеризующихся наращиванием темпов развития всех отраслей промышленности. На это обращается большое внимание в директивах XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану. В стране к настоящему времени создана сеть отраслевых и межотраслевых институтов повышения квалификации, организованы факультеты при вузах.

По данным ученых-экономистов, продуктивность труда специалистов, прошедших переподготовку, повышается примерно на 10%. Причем эффект повышения квалификации реализуется сразу же, так как приобретенные знания применяются в практической работе специалиста. Следует отметить, что сроки окупаемости затрат на повышение квалификации по сравнению с капиталовложениями на другие цели являются самыми короткими и не превышают одного года.

В 1968 г. в Ленинграде начал свою деятельность отраслевой Институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов

судостроительной промышленности. Кроме того, организованы его филиалы в Москве и Николаеве и зональные курсы в Горьком и Владивостоке. На институт возложено научно-методическое руководство повышением квалификации специалистов, обучающихся на курсах предприятий и организаций отрасли.

Принципиальным отличием института повышения квалификации от вузов является то, что в нем осуществляется обучение специалистов, уже имеющих теоретическую подготовку и практический опыт работы. Поэтому основное внимание в переподготовке обращается на изучение теории и практики управления производством, экономики, планирования, организации и технологии производства, математических методов в экономических и технических расчетах, вычислительной техники, новейших достижений науки и техники в отечественном и зарубежном судостроении. Слушатели изучают также практические результаты исследований ведущих научных организаций и новые разработки проектных бюро. Непосредственный контакт с научно-исследовательскими и проектными организациями, а также ведущими предприятиями отрасли позволяет оперативно определять основные направления развития судостроения. Эта многогранная и ответственная деятельность осуществляется факультетами и кафедрами института, на которых работают специалисты высокой квалификации, имеющие, как правило, большой стаж работы в судостроении. Основной профессорско-преподавательский состав — это ученые и ведущие специалисты отрасли, принимающие непосредственное участие в научных исследованиях, проектировании, планировании и организации постройки судов. Привлечение ведущих специалистов отрасли к преподавательской работе на условиях штатного совместительства позволяет не только давать слушателям новейшие материалы по изучаемым дисциплинам, но и способствует успешному внедрению новой техники и технологии в производство.

В настоящее время в институте работают три факультета: подготовки и переподготовки руководящих кадров, повышения квалификации инженерно-технических работников предприятий и повышения квалификации специалистов научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций. На этих факультетах работает десять кафедр по основным вопросам судостроения. Факультеты и кафедры института разрабатывают учебные пособия, типовые программы, конспекты лекций для курсов повышения квалификации кадров на предприятиях, проводят семинары для преподавателей школ резерва и т. п.

С начала 1971/72 учебного года в институте проводится научно исследовательская работа, направленная на изыскание более эффективных форм и методов повышения квалификации, оптимальных сроков переподготовки специалистов различных категорий и др. Таким образом, повышение квалификации в институте обретает научную основу.

К сожалению, пока еще нет конкретных методик и критериев оценки «отдачи» каждого специалиста после прохождения им обучения. Имеются лишь общие данные, которые позволяют сделать вывод, что предприятия, уделяющие должное внимание повышению квалификации специалистов, как правило, успешнее справляются с практическими задачами. Большое значение повышению квалификации работников придается на заводах им. А. А. Жданова, Адмиралтейском и др.

Для оценки уровня повышения квалификации специалиста институтом введено выполнение курсовых и выпускных работ по тематике, согласованной с предприятиями. Такими темами служат вопросы планирования, организации производства, структуры управления, технологии производства, автоматизации производственных процессов, повышения надежности и качества продукции и т. д. Выполненные работы с расчетами технико-экономической эффективности, будучи конкретными и «привязанными» к предприятию, несомненно имеют практическую ценность. Сравнение расчетной эффективности с фактической, полученной в результате внедрения, позволяет в известной степени дать оценку и результатам обучения слушателей в институте. К числу работ, выполненных слушателями института и нашедших практическое применение в производстве, относятся: «Анализ и разработка мероприятий по улучшению планирования и оценке деятельности подразделений конструкторского бюро в научно-исследовательском институте» (П. Н. Куприн); «Разработка оценочных показателей научно-производственной деятельности отделения ЦНИИ» (Г. П. Васильев).

Институт уделяет большое внимание школам резерва. Совместно с научно-производственными объединениями организуется обучение групп резерва на замещение должностей номенклатуры директора. По окончании курса обучения слушатели защищают выпускные работы, тематика которых предусматривает конкретное решение проблем дальнейшего развития объединения. Большое участие в подготовке этой работы принял, в частности, доктор технических наук О. П. Демченко.

Система повышения квалификации в судостроительной отрасли приобретает все более совершенный и планомерный характер. Утвержден план обучения на 1971—1975 гг. руководителей всех ступеней, работников технологических и экономических служб предприятий, специалистов научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций. Для руководящего состава установлена периодичность переподготовки 1 раз в три года, для инженерно-технических работников — 1 раз в 4—5 лет.

Большие и ответственные задачи возлагаются на институт по реализации Постановления ЦК

КПСС «Об улучшении экономического образования трудящихся» и соответствующих указаний Министерства. В институте еще в 1970—1971 гг. были организованы кафедры управления производством, экономики планирования и организации судостроительного производства, экономики и планирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, вычислительной техники, на которых работают около 50 докторов и кандидатов технических наук. Однако в связи с возросшими задачами, поставленными в области экономического образования, резко возрастают количественные и качественные масштабы этой работы, увеличивается объем и уточняется содержание экономических дисциплин для всех категорий слушателей института.

В связи с этим в настоящее время корректируются учебные планы и программы в соответствии с типовыми учебными планами и программами, рекомендованными ЦК КПСС. Так, для директоров и главных инженеров предприятий и организаций объем экономических дисциплин (управление производством, экономика, финансово-хозяйственные вопросы, математические методы) составляет 80—85% от всего количества учебных часов, для начальников цехов 70—75%. Кроме того, требуется, чтобы комплекс экономических дисциплин был дифференцированным и учитывал должностную специфику каждой из категорий руководящих работников и специалистов.

Весьма серьезной проблемой в связи с возросшими масштабами экономического обучения в институте является также подбор и дальнейшее комплектование преподавателей по экономическим дисциплинам и управлению производством. На предприятиях и в организациях отрасли со следующего учебного года начнется обучение основам экономических знаний большого количества рабочих, служащих, руководящих и инженерно-технических работников в школах коммунистического труда, на курсах целевого назначения, в университетах экономических знаний. В связи с этим возникает необходимость подготовки большого числа преподавателей по экономике и управлению производством. Такую работу институт проводил еще в 1970—1971 гг., подготовив свыше ста преподавателей по экономике и управлению производством для заводских школ резерва. Ныне масштабы этой работы резко возрастают: в период с марта по июнь текущего года в институте на семинарах преподавателей прошли подготовку свыше 600 человек.

Следует подчеркнуть, что дело совершенствования экономического образования по плану мероприятий, составленному в соответствии с постановлением ЦК КПСС «Об улучшении экономического образования трудящихся», сейчас находится в центре внимания всего коллектива института.

В. Д. Змитрович,
директор Института повышения квалификации
руководящих работников и специалистов
судостроительной промышленности

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УЧЕБЫ НА ЗАВОДЕ им. А. А. ЖДАНОВА

Большие задачи в девятом пятилетии стоят перед судостроителями Ленинградского завода им. А. А. Жданова. Коллективу предстоит освоить выпуск судов типа «Нева» с горизонтальным способом погрузки и разгрузки, что позволит снизить эксплуатационные расходы и объем капитальных вложений. Намечен целый комплекс работ по механизации трудоемких и тяжелых операций: будет механизировано сборочно-сварочное и трубомедницкое производство, проведена реконструкция спускового устройства, что позволит лучше использовать преимущества строительства судов в эллинге. Характерной особенностью развития завода в девятой пятилетке является увеличение объема выпускаемой продукции и техническое перевооружение, что будет достигнуто за счет роста производительности труда и использования внутренних резервов производства.

Решение всех этих задач невозможно без прочных экономических знаний, которыми должен овладеть каждый труженик завода. Важным условием выполнения Постановления ЦК КПСС «Об улучшении экономического образования трудящихся» является систематическое и дифференцированное экономическое обучение работников всех категорий. На нашем предприятии и ранее уделялось большое внимание повышению экономических знаний. Начиная с 1966 г., ежегодно проводятся занятия по экономике с инженерно-техническим составом. Завод одним из первых в отрасли перешел на работу по методу щекинцев, что потребовало проведения широкого комплекса подготовительных мероприятий. В 1970 г. наши инженеры и техники приступили к изучению форм и методов работы предприятия в условиях щекинского метода, где основное внимание уделяется вопросам экономики, планирования и организации производства. В 1971 г. более 250 инженерно-технических работников прошли экономическое обучение в курсовой сети завода. За эти годы подготовлены и свои квалифицированные кадры преподавателей по экономике, организации и планированию производства, умело сочетающие учебный процесс с конкретной спецификой работы предприятия.

Особое внимание вопросам экономики уделяется на заводе в текущем году. Разработан и утвержден развернутый план мероприятий по выполнению приказа министра об улучшении экономического образования. В этот план включены основные разделы, предусматривающие создание необходимых условий для организации с сентября 1972 г. экономической учебы всего коллектива: рабочих, инженерно-технического персонала цехов и отделов, руководящих работников. Уже скомплектовано и работает 104 школы коммунистического труда. Занятия в школах позволяют слушателям овладевать основами экономических знаний, поднимают их производственную и общественную активность.

В соответствии с планом практических мероприятий по подготовке массовой экономической учебы ждановцев в 1972/73 учебном году, рассмотренным и утвержденным парткомом завода, в январе 1972 г. прошло обсуждение Постановления ЦК КПСС «Об улучшении экономического образования трудящихся» на совещаниях секретарей партийных и комсомольских организаций, председателей цехкомов профсоюза, семинарах пропагандистов, совещаниях начальников цехов.

Были подобраны и утверждены преподаватели экономики, организации, планирования и управления производством в школах коммунистического труда, кружках повышения экономической и технической квалификации рабочих и инженерно-технического состава, в школах резерва и в народном университете. В качестве преподавателей по основам экономических знаний привлечены инженерно-технические работники экономических служб заводууправления, отделов строителей, члены Совета молодых специалистов и т. д. Подготовка преподавателей осуществляется на базе отраслевого Института повышения квалификации и в курсовой сети завода.

Научно-методический совет завода разработал и утвердил временную 12-часовую программу по конкретной экономике, рассчитанную на рабочих. В соответствии с этой программой составлен перечень экзаменационных вопросов, позволяющий объективно оценивать уровень полученных слушателем экономических знаний.

Кроме того, что в текущем году экономисты, плановики, начальники отделов, конструкторы, старшие мастера и другие специалисты обучаются в курсовой сети завода, в Ленинградском судостроительном техникуме организуются курсы повышения квалификации по планированию и управлению производством для работников экономических служб завода — практиков и мастеров, имеющих среднее специальное образование.

Большую помощь в улучшении экономического образования судостроителей-ждановцев оказывает Институт повышения квалификации: он заботится о подготовке преподавательских кадров, регулярно направляет преподавателей для проведения занятий в заводской курсовой сети, разрабатывает учебные планы и программы и т. д.

Проводимая на заводе экономическая политика позволяет по-новому подходить к оценке и решению ряда производственных вопросов. Так, при аттестации инженерно-технических работников теперь обязательно учитываются знания в области экономики. Задачи по экономическому образованию нашли свое отражение в социалистических обязательствах завода на 1972 г. Специальный раздел по повышению уровня экономических знаний трудящихся включен в план социально-экономического развития предприятия. В заводской многотиражной газете «Технический прогресс» систематически публикуются материалы, рассказывающие об организации экономического обучения. Специальным приказом по заводу «Об улучшении работы школ коммунистического труда» определены основные мероприятия по повы-

шению действенности экономической учебы рабочих. Принимаются меры по укреплению материальной базы экономического всеобуча: выделено помещение для кабинета экономики, составлена картотека литературы для пропагандистов и слушателей школ коммунистического труда, подбирается необходимая учебная и учебно-методическая документация (диафильмы, наглядные пособия и т. д.).

ДАННЫЕ О СПУСКЕ НА ВОДУ И ПОСТРОЙКЕ СУДОВ ЗА ГРАНИЦЕЙ В 1971 г.*

УДК 629.123.4:629.128.21-871

В приводимые данные включены суда валовой вместимостью от 100 рег. т и выше, спущенные на воду в течение 1971 г. и находившиеся в различных стадиях постройки.** Приведены также сведения о построенных в 1971 г. судах.

Общие данные. В течение 1971 г. было спущено на воду 2645 судов (114 пароходов и 2531 теплоход) общей валовой вместимостью 24 859 701 рег. т — на 3 170 188 рег. т больше, чем в 1970 г. По сравнению с 1970 г. наибольшее увеличение общей валовой вместимости спущенных в 1971 г. судов наблюдалось в Японии, Голландии и Дании.

Из общей валовой вместимости судов, спущенных на воду в 1971 г., на долю Японии приходится 48,24% (в 1970 г. — 48,30%, в 1969 г. — 48,17%, в 1968 г. — 50,77%), Швеции — 7,39%, ФРГ — 6,64%, Англии — 4,98%, Франции — 4,47%, Испании — 3,69%.

Ниже приводятся данные по странам, на которые приходится наибольшая валовая вместимость судов, спущенных в 1971 г. (в скобках указаны цифры, показывающие увеличение или уменьшение валовой вместимости по сравнению с 1970 г.).

Япония	. . .	11 992 495	рег. т.	(+1 516 691)
Швеция	. . .	1 836 979	"	(+125 789)
ФРГ	. . .	1 649 484	"	(—38 003)
Англия	. . .	1 238 692	"	(+1 558)
Франция	. . .	1 111 573	"	(+151 363)
Испания	. . .	915 985	"	(—9 712)
Норвегия	. . .	830 623	"	(+191 853)
Голландия	. . .	821 106	"	(+360 603)
Италия	. . .	812 746	"	(+214 867)
Дания	. . .	805 594	"	(+291 930)

Япония по-прежнему уверенно занимает первое место по количеству и валовой вместимости спущенных судов. 37 из 72 наиболее крупных судов (валовой вместимостью свыше 100 000 рег. т), спущенных на воду в 1971 г., построено в Японии. Из общей валовой вместимости 11 992 495 рег. т спущенных в Японии судов на долю танкеров приходилось 5 006 761 рег. т и на долю балккэриеров 5 041 527 рег. т, включая комбинированные суда — нефтерудовозы вместимостью 2 016 107 рег. т. На долю судов для перевозки генеральных грузов приходилось 1 401 283 рег. т, включая контейнеровозы вместимостью 338 649 рег. т (вместо 137 742 рег. т в 1970 г.).

Из общей валовой вместимости 1 836 979 рег. т спущенных в Швеции судов на долю танкеров приходилось 1 251 041 рег. т и на долю балккэриеров 500 004 рег. т (все они являются нефтерудовозами).

Из общей валовой вместимости 1 649 484 рег. т спущенных в ФРГ судов на долю танкеров приходилось 379 959 рег. т, на долю судов для перевозки генеральных грузов 713 420 рег. т,

* По данным отчета Регистра Ллойда „Annual Summary of Merchant Ships Launched in the World during 1971“.

** Значительное пополнение получил и советский флот. Сведения о составе морского флота СССР по состоянию на 1 января 1972 г. опубликованы в журнале «Судостроение», № 6, 1972.

Постоянное и систематическое расширение экономических знаний положительно влияет на производительность труда, экономию и бережливость каждого работника, на эффективность производства в целом. А это — надежные предпосылки для успешного выполнения пятилетнего задания.

Б. М. Яковлев,
директор завода им. А. А. Жданова

включая контейнеровозы вместимостью 386 241 рег. т, и на долю балккэриеров 459 348 рег. т, включая комбинированные суда — нефтерудовозы вместимостью 165 844 рег. т.

Из общей валовой вместимости 1 238 692 рег. т спущенных в Англии судов на долю танкеров приходилось 368 556 рег. т, на долю балккэриеров 467 121 рег. т, включая нефтерудовозы вместимостью 91 100 рег. т. На долю судов для перевозки генеральных грузов приходилось 296 720 рег. т.

Из общей валовой вместимости 1 111 573 рег. т спущенных во Франции судов на долю танкеров приходилось 716 665 рег. т и на долю судов для перевозки генеральных грузов 137 968 рег. т.

Из общей валовой вместимости 915 985 рег. т спущенных в Испании судов на долю танкеров приходилось 355 861 рег. т, на долю балккэриеров 292 297 рег. т и на долю судов для перевозки генеральных грузов 197 589 рег. т.

Валовая вместимость судов и тип энергетической установки. Количество судов, спущенных на воду в 1971 г., валовая вместимость которых превышает 10 000 рег. т, составило 540, из них пароходов 112 и теплоходов 428.

Из крупнейших судов, валовая вместимость которых превышает 60 000 рег. т, — 85 пароходов и 43 теплохода.

Все 156 судов валовой вместимостью 10 000 — 14 999 рег. т являются теплоходами.

Из 130 судов валовой вместимостью 15 000 — 19 999 рег. т — 3 парохода и 127 теплоходов.

Из 51 судна валовой вместимостью 20 000 — 29 999 рег. т — 12 пароходов и 39 теплоходов.

Из 38 судов валовой вместимостью 30 000 — 39 999 рег. т — 4 парохода и 34 теплохода.

Из 11 судов валовой вместимостью 40 000 — 49 999 рег. т — 2 парохода и 9 теплоходов.

Из 26 судов валовой вместимостью 50 000 — 59 999 рег. т — 6 пароходов и 20 теплоходов.

Все 17 судов валовой вместимостью 60 000 — 69 999 рег. т являются теплоходами.

Из 13 судов валовой вместимостью 70 000 — 79 999 рег. т — 7 пароходов и 6 теплоходов.

Из 16 судов валовой вместимостью 80 000 — 89 999 рег. т — 4 парохода и 12 теплоходов.

Из 10 судов валовой вместимостью 90 000 — 99 999 рег. т — 5 пароходов и 5 теплоходов.

Из 72 судов валовой вместимостью свыше 100 000 рег. т — 69 судов являются пароходами и 3 — теплоходами.

Валовая вместимость всех спущенных теплоходов составляет 14 450 824 рег. т, валовая вместимость пароходов — 10 408 877 рег. т.

Данные по танкерам. В 1971 г. спущен на воду 281 танкер общей валовой вместимостью 10 424 486 рег. т, что составляет 41,9% от валовой вместимости всего флота (в 1970 г. — 46,3%, в 1969 г. — 48,3%, в 1968 г. — 39,1%, в 1967 г. — 31,6%, в 1966 г. — 37,4%, в 1965 г. — 44,1%).

Из 72 крупнейших судов, спущенных на воду в 1971 г., валовая вместимость которых превышает 100 000 рег. т, 68 являются танкерами. По сравнению с 1970 г. наибольшее увеличение общей валовой вместимости спущенных в 1971 г. танкеров наблюдалось в Голландии, Дании и во Франции. В ФРГ, Японии и Швеции общая валовая вместимость спущенных танкеров уменьшилась.

Ниже приводятся сведения по валовой вместимости танкеров, спущенных в 1971 г. в ведущих судостроительных странах, в сравнении с 1970 г.

Япония	.	.	.	5 006 761	рег. т	(—77 752)
Швеция	.	.	.	1 251 041	"	(—57 162)
Франция	.	.	.	716 665	"	(+141 512)
Голландия	.	.	.	583 543	"	(+347 664)
Дания	.	.	.	557 030	"	(+191 521)
ФРГ	.	.	.	379 959	"	(—239 613)
Италия	.	.	.	369 851	"	(+126 369)
Англия	.	.	.	368 556	"	(—4 890)

Данные по балкэриерам. В 1971 г. спущено на воду 263 судна. Их общая валовая вместимость 8 515 762 рег. т (в 1970 г. — 6 169 163 рег. т, в 1969 г. — 4 823 049 рег. т, в 1968 г. — 5 638 733 рег. т, в 1967 г. — 6 564 404 рег. т, в 1966 г. — 5 018 230 рег. т, в 1965 г. — 3 713 392 рег. т), что составило 34,3% от валовой вместимости всего флота (в 1970 г. — 28,4%, в 1969 г. — 25%, в 1968 г. — 33,4%, в 1967 г. — 41,6%, в 1966 г. — 35,1%, в 1965 г. — 30,4%).

В большинстве стран наблюдалось увеличение общей валовой вместимости спущенных в 1971 г. балкэриеров, по сравнению с 1970 г., в особенности в Японии.

Ниже приводятся сведения по валовой вместимости балкэриеров, спущенных в 1971 г. в ведущих судостроительных странах, в сравнении с 1970 г.

Япония	.	.	.	5 041 527	рег. т	(+1 347 210)
Швеция	.	.	.	500 004	"	(+171 599)
Англия	.	.	.	467 121	"	(—15 208)
ФРГ	.	.	.	459 348	"	(+157 563)

Из общей валовой вместимости судов этого типа на долю нефтерудовозов приходилось 3 408 415 рег. т (на 1 261 354 рег. т больше, чем в 1970 г.).

Данные по судам для перевозки генеральных грузов. В 1971 г. спущено на воду 469 судов для перевозки генераль-

от валовой вместимости всего флота (в 1970 г. — 17%, в 1969 г. — 18,6%, в 1968 г. — 18,5%, в 1967 г. — 17,5%).

Наиболее значительно увеличилась общая валовая вместимость спущенных в 1971 г. судов этого типа, по сравнению с 1970 г., в Японии и ФРГ.

Ниже приводятся сведения по валовой вместимости судов для перевозки генеральных грузов, спущенных в 1971 г. в ведущих судостроительных странах, в сравнении с 1970 г.

Япония	.	.	.	1 401 283	рег. т	(+228 405)
ФРГ	.	.	.	713 420	"	(+71 873)
Англия	.	.	.	296 720	"	(—5 083)

Из общей валовой вместимости судов этого типа на долю контейнеровозов приходилось 1 053 637 рег. т (в 1970 г. — 638 081 рег. т, в 1969 г. — 320 827 рег. т), в основном построенных в Японии и ФРГ.

Данные по судам рыбопромыслового флота. В 1971 г. спущено на воду 773 судна рыбопромыслового флота валовой вместимостью 415 088 рег. т (на 134 479 рег. т меньше, чем в 1970 г.). На первое место по общей вместимости спущенных рыбопромысловых судов вышла ГДР (97 552 рег. т).

Распределение валовой вместимости судов по странам с учетом экспорта и импорта. Из общей валовой вместимости судов, спущенных на воду в 1971 г. (24 859 701 рег. т) для экспорта предназначалось 12 942 208 рег. т, что составляет 52,1% (в 1970 г. — 56,3%, в 1969 г. — 55,7%, в 1968 г. — 56,69%, в 1967 г. — 53,5%, в 1966 г. — 49,9%). Наибольший прирост флота имели Япония, Либерия, Англия, Норвегия, Франция и ФРГ.

В табл. 1 приводятся итоговые сведения по странам, получившим в 1971 г. наибольший прирост валовой вместимости судов с учетом экспорта и импорта.

В течение 1971 г. было построено 2917 судов общей валовой вместимостью 24 387 691 рег. т. Наибольшее увеличение общей валовой вместимости построенных в 1971 г. судов наблюдалось в Японии (11 132 359 рег. т), ФРГ (1 967 512 рег. т), Швеции (1 863 540 рег. т), Англии (1 233 055 рег. т), Франции (1 086 015 рег. т), Италии (872 275 рег. т), Испании (830 145 рег. т), Дании (728 035 рег. т), Голландии (571 652 рег. т).

Т а б л и ц а 1

Данные по странам, имеющим наибольший прирост валовой вместимости судов в 1971 г.

Страна	Валовая вместимость, тыс. рег. т			
	спущено на воду	предназначено на экспорт (—)	прирост за счет заказов, размещенных в других странах (+)	общий прирост
Япония	11 992	6590	—	5402
Либерия	—	—	5081	5081
Англия	1 239	394	2428	3273
Норвегия	831	221	1724	2334
Франция	1 112	220	212	1103
ФРГ	1 649	918	309	1041
Швеция	1 837	1347	310	800
Греция	97	—	681	777
Панама	—	—	619	619
Италия	813	260	—	553
Дания	806	308	51	549
США	482	10	43	515
Испания	916	447	—	469

Т а б л и ц а 2

Данные о спуске и постройке судов во всем мире в период 1961—1971 г.

Год	Данные о спуске судов		Данные о постройке судов	
	количество	валовая вместимость, рег. т	количество	валовая вместимость, рег. т
1961	1990	7 940 005	1973	8 057 542
1962	1901	8 374 754	1882	8 182 306
1963	2001	8 538 513	2038	9 028 210
1964	2147	12 263 803	2032	9 723 825
1965	2280	12 215 817	2202	11 763 251
1966	2561	14 307 202	2484	14 105 450
1967	2778	15 780 111	2766	15 156 857
1968	2798	16 907 743	2740	16 844 962
1969	2819	19 316 290	2912	18 738 741
1970	2700	21 689 513	2814	20 979 977
1971	2645	24 859 701	2917	24 387 691

Данные о спуске и постройке судов во всем мире за последнее десятилетие приводятся в табл. 2.

ных грузов общей валовой вместимостью 4 173 660 рег. т (на 491 913 рег. т больше, чем в 1970 г.), что составляет 16,8%

ЗАСЕДАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО СОВЕТА СОДЕЙСТВИЯ НАРОДНЫМ УНИВЕРСИТЕТАМ

22 марта с.г. в Москве состоялось очередное заседание отраслевого Центрального совета содействия народным университетам. Заседание открыл председатель Центрального совета Ю. Г. Деревянко, познакомивший участников заседания с планом работы на 1972 г. Намечено проведение четырех заседаний, а также осуществление ряда мероприятий по обобщению и распространению опыта работы лучших университетов, обеспечению практической помощи в их работе, организации смотра университетов технического прогресса и экономических знаний.

С докладом об итогах работы Центрального совета содействия за 1971 г. выступил его секретарь А. Г. Виноградов. Он подытожил результаты проведенной работы, позволившей улучшить деятельность народных университетов в отрасли. Заседания Центрального совета проводились регулярно, один раз в квартал. На первом заседании был утвержден годовой план работы, рассмотрены результаты проверки деятельности народных университетов, заслушано сообщение об опыте работы заводского народного университета технического прогресса и экономики. На втором заседании рассматривались итоги работы совета содействия народным университетам при Ленинградском обкоме профсоюза, изучалась практика использования различных методов учебно-воспитательной работы в народных университетах, заслушивались сообщения о пропаганде опыта работы лучших отраслевых университетов в печати и о разработке проектов учебных планов. На

третьем заседании Центрального совета рассматривались рекомендации по составлению учебных планов и программ народных университетов технического прогресса по изучению вопросов развития судостроения, приборостроения и машиностроения. Представители ряда предприятий выступили на этом заседании с рассказом об опыте работы заводских народных университетов. Было заслушано также сообщение о постановлении президиума Всесоюзного Центрального совета народных университетов «Об итогах учебного года и задачах по пропаганде и реализации решений XXIV съезда КПСС в системе народных университетов». В повестке дня четвертого заседания Центрального совета было рассмотрение итогов учебного года в народных университетах отдельных предприятий и организаций и обобщение опыта работы лучших народных университетов в отрасли.

На заседании, состоявшемся 22 марта 1972 г., затем выступил заместитель председателя совета И. С. Корякин, рассказавший об итогах работы II Всесоюзной научно-методической конференции по проблемам развития народных университетов в свете решений XXIV съезда КПСС. Заместитель главного редактора журнала «Судостроение» Н. И. Алексеев сообщил о публикациях, посвященных деятельности лучших университетов отрасли, заседаниям Центрального совета. А. Д. Градобоев — заместитель директора Ленинградского судостроительного завода им. А. А. Жданова поделился опытом работы народного университета предприятия.

В заседании приняли участие В. С. Рассветов, В. Л. Пашкеев, А. П. Музалевский, Е. С. Булгаков, А. П. Федоров, Н. П. Хилько, В. О. Данилевский, С. С. Загребин, Н. А. Углов. В результате состоявшегося обмена мнениями по всем обсуждавшимся вопросам были приняты соответствующие решения.

МОДЕЛЬ ГЕРОИЧЕСКОГО БРИГА “МЕРКУРИЙ”

На четвертой странице обложки публикуется фотоснимок модели 20-пушечного брига «Меркурий», навечно вошедшего в историю боевой славы русского парусного флота. Модель, изготовленная из ценных пород дерева и кости в модельной мастерской Петербургского порта (в первой четверти XIX в) и реставрированная в модельно-реставрационной мастерской Центрального военно-морского музея в 1962—1965 гг., воспроизводит героический корабль в 1:48 натуральной величины (ее основные размеры 1333×350×1110 мм). От других моделей того периода ее отличает портовая полоса, набранная из наложенных на корпус костяных пластинок. Сочетание полированной слоновой кости с черным деревом бархоута (продольной связи наподобие современного ширстрека)

и планширя, а также с охристым оттенком полированного дерева подводной части придает модели необычное цветовое оформление.

Бриг «Меркурий», построенный в 1820 г. в Севастополе корабельным мастером Осмининым, прославился участием в героическом сражении со значительно превосходящими силами турок у Босфора 14 мая 1829 г. (см. «Судостроение» № 7, 1966, стр. 78). Один из участников боя турецкий штурман впоследствии писал: «Произошло дело неслыханное и невероятное — мы не могли заставить его [бриг «Меркурий»] сдаться. Он дрался, отступая и маневрируя со всем искусством... Стыдно сознаться — мы прекратили сражение, а он со славой продолжал свой путь». За этот беспримерный бой весь личный состав брига получил боевые награды, а корабль вторым в истории русского флота удостоился кормового Георгиевского флага. В память о героическом сражении в Севастополе в 1834 г. был сооружен памятник со знаменательной надписью — «Потомству в пример».

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., Шершнева В. Н., Юхнин Е. И., Яковлев Б. М.

Первая страница обложки журнала и вклейка, посвященные Дню Военно-Морского Флота СССР, работы И. Сеиского; на третьей странице обложки — репродукция с картины проф. Лагорио по гравюре А. Клосса «Первое морское сражение в устье Невы в 1703 г.» (фото В. Петрова); на четвертой странице — модель 20-пушечного брига «Меркурий», хранящаяся в Центральном военно-морском музее (фото М. Рысина). На вклейках: новый лесовоз-пакетовоз (фото В. Терехина с рисунка В. Грибкова); медали в честь создания русского флота (фото В. Терехина).

Адрес редакции: 198095, 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
Корректор Е. Г. Лукин

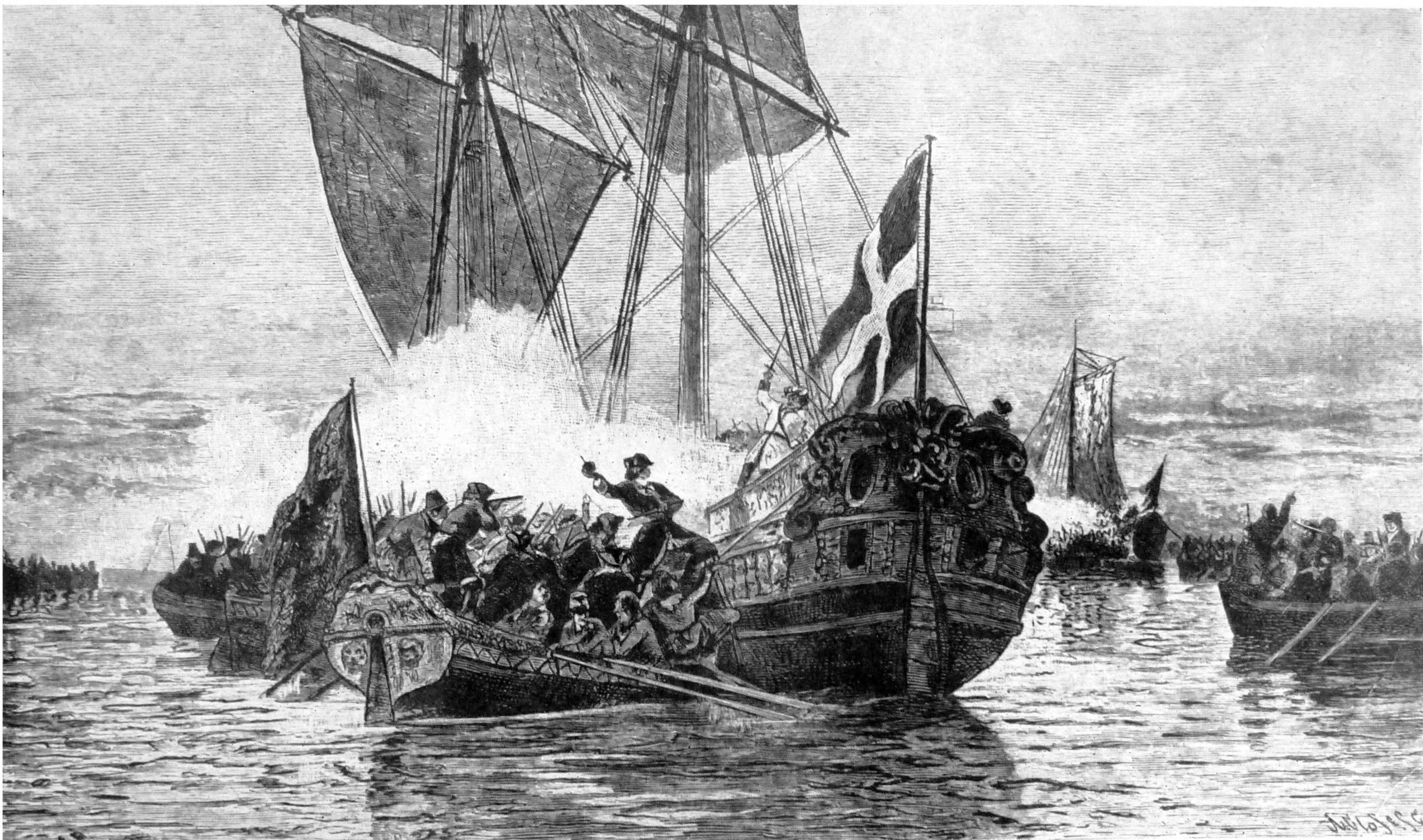
Издательство «Судостроение»

Сдано в набор 24/II 1972 г.
Печ. л. 9 (в т. ч. 3 вкл.+вкладка)

М-07262
Уч.-изд. л. 9,7

Подписано к печати 23/VI 1972 г.
Изд. № 2645-71
Тираж 10 700 экз.

Формат бумаги 60×90/16.
Заказ 554. Цена 40 коп.



Цена 40 коп.

Индекс 70890

