УДК.629.12(075.8)+629.122.004.67(075.8)

Технология судостроении и судоремоита. Гуревич И. М., Зелинченко А. Я., Кулик Ю. Г. Под ред. И. М. Гуревича. Учебник для вузов водн. трансп. М., «Транспорт», 1976. 416 с.

Рассматривается технология постройки судов, отражена специфика постройки судов внутреннего плавания на судостроительно-судоремонтных предприятиях. Изложены вопросы проектирования судостроительно-судоремонтных предприятий, цехов и участков, дан анализ износов корпусных конструкций, судовых механизмов и систем, изложены современные методы ремонта судов и средства механизации трудоемких работ, освещены теоретические вопросы, позволяющие более широко применять расчетные методы при проектировании технологических процессов постройки и ремонта судов.

Книга предназначена в качестве учебника для учащихся по специальности «Судостроение и судоремонт» институтов водного транспорта. Она может быть полезна инженерно-техническим работникам судостроительно-судоремонтных предприятий и проектно-конструкторских организаций.

Ил. 199, табл. 42, список лит.—24 назв.

Введение, гл. X, XI, XII, XIII, XVIII, XX, XXI, XXII и § 70 гл. XIX написаны доц. канд. техн. наук И. М. Гуревичем; гл. I, II, III — канд. техн. наук А. Я. Зеличенко, гл. IV, V, VI, VII, IX и § 71, 72, 73 гл. XIX—доц. канд. наук Ю. Г. Куликом; гл. XV и XVI — доц. канд. техн. наук В. П. Марденским; гл. VIII — канд. техн. наук Ю. К. Матасовым и гл. XIV и XVII — доц. канд. техн. наук П. П. Немковым.

Д-76
10389

Гос. публичная научно-техническая библиотека СССР
ЧИТАЛЬНЫЙ ЗАЛ
Э-76-69342

Илья Михайлович Гуревич, Абрам Яковлевич Зеличенко, Юрий Григорьевич Кулик

Техиология судостроения и судоремоита

Предметный указатель составлен *И. М. Гуревичем*

Редактор *Л. Н. Лусникова*

Переплет художника *Г. П. Казаковцева*

Техн. редактор *В. А. Бодрова*

Корректоры: *В. Г. Комарова* и *Н. И. Шумова*

Сдано в набор 30/XII 1975 г. Подписано к печати 14/VII 1976 г.

Бумага 60×90¹/₁₆ типографская № 2 Печатных листов 26,0

Учетно-изд. листов 30,6 Тираж 5000 экз. Т-13822 Изд. № 1-1-1/13 № 450

Зак. тип. 636 Цена 1 р. 28 к.

Изд-во «Транспорт», Москва, Басманный туп., 6а

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, И-41, Б. Переяславская ул., дом 46

Г 31807-353 / 049(01)-76 353-76

© Издательство «Транспорт», 1976

ВВЕДЕНИЕ

Речной транспорт является составным звеном единой транспортной системы нашей страны. Советский Союз имеет развитую сеть внутренних водных путей, насчитывающую более 100 тыс. рек общей протяженностью свыше 2,5 млн. км и более 2000 озер. На длине 500 тыс. км реки пригодны для судоходства и лесосплава.

Речной транспорт по сравнению с другими видами транспорта обладает рядом преимуществ при перевозке массовых грузов; в отдельных районах ему принадлежит решающая роль в развитии экономики. В последние годы успешно развиваются смешанные «река — море» перевозки.

Освоение перевозок народнохозяйственных грузов, тяготеющих к внутренним водным путям страны, и повышение экономичности перевозок зиачительно зависят от совершенствования флота и работы промышленных предприятий речного транспорта.

Рост объема перевозок будет обеспечиваться за счет пополнения речного флота новыми экономичными судами и всемерного улучшения использования действующих транспортных средств. В связи с этим на промышленные предприятия речного транспорта возложено строительство большого количества новых типов судов и повышение технического состояния действующего флота. Кроме того, промышленные предприятия выполняют значительную программу машиностроительных и прочих заказов, оказывая тем самым помощь в развитии портового и путейского хозяйства речного транспорта.

Развитие речного транспорта, направленное на увеличение объема перевозок, сопровождается количественным и качественным изменением состава флота. Только за десятилетие с 1957 по 1967 г. грузоподъемность самоходных грузовых судов увеличена в 1,7 раза, а наливных — в 2,5 раза. В перспективе темпы развития речного флота будут возрастать.

Совершенствование судов речного флота будет осуществляться за счет:

увеличения мощности и грузоподъемности самоходного грузового флота;

пополнения несамоходного флота секционными составами большой грузоподъемности;

создания специализированных судов для перевозок руды, угля и других видов груза;

увеличения на 15—20% скоростей движения судов за счет повышения пропульсивного КПД движителей и совершенствования проектирования и технологии постройки и ремонта корпусов судов;

развития перспективных типов судов: смешанного «река — море» плавания, катамаранов, судов на воздушной подушке и др.;

совершенствования действующих и создания новых систем автоматизации процессов управления судном и силовой установкой, а также систем контроля за работой и техническим состоянием судовых механизмов, широкого применения гидравлических приводов;

конструктивного совершенствования грузовых устройств транспортного флота;

увеличения электронасыщения судов и мощности их электроэнергетических установок.

Наряду с совершенствованием флота и повышением объема перевозок перед речным транспортом поставлена задача снижения себестоимости перевозок. На себестоимость перевозок большое влияние оказывают затраты на ремонт флота, составляющие более 20% себестоимости содержания флота в эксплуатации.

Основными организационно-техническими мероприятиями по совершенствованию деятельности промышленных предприятий, направленными на снижение себестоимости транспортной продукции, являются:

улучшение системы ремонта флота, установление оптимальных сроков службы судов и рациональных ремонтных схем по всем конструктивным элементам судна;

развитие специализации и кооперирования в области судостроения, судоремонта, машиностроения и при изготовлении сменно-запасных частей для флота;

совершенствование индустриальных методов строительства и ремонта флота при широком внедрении средств механизации и передовой технологии.

Снижение удельных затрат на ремонт флота при намечаемом количественном росте речного флота и увеличении его мощности и грузоподъемности вызывает необходимость развития мощностей промышленных предприятий и создания дополнительных акваторий для зимнего ремонта и отстоя флота.

Перспективным планом развития промышленных предприятий Министерства речного флота РСФСР предусмотрен рост общего объема валовой продукции. Изменение производственной программы промышленных предприятий Минречфлота РСФСР приведено в табл. 1.

Рост объема производства и изменение структуры загрузки предприятий вызывает необходимость увеличения основных производственных фондов промышленности речного транспорта. При этом численность промышленно-производственного персонала остается примерно на уровне 1970 г., а весь прирост объема продукции будет осуществляться за счет роста производительности труда. Однако в настоящее время еще существует известная диспропорция между усложняющимся оснащением современного флота и возможностями промышленных предприятий в осуществлении его строительства и ремонта.

Таблица 1

Вид производства	В общем объеме производства, %	
	1970 г.	1975 г
Судостроение	29,9	36,1
Судоремонт	36,6	33,8
Машиностроение	20,0	18,2
Прочие работы	13,5	11,9

Судостроительно-судоремонтные предприятия Минречфлота РСФСР имеют специфические особенности по сравнению с крупными судостроительными заводами: во-первых — строят суда малыми сериями; во-вторых — перерабатывают относительно небольшой объем корпусного металла; в-третьих — ограничены площадями корпусных цехов, на которых, кроме того, ведут судоремонт.

Дальнейшее развитие судостроительно-судоремонтного производства на промышленных предприятиях речного транспорта связано с расширением специализации и кооперирования, представляющих собой концентрацию производства однородной продукции и установление широких связей между предприятиями; с созданием специализированных заводов для производства среднего ремонта однотипных судов, на которых экономически целесообразно применение специализированного оборудования и средств механизации; с расширением агрегатного метода ремонта флота, являющегося основой индустриальных методов ремонта. Осуществление указанных мероприятий позволит превратить судоремонтное производство в производство демонтажно-монтажного типа, а судостроение поставить на индустриальные основы.

Специфика судостроения на заводах речного транспорта требует внедрения экономически целесообразных как применяемых в судостроительной промышленности, так и разрабатываемых специально технологических процессов и средств механизации, отвечающих условиям производства судостроительно-судоремонтных предприятий.

Задача курса «Технология судостроения и судоремонта» — дать студентам кораблестроительных факультетов понятие о рациональных способах и средствах постройки и ремонта судов с учетом специфики производства на промышленных предприятиях речного транспорта и привить навыки применения расчетных методов проектирования технологических процессов.

Учебник состоит из трех частей:

«Технология судостроения»;

«Технология судоремонта»;

«Проектирование судостроительных и судоремонтных предприятий».

Данный курс неразрывно связан с другими учебными дисциплинами — «Сварка корпусных конструкций», «Организация и планирование производства на судоремонтных предприятиях», «Охрана труда» — и базируется на общеинженерных и специальных технологических дисциплинах, ранее изученных студентами.

Часть первая

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

Глава I

ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА В СУДОСТРОЕНИИ

§ 1. КОНСТРУКТОРСКАЯ ПОДГОТОВКА

В период конструкторской подготовки производства разрабатывают проект судна. Разработку проекта, как правило, проводят в четыре этапа: 1) техническое предложение, 2) эскизный проект, 3) технический проект, 4) рабочий проект.

Техническое предложение содержит: схемы общего расположения судна, мидель-шпангоута, расположения механизмов в машинном отделении, расположения специальных устройств и эксплуатационно-экономический расчет.

Эскизный проект содержит чертежи общего расположения судна, теоретический чертеж, конструктивный мидель-шпангоут, расчеты весовой нагрузки и др.

Технический проект содержит:

а) договорную документацию — чертежи общего расположения судна, спецификации по общесудовой, корпусной и механической части, системам, электрооборудованию, а также описи инвентарного снабжения, мебели и оборудования помещений, специнструмента, запчастей и др.;

б) проектную документацию — чертежи по общесудовой и корпусной части (теоретический и конструктивный чертежи корпуса, мидель-шпангоут, растяжку наружной обшивки и др.), чертежи по механической части (установка главных двигателей и валопровода, схемы трубопроводов и др.), чертежи общесудовых систем, чертежи электрооборудования (схемы распределения электроэнергии, главных распределительных щитов, связи и др.), расчеты прочности, по теории корабля, весовой нагрузки и др.;

в) заказную документацию — ведомости заказа механического оборудования, электро- и радиооборудования, изделий судовых устройств, арматуры, подшипников, мебели и др.

Рабочий проект содержит: рабочие чертежи и всю технологическую документацию, объем которой устанавливает завод-строитель в зависимости от степени подготовленности производства, от типа и размерений судна, размера серии и пр.

В состав рабочего проекта входят разрабатываемые вновь, а также типовые, обезличенные и нормализованные чертежи.

При конструкторской подготовке производства осуществляется унификация оборудования и материалов, решаются вопросы о технологичности конструкций и ремонтопригодности судна, обосновывается метод его постройки и производится разбивка корпуса на секции.

Унификация, т. е. приведение к единообразию оборудования и материалов, предусматривает экономически обоснованное и технически возможное сокращение количества типоразмеров судовых механизмов, оборудования, изделий и материалов, применяемых при постройке различных типов судов внутреннего плавания.

Унификацию материалов для постройки судов начинают еще на стадии разработки технического проекта, когда составляют ограничительный перечень материалов. При этом делают внутрипроектную унификацию, предусматривающую ограничение марок и сортамента листов, профилей, труб, крепежных изделий, идущих на постройку вновь проектируемого судна, и межпроектную унификацию, предусматривающую применение единых марок и сортамента указанных материалов для различных проектов судов, строящихся на одном заводе.

Технологичность конструкций предусматривает возможность осуществления наиболее прогрессивных методов и приемов изготовления отдельных деталей и их сборки. Поэтому на втором и третьем этапах проектирования проверяют разрабатываемые рабочие чертежи на технологичность.

По корпусу технологичность обеспечивают применением по возможности крупногабаритных листов и профилей, уменьшающих объем работ по резке деталей и их сварке; созданием наиболее простых форм обводов корпуса, требующих малого объема работ по гибке деталей; разработкой таких конструкций узлов, секций и блоков, которые обеспечивают большее применение автоматической и полуавтоматической сварки и исключение или уменьшение объема сварки в потолочном положении и др.

По механическому оборудованию и системам — возможностью применения агрегатирования судовых механизмов и систем, обеспечивающего сокращение объема монтажных работ, выполняемых на судне, и перенос их в цех; конструктивных узлов крепления механизмов на фундаментах, исключающих или уменьшающих объем работ по обработке полок фундаментов; гидропрессовых соединений, уменьшающих объем монтажных работ, и др.

По электрооборудованию — разработкой конструкций соединения кабелей в районах стыкования блоков, обеспечивающих возможность применения пакетного метода прокладки и перенос значительного объема работ на предварительную сборку, и др.

По трубопроводам — применением путевых соединений труб, позволяющих полностью отказаться или сократить выполнение макетирования труб; использованием гибких металлических шлангов, обеспечивающих возможность отказа от выполнения наиболее трудоемких операций гибки труб, и др.

При обстройке и отделке помещений — применением пакетно-щитовой изоляции и отделки судовых помещений, обеспечивающей сокращение объема работ, выполняемых на судне, и т. д.

Ремонтопригодность (по ГОСТ 13377—75) — это свойство судна, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения его отказов и устранению их последствий проведением технического обслуживания и ремонтов.

Для судов внутреннего плавания ремонтопригодность зависит от выбранных толщин наружной обшивки, набора корпуса и комплектующего оборудования, принятых планировки машинного отделения, схемы трассировки трубопроводов, материалов и конструктивного оформления теплоизоляции и отделки внутренних помещений и др.

Способ сборки корпуса судна на стапеле может быть подетальный, секционный и блочный.

При подетальном способе предусматривается сборка корпуса на стапеле из отдельных деталей.

Производственный цикл стапельной сборки корпуса судна в этом случае очень длительный. Сокращают его применением секционного и особенно блочного способов, обеспечивающих:

расчленение процесса сборки на предварительную и стапельную;

перенос значительной части корпусосборочных работ в цех;

применение автоматической и полуавтоматической сварки;

установку насыщения в секции и блоки.

При секционном способе формируют корпус на стапеле преимущественно из предварительно собранных плоскостных, полуобъемных или объемных секций.

Плоскостные секции состоят из полотнища плоского или с погибью не более 0,1 b (b — меньший размер секции в плане) с приваренным к нему с одной стороны набором одного или двух направлений, высотой не более 0,08 b.

Полуобъемными называют такие секции, у которых стрелка прогиба полотнища более 0,1 b или высота балок набора составляет 0,2 b.

Объемными считают такие секции, высота балок набора которых превышает 0,2 b.

При блочном способе корпус судна на стапеле собирают из блоков судна или блоков секций[1].

Блок представляет собой часть корпуса судна, по возможности ограниченную конструкциями, образующими замкнутые отсеки, с насыщением механизмами, трубопроводами, изоляцией. Его собирают из плоскостных секций днища, бортов, палубы и переборок, полуобъемных и объемных секций.

При разбивке корпуса на секции необходимо учитывать производственные, конструктивные и технологические факторы.

Производственные факторы включают габариты пролетов, высоту до подкрановых путей, мощности кранов и размеры ворот корпусно-сборочного цеха, мощности подъемно-транспортных средств на стапеле, а также годовую программу и общий размер серии судов, намечаемых к постройке на заводе.

[1] В соответствии с ОСТ 5.9092 — 72.Ч.1 блоком судна называют законченную часть корпуса с насыщением механизмами, трубопроводами, изоляцией и т. п.; блоком секций — блок судна, но без насыщения или с частичным насыщением.

Конструктивные факторы включают: размерения корпуса судна, принятую систему набора, расположение фундаментов, люков и вырезов.

При постройке судов небольших размеров секционный способ сборки может оказаться нерациональным.

Система набора определяет соотношение размера секций по длине и ширине: секции с продольной системой набора делают длинными и узкими, а с поперечной системой — короткими и широкими.

Стыки секций не должны проходить в местах расположения крупных фундаментов.

При наличии на палубе больших люковых вырезов стыки не должны попадать на места их закруглений.

Секции или блоки должны быть достаточно жесткими, чтобы обеспечить возможность их транспортировки и монтажа на стапеле без нарушения геометрической формы. При разбивке корпуса на блоки его делят кольцевыми сечениями так, чтобы в каждый блок входили поперечные переборки. В отдельных случаях допускается применение временных технологических жесткостей, которые снимают после монтажа секций или блоков на стапеле. Форпик и ахтерпик, надстройки и рубки обычно выделяют в отдельные блоки.

Монтажные стыки секций (блоков) предусматривают в одной плоскости. Монтажные пазы секций располагают параллельно диаметральной плоскости (ДП). Расстояние стыков и пазов секций (блоков) от переборок принимают, как правило, 200—600 мм, а от параллельного им набора — не менее 200 мм. При наличии коффердамов шириной более 600 мм межблочные стыки располагают между коффердамными переборками.

Технологические факторы включают: габариты применяемого листового и профильного проката, условия сборки и сварки секций (блоков) и корпуса на стапеле.

Длина и ширина секций (блоков) должна быть равной или кратной длине и ширине заказанного листового металла, что обеспечивает максимальный коэффициент его использования. При этом должен учитываться припуск на обрезку кромок листов при изготовлении деталей и при подгонке секций (блоков) на стапеле.

Конструкция секций (блоков) должна обеспечить возможность и удобство их сборки, сварки и монтажа на стапеле при максимальной механизации основных операций и минимальной деформации. Следует избегать такого оформления стыка, при котором появляется необходимость подсовывания обшивки под выступающий набор или набора под настил палубы.

В качестве примера на рис. 1 приведена схема разбивки корпуса пассажирского теплохода на секции и блоки.

Точность изготовления секций и блоков оказывает существенное влияние на объем пригоночных работ при стапельной сборке корпусов судов и, следовательно, на общую трудоемкость и стоимость их постройки.

Точность любых изделий обеспечивается системой допусков на их размеры при изготовлении. Вопрос о разработке системы допусков

	IV-А	Фальштруба	1	~1000	~1000	~2300х~2700х2000
	IV-О	Наружные и внутренние стенки рубок	1	~3000	~3000	~8000х~4000х~3600
	III-А	Объемная секция ахтерпика от 39 шп.–корма	1	~5000	~5000	~4200х~5800х~4000
	ПП-42	Поперечная переборка на 42 шп.	1	~300	~300	~5800х~3000
	ПП-39	Поперечная переборка на 39 шп.	1	~300	~300	~5800х~3000
Блок III-О	III–ФПрБ	Фальшборт правого борта	1	~450	~450	~5000х~800
	III–ФЛБ	Фальшборт левого борта	1	~450	~450	~5000х~800
	III-П	Палубная секция	1	~1300	~1300	~5000х~5800
	III ПрБ	Бортовая секция правого борта	1	~2100	~2100	~5000х~2900х~2900
	III-ЛБ	Бортовая секция левого борта	1	~2100	~2100	~5000х~2900х~2900
	ПП-29	Поперечная переборка на 29 шп.	1	~600	~600	~5800х~2800
	ПП-17	Поперечная переборка на 17 шп.	1	~600	~600	~5800х~2800
Блок II-О	II–ФПрБ	Фальшборт правого борта	1	~300	~300	~6350х~800
	II–ФЛБ	Фальшборт левого борта	1	~300	~300	~6350х~800
	II-П	Палубная секция	1	~1800	~1800	~6350х~5800
	II-ПрБ	Бортовая секция правого борта	1	~2700	~2700	~6350х~2900х~2900
	II-ЛБ	Бортовая секция левого борта	1	~2700	~2700	~6350х~2900х~2900
	I–ФПрБ	Фальшборт правого борта	1	~400	~400	~3800х~800
	I–ФЛБ	Фальшборт левого борта	1	~400	~400	~3800х~800
Блок I-О	I-П	Палубная секция	1	~1200	~1200	~3800х~5800
	I-ПрБ	Бортовая секция правого борта	1	~1800	~1800	~4450х~2900х~3400
	I-ЛБ	Бортовая секция левого борта	1	~1950	~1950	~4450х~2900х~3400
	ПП-5	Поперечная переборка на 5 шп.	1	~250	~250	~4900х~3400
	I-А	Объемная секция форпика от носа до 7 шп.	1	~5000	~5000	~4400х~4900х~5000

Схема разбивки судна на секции

	IV-А	Фальштруба	1	~1000	~1000	~2300х~2700х~2000
	IV-О	Блок рубок	1	~3000	~3000	~8000х~4000х~3500
	III-О	Блок грузового трюма	1	~12000	~12000	~9150х~5800х~3700
	II-О	Блок МО	1	~9000	~9000	~6350х~5800х~3600
	I-О	Носовой блок	1	~11000	~11000	~8250х~5800х~5000

Схема разбивки судна на блоки

№ чертежа	№ секции	Наименование	Кол. на 1 судно	1 шт Теоретическая масса в кг	Общ.	Габаритные размеры

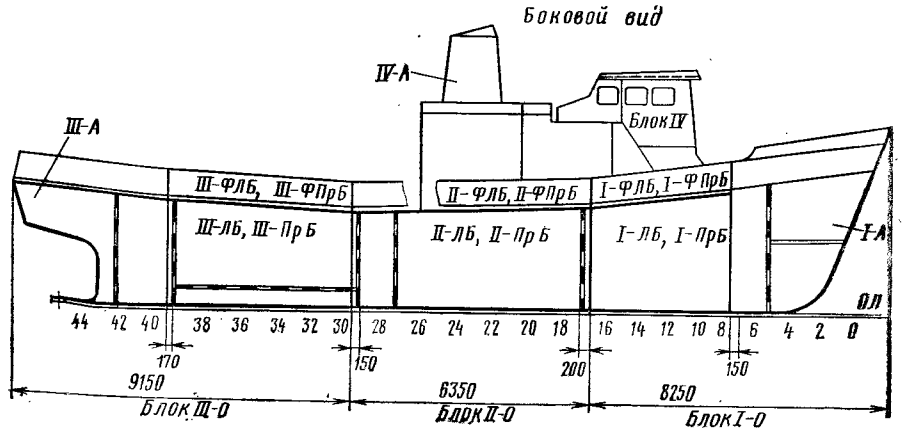
Рис. 1. Схема разбивки корпуса

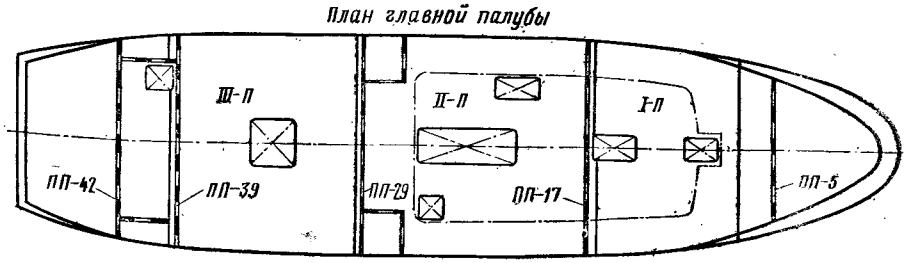
на размеры корпусных конструкций и ее внедрении в судостроение весьма сложен. В большинстве случаев допуски на размеры различных корпусных конструкций могут быть определены расчетом размерных цепей.

Размерной цепью называется замкнутая по контуру цепь взаимно связанных размеров одной детали или ряда деталей в узле, конструкции, координирующих относительное положение их поверхностей или осей.

Входящие в размерную цепь размеры называют звеньями размерной цепи. Звено, связывающее поверхности или оси, взаимное положение которых должно быть обеспечено, называют замыкающим звеном. Все остальные звенья размерной цепи называют составляющими звеньями. Звенья размерной цепи, при увеличении которых замыкающее звено увеличивается, называют увеличивающими, а звенья, при увеличении которых замыкающее звено уменьшается, — уменьшающими.

Отклонения размеров составляющих звеньев делят на скалярные (одномерные) и векторные (двумерные). К скалярным относят отклонения линейных или угловых размеров, например отклонения расстояния между поверхностями деталей или угла между осями от номинала.





пассажирского теплохода на секции

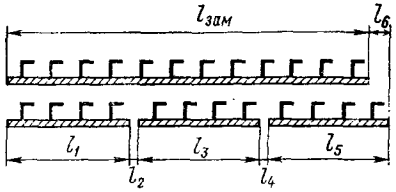


Рис. 2. Схема линейной размерной цепи сварной корпусной конструкции, состоящей из трех элементов

Векторные отклонения задают одновременно размером отклонения и его направлением.

Различают следующие виды размерных цепей: линейные, плоскостные и пространственные.

Линейной размерной цепью называют цепь, все звенья которой параллельны между собой и лежат в одной плоскости или могут быть без изменений спроектированы на эту плоскость. Если все размеры этой цепи угловые, то такую цепь называют углозой размерной цепью.

Плоскостной размерной цепью называют цепь, звенья которой не параллельны между собой, но лежат в одной плоскости или могут быть без изменений спроектированы на эту плоскость.

Пространственной размерной цепью называют цепь, одно или несколько звеньев которой лежит в других плоскостях и не могут быть без изменений спроектированы на плоскость остальных звеньев.

Размерные цепи судовых корпусных конструкций по длине судна чаще являются линейными. Для расчета прежде всего устанавливают схему линейной размерной цепи данной корпусной конструкции, намечают все ее составляющие звенья, определяют замыкающее звено и составляют уравнение размерной цепи. После этого производят расчет.

В качестве примера на рис. 2 приведена схема линейной размерной цепи сварной корпусной конструкции, состоящей из трех элементов, например, секций. Эта размерная цепь состоит из семи звеньев: l_1, l_3, l_5 — основные составляющие звенья — элементы конструкции; l_2 и l_4 — дополнительные составляющие звенья, образованные зазорами между элементами; l_6 — дополнительное составляющее звено, вызванное усадкой конструкции после сварки; $l_{зам}$ — замыкающее звено.

Номинальный размер замыкающего звена можно определить по формуле

$$l_{зам} = \sum_{i=1}^{n-1} l_i A_i, \qquad (1)$$

где l_i — номинальный размер i-го составляющего звена;
A_i — передаточное отношение i-го составляющего звена;
n — число всех звеньев размерной цепи, включая замыкающее звено.

Передаточное отношение характеризует степень и направленность влияния составляющих звеньев на замыкающее. Следовательно, передаточное отношение имеет размер и знак.

В линейных размерных цепях значение передаточного отношения равно 1. Знак передаточного отношения положительный у увеличивающих составляющих звеньев и отрицательный у уменьшающих.

Для рассматриваемой схемы размерной цепи сварной корпусной конструкции увеличивающими составляющими звеньями являются все основные звенья l_1, l_3 и l_5, а также дополнительные звенья l_2 и l_4, образованные зазорами между секциями, а уменьшающим составляющим звеном — дополнительное звено l_6, вызванное усадкой от сварки.

Таким образом,

$$l_{зам} = \sum_{1}^{6} l_i 1 = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 - l_6. \qquad (2)$$

Расчет допуска замыкающего звена методом максимум-минимум производят по уравнению

$$\delta_{зам} = \sum_{i=1}^{n-1} \delta_i, \qquad (3)$$

где δ_i — допуск i-го составляющего звена.

Предельные отклонения замыкающего звена определяют по уравнениям:

$$\delta_{зам.\,в.\,о} = \sum_{1}^{m} \delta_{i\,в.\,о.\,ув} - \sum_{m+1}^{n-1} \delta_{i\,н.\,о.\,ум}; \qquad (4)$$

$$\delta_{зам.\,н.\,о} = \sum_{1}^{m} \delta_{i\,н.\,о.\,ув} - \sum_{m+1}^{n-1} \delta_{i\,в.\,о.\,ум}, \qquad (5)$$

где m — число увеличивающих звеньев;
$\delta_{i\,в.о.ув}$, $\delta_{i\,н.о.ув}$ — верхнее и нижнее предельные отклонения i-го увеличивающего составляющего звена;
$\delta_{i\,в.о.ум}$, $\delta_{i\,н.о.ум}$ — верхнее и нижнее предельные отклонения i-го уменьшающего составляющего звена.

При расчете допуска замыкающего звена линейной размерной цепи по методу максимум-минимум рассеивание действительных размеров составляющих звеньев не учитывается. Этот метод основывается на самом невыгодном сочетании предельных отклонений составляющих звеньев, когда все увеличивающие звенья имеют самый большой, а уменьшающие звенья — самый меньший предельные размеры или наоборот. Расчетный допуск замыкающего звена при этом получается завышенным, и чем больше число составляющих звеньев размерной цепи, тем он менее достоверен.

Научно обоснованным методом расчета размерных цепей является вероятностный метод, основывающийся на том, что конкретные размеры составляющих звеньев являются случайными, а процесс их комплектования — вероятностным.

Расчет базируется на теоремах теории вероятностей и математической статистики. Теорией вероятностей доказано, что если случайная величина является алгебраической суммой двух и более других случайных величин, подчиняющихся закону нормального распределения, то она также подчиняется этому закону.

Допуск замыкающего звена характеризуется законом нормального распределения и может быть определен как среднее квадратичное по формуле

$$\delta_{\text{зам. ср. кв}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} \delta_i^2}, \qquad (6)$$

где δ_i — случайные отклонения, вызванные различными технологическими факторами.

Точность сборки всего корпуса судна в целом обеспечивают контролем положения каждой секции или блока на стапеле относительно базовых линий. В качестве таких базовых линий принимают ДП, основную линию, а также вспомогательные линии (высоты палуб и пр.).

§ 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА

Технологическая подготовка производства призвана обеспечить при заданной программе, в конкретных условиях завода-строителя минимальную трудоемкость и себестоимость постройки судна при высоком качестве выполнения работ.

В системе Минречфлота РСФСР технологическую подготовку производства проводят в конструкторском бюро (ЦКБ) и на заводе-строителе в три этапа.

На первом этапе ЦКБ в процессе создания технического проекта судна разрабатывает:

а) принципиальный технологический процесс постройки судна, который содержит описание принятого метода выполнения основных работ по постройке судна: изготовления деталей; сборки и сварки узлов, плоскостных и объемных секций, блоков-секций, стапельной сборки корпуса и надстроек; изготовления деревянных конструкций; изготовления и монтажа трубопроводов и систем; монтажа главных, вспомогательных и палубных механизмов, устройств и электрорадиооборудования. В принципиальный технологический процесс включают также перечень основной технологической оснастки, необходимой для постройки судна.

Принципиальный технологический процесс постройки предусматривает выполнение операций в определенной последовательности:

по корпусным работам: правка и очистка металла, разметка, резка, правка и гибка деталей, сборка и сварка узлов, секций и блоков, насыщение секций и блоков, стапельная сборка и сварка корпуса и надстройки, правка корпуса и надстройки, испытание на непроницаемость корпусных конструкций;

по механо-монтажным работам: изготовление деталей монтажных звеньев (клиньев, прокладок, специальных болтов и пр.), расконсервация механизмов, агрегатирование механизмов, установка механизмов на фундаменты, обработка полок фундаментов, центровка механизмов, сверление и развертывание отверстий в фундаментах, подрезка отверстий под головки болтов, крепление механизмов, расточка

кронштейнов и мортир, установка и центровка валопровода, развертывание отверстий во фланцах, крепление фланцев валов, установка и крепление гребных винтов, расточка петель ахтерштевня, установка и крепление баллера и пера руля, установка деталей соединения с рулевой машиной и др.;

по трубопроводным работам: изготовление шаблонов, резка заготовок труб, гибка труб, вырезка отверстий в трубах под отростки, обработка концов отростков, изготовление деталей соединений труб и их сборка, очистка, оцинковка и гидравлические испытания труб, изоляция труб, изготовление деталей крепления труб (подвесок, прокладок и пр.), расконсервация и притирка арматуры, установка труб и арматуры и их крепление, гидравлические испытания систем, изоляция соединений труб;

по электромонтажным работам: изготовление каркасов распределительных щитов, установка и крепление в них электроарматуры и приборов и монтаж соединительных проводов, заготовка кабелей, изготовление панелей и скоб для их подвески, расконсервация электро- и радиооборудования, монтаж электро- и радиооборудования, установка и присоединение распределительных щитов, укладка и крепление кабельных трасс, монтаж электроосвещения в бытовых и служебных помещениях;

по изоляционным работам: заготовка изоляционных материалов (раскрой рулонных материалов, распиловка плитовых материалов и т. д.), установка и крепление изоляции (приклейка, сшивка, намотка и т. д.);

по деревообделочным работам: заготовка деталей (обрешетника для крепления изоляции и щитов отделки помещений, плинтусов и раскладок закрытия стыков щитов, настила палуб, привальных брусьев и пр.), изготовление мебели, установка и крепление всех этих деталей и изделий;

по малярным работам: окраска корпуса и надстройки, трубопроводов, изоляции, мебели, отделки помещений, цементировка, настилка и приклейка линолеума, установка кафеля и др.;

б) проектные нормы расхода материалов на постройку судна, в которые включают пояснительную записку, чертежи общего вида, расположения оборудования, растяжки наружной обшивки; техническую характеристику; расчет чистой массы материалов, полуфабрикатов, изделий и оборудования с разбивкой по группам весовой нагрузки; сводные проектные нормы расхода материалов; перечень контрагентских поставок. По проектным нормам планируют необходимое количество материалов на постройку головных судов;

в) предварительную ведомость заказа листового и профильного металла, которая представляет собой специфицированную заявку на листовой и профильный металл с указанием габаритных размеров и массы по каждому типоразмеру;

г) предварительную ведомость отливок, поковок и штамповок, которая включает основные данные о габаритах, размерах, массе и марке материала на крупные (свыше 50 кг) отливки, поковки и штамповки, подлежащие заказу на других предприятиях;

д) сметно-финансовый расчет на постройку судна, который устанавливает трудоемкость и стоимость (по укрупненным показателям) всех работ по постройке судна, включая стоимость проектной, технологической и нормативной документации, а также стоимость технологической оснастки.

На втором этапе, как правило, ЦКБ, а иногда завод-строитель при рабочем проектировании головного судна разрабатывает:

а) организационно-технологическую схему постройки судна, которая включает планировку участков предварительной и стапельной сборки судна и его спуска на воду;

б) предварительный перечень технологических комплектов, который устанавливает разбивку всего объема работ по постройке судна на планово-учетные единицы — технологические комплекты. Общее количество комплектов работ по постройке речного или озерного судна обычно не превышает 100—150.

При разбивке работ на технологические комплекты исходят из следующих положений:

работы в комплекте должны соответствовать принятой технологической схеме постройки, независимо от того, к каким конструктивным разделам или группам они относятся;

комплект должен содержать работы, которые могут быть выполнены без разрыва во времени и независимо от работ других комплектов;

работы, входящие в комплект, как правило, должен выполнять один цех;

продолжительность работ каждого цеха по комплекту не должна превышать срока, принятого на заводе;

в) предварительный укрупненный технологический график постройки судна, который устанавливает последовательность выполнения работ, их продолжительность и общий цикл постройки судна.

г) чертежи технологической оснастки в соответствии с перечнем, согласованным в принципиальном технологическом процессе. К ним относят чертежи кондукторов для сборки и сварки сложных узлов (насадки, кронштейна гребного вала, руля, рамок поперечного набора и пр.), чертежи постелей для сборки и сварки секций, чертежи стапеля для сборки и сварки корпуса и надстроек, чертежи специальной оснастки для монтажа движительно-рулевого комплекса и др.;

д) ведомость заказа материалов на изготовление оснастки. Ведомость составляют по рабочим чертежам оснастки и уточняют предварительные данные, заложенные в сметно-финансовый расчет;

е) проектно-специфицированные нормы расхода материалов. Нормы разрабатывают по рабочим чертежам. Они являются уточнением ранее выпущенных проектных норм расхода материалов. В проектно-специфицированные нормы включают те же документы, что и в проектные нормы, а отличаются они тем, что сводные нормы в них специфицированы по всем типоразмерам материалов.

По проектно-специфицированным нормам планируют материалы при мелкосерийной постройке судов (при годовой программе не более 5 единиц).

На третьем этапе при корректировке документации на серийную постройку судна разрабатывают технологическую документацию, объем которой устанавливает завод-строитель в зависимости от типа и размерений судна, размера серии, степени подготовки производственных рабочих и инженерно-технического персонала и пр.

Типовой перечень технологической и нормативной документации на серийную постройку судов включает: перечень технологических комплектов; ведомости — узлов и секций, отливок и поковок, комплектовочно-маршрутные, технолого-нормировочные; карты—раскроя листового металла, отливок и поковок; технологические процессы и инструкции на сборку и сварку узлов, секций, блоков, стапельную сборку и сварку корпуса, монтаж главных двигателей, специфицированные нормы расхода материалов и др.

§ 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА

Во время материально-технической подготовки производства обеспечивают предприятие материалами, полуфабрикатами, изделиями, оборудованием, инструментом и технологической оснасткой.

Материалы идут на:

а) постройку судна в соответствии с разработанными нормами расхода материалов: проектными — на головное судно; проектно-специфицированными — на серию до 5 судов или специфицированными — на крупную серию;

б) изготовление технологической оснастки и вспомогательные работы в цехах, на стапеле и на плаву (лес, опалубка и пр.) в соответствии с утвержденными нормами;

в) выполнение основных производственных операций (материалы для газовой резки, пайки, гальванических покрытий и т. п., которые не входят в вес изделия) в соответствии с нормами расхода, составляемыми заводом-строителем по Справочнику средних норм расхода материалов на изготовление технологической оснастки и вспомогательных работ при судостроении и машиностроении.

В соответствии с утвержденным Ограничительным типоразмерным рядом черных и цветных металлов, применяемых при постройке и ремонте судов, в системе МРФ (РТМ 212.9029—73) стальной прокат заказывают:

для ответственных конструкций корпусов судов внутреннего плавания — сталь по ГОСТ 5521—67 только спокойной и полуспокойной степени раскисления;

для конструкций, не участвующих в обеспечении общей и местной прочности корпусов судов, — сталь марки Ст. 3 по ГОСТ 380—71 любой степени раскисления.

Листы и профили из алюминиево-магниевого сплава АМг5 следует заказывать отожженными «М», а из сплава Д16 — закаленными и естественно состаренными «Т».

Гос. публичная
научно-техн.
библиотека СС
Инв. №
Ленинградского

В период материально-технической подготовки завод-строитель изготовляет следующую оснастку: шаблоны, копир-щиты, кондукторы, постели, оборудование стапеля, штампы, модели и др.

Материально-техническая подготовка производства непосредственно связана с плазовой разбивкой, которая обеспечивает получение данных, необходимых для изготовления реек, шаблонов, каркасов и другой оснастки, по которой производят разметку, резку и гибку корпусных деталей.

Глава II

ПЛАЗОВЫЕ РАБОТЫ

§ 4. РАЗБИВКА КОРПУСА СУДНА НА ПЛАЗЕ

Конструкторские бюро чертежи корпусов судов выполняют обычно в масштабе 1 : 25, 1 : 50 или 1 : 100. При изготовлении деталей и конструкций корпуса по таким чертежам неизбежны масштабные ошибки. Кроме того, эти чертежи не всегда содержат все данные, необходимые для определения точной формы и размеров деталей и конструкций, так как, например, теоретические чертежи выполняют лишь по части сечения шпангоутов, ветерлиний и батоксов.

Поэтому на плазе завода вычерчивают теоретический чертеж корпуса судна в натуральную величину в трех проекциях. Используя такой чертеж, снимают плазовые данные, заносят их в таблицы, вычерчивают эскизы или изготовляют необходимую оснастку для выполнения корпуснозаготовительных, корпусносборочных и других работ.

Плазовые работы—ответственная операция. Недостаточная точность их выполнения может привести к браку. Поэтому по установленному в Минречфлоте РСФСР порядку разбивку корпуса на плазе должен принять проектант по акту.

Плаз представляет собой помещение со специально подготовленным ровным полом, обычно набранным из деревянных квадратных брусков или уложенных на ребро досок, которые чисто строгают, выверяют по шергеню во всех направлениях, грунтуют, шпаклюют и окрашивают масляной краской серого цвета.

Плаз должен иметь хорошее естественное и искусственное освещение, и в нем должны поддерживаться постоянные температура и влажность.

При разбивке корпуса судна на плазе используют теоретический чертеж корпуса, таблицу плазовых ординат, чертеж растяжки наружной обшивки, схему разбивки корпуса на секции, рабочие чертежи секций и др.

Основными этапами разбивки корпуса на плазе являются:

пробивка основной линии (ОЛ) и построение сетки на всех трех проекциях. ОЛ пробивают обычно по струне. Сетку строят, восстанавливая перпендикуляры к ОЛ и ДП по всем шпангоутам, ватерлиниям и батоксам. Точность

построения сетки устанавливают сопоставлением измеренных размеров диагоналей прямоугольников, сторонами которых являются ОЛ, ДП с их расчетными значениями.

Разбивка и согласование обводов корпуса на всех трех проекциях.

Разбивку обводов начинают с нанесения: палубной и бортовой линий, очертаний носа и кормы, мидель-шпангоута. Затем откладывают ординаты по всем шпангоутам, батоксам, ватерлиниям, накалывая точки иглой.

Согласование обводов выполняют сначала на двух проекциях — обычно на проекциях *бок* и *полуширота*. На одной из этих проекций карандашом прочерчивают по рейке плавные кривые линии обводов так, чтобы они проходили через большинство наколотых точек. Точки пересечения этих линий с соответствующими линиями сетки переносят на вторую проекцию, где также карандашом прочерчивают линии обводов с наименьшим отступлением от точек начальных координат.

С этих проекций снимают ординаты и переносят на проекцию *корпус*, на которой прочерчивают шпангоуты.

При выпадении отдельных точек исправляют обводы на всех трех проекциях до получения плавности линий пробивкой *рыбин* — следов пересечения корпуса плоскостями, наклоненными к основным плоскостям судна, с последующим их развертыванием и построением в виде кривых линий, которые также должны быть плавными.

Нанесение конструктивных элементов корпуса — пазов и стыков обшивки, настилов палуб, переборок, набора фундаментов, штевней, выкружек гребных валов и других элементов — выполняют аналогично. При этом пользуются рабочими чертежами и дополнительно изготовляют деревянную масштабную *блок-модель* половины корпуса.

После выполнения всех вышеуказанных работ плазовую разбивку считают законченной и составляют плазовую книгу, в которую вносят ординаты корпуса по ватерлиниям и батоксам для всех практических шпангоутов, а таже координаты теоретических линий основных связей корпуса (палуб, второго дна и др.).

Вычерчивают линии на плазе сначала карандашом, а затем все линии теоретического чертежа (кроме вспомогательных) обводят специальной плазовой краской.

После окраски линий теоретического чертежа на нем размечают толщины деталей корпуса. При этом придерживаются следующих правил (в соответствии с ГОСТ 2419—68):

а) листы наружной обшивки металлических судов располагают наружу от теоретических линий;

б) листы палуб, платформ, настила второго дна и горизонтального набора (шельфы переборок и бортовые стрингеры) располагают вверх от теоретических линий;

в) продольный днищевой и подпалубный набор (стрингеры, карлингсы) располагают к борту от теоретических линий (исключение составляют вертикальный киль и карлингс в ДП, которые располагают по обе стороны теоретической линии);

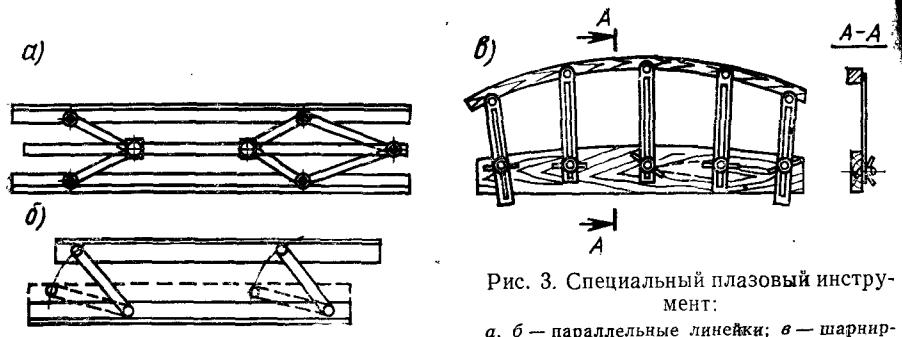


Рис. 3. Специальный плазовый инструмент:
а, б — параллельные линейки; *в* — шарнирная рейка

г) флоры, шпангоуты и бимсы в носовой части судна располагают в нос от теоретических линий, а в кормовой части — в корму от теоретических линий (исключение составляют флор, шпангоут и бимс, устанавливаемые на мидель-шпангоуте, теоретическая линия которых считается с кормовой стороны).

Разбивают корпус на плазе с помощью обычного мерительного и чертежного инструмента: линеек, стальных рулеток, циркулей, штангенциркулей, транспортиров, угольников, рейсфедеров и др.

Применяют также специальные приспособления: параллельные линейки (рис. 3, *а, б*) для вычерчивания параллельных линий, шарнирные рейки (рис. 3, *в*) для перенесения точной формы кривых линий и др.

Для прочерчивания кривых линий используют рейки с грузами для фиксации их в требуемом положении.

§ 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНФИГУРАЦИИ И РАЗМЕРОВ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Для разметки деталей изготовляют шаблоны или копир-щиты, в зависимости от технологии их вырезки.

Конфигурацию и размеры корпусных деталей на плазе определяют в основном по проекции *корпус*, применяя различные способы, зависящие от типа деталей.

Для плоских деталей, проектирующихся на *корпус* без искажений, (детали поперечных переборок или поперечного набора), размеры снимают непосредственно на заготовки, из которых изготовляют разметочные шаблоны или копир-щиты. При этом прямолинейные кромки деталей наносят с помощью линейки, а криволинейные — наколкой ряда точек, соединяемых в плавную линию от руки карандашом или с помощью рейки.

Конфигурацию и размеры плоских деталей, проектирующихся на *корпус* с искажением, а также деталей простой одинарной кривизны, т. е. цилиндрической, конической и волнообразной формы, определяют развертыванием деталей с этой проекции на плоскость заготовок точными графическими способами.

Конфигурацию и размеры деталей сложной двоякой кривизны, т. е. сферической, парусовидной, седлообразной и веерообразной формы, также проектирующихся на корпус с искажением и не развертывающихся на плоскость заготовок без деформирования нейтрального слоя, определяют развертыванием приближенными способами.

Точные графические способы развертывания деталей основаны на использовании правил и приемов начертательной геометрии. Одной из наиболее сложных задач, возникающих при выполнении таких работ, является установление истинных длин линий — р а с т я ж е к (кромок деталей и др.), изображенных на проекции *корпус* с искажением.

При определении растяжки какой-либо кривой линии исходят из следующего:

проекцию ее представляют как предел ломаной линии, состоящей из суммы проекций спрямленных отрезков;

истинную длину спрямленного отрезка, не параллельного плоскости, находят как гипотенузу прямоугольного треугольника, катетами которого служат его длина и расстояние между плоскостями, параллельными плоскости проекции и расположенными по концам отрезка.

Для определения растяжки продольной линии на корпусе деревянной рейкой огибают эту линию на проекции *корпус*, фиксируют ее грузами и отмечают на ней точки пересечения со шпангоутами (рис. 4, *а*), т. е. замеряют п р о г р е с с ы — спрямленные длины участков этой продольной линии на плазовом *корпусе* между двумя смежными шпангоутами. На сетке *бока* или *полушироты* (рис. 4, б) на соответствующие шпангоуты с рейки переносят прогрессы. Полученные точки *А, Б, В, Г, Д* соединяют плавной кривой, которая в *спрямленном виде* и является растяжкой данной продольной линии.

Приближенные графические способы развертывания деталей, например листа сложной погиби, состоят в том, чтобы закрепить в определенном положении контур шарнирного четырехугольника, образованного рейками-растяжками его пазов и стыков, снятыми с плаза, указанным выше методом.

Существует множество разновидностей приближенных графических способов развертывания листов: американский, голландский, способ мастера Егорова, способ инженера Челнокова и др. Все они в за-

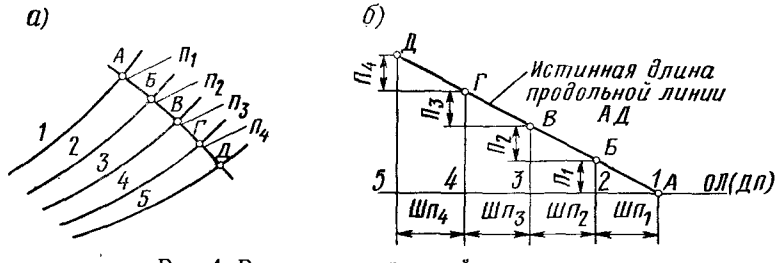


Рис. 4. Растяжка продольной линии корпуса:
а — проекция продольной линии на корпусе; *б* — определение истинной длины продольной линии

висимости от типа используемых вспомогательных линий делятся на две группы:

способ развертывания с построением строевых линий, направленных вдоль листа, нормальных к проекциям шпангоутных дуг на чертеже корпуса и остающихся нормальными к проекциям тех же шпангоутов на развертке. В основе этого способа лежит построение средней нормали;

способ развертывания с построением вспомогательных диагональных линий.

Каждый способ отличается большей или меньшей точностью.

Способ Е. Е. Егорова состоит в том, что строевую линию вычерчивают в виде прямой как на проекции листа, так и на его развертке. На проекции листа на *корпусе* (рис. 5, *а*) проводят хорду среднего шпангоута *13* и из ее середины восстанавливают перпендикуляр *5*, являющийся строевой линией. За пределами проекции листа, вблизи от его стыка, обращенного к ДП, строят начальную линию *6*, перпендикулярную к строевой, и с помощью реек *1*, *2*, *3* снимают ординаты *10* пазов и строевой. Затем на плазе (рис.5, *б*) пробивают начальную линию *6* и, откладывая от нее на шпангоутах *11—15* соответствующие ординаты, строят проекции обоих пазов листа *8* и *9* и строевой линии *7* на плоскость строевой. Из точек пересечения шпангоутов со строевой линией проводят нормали к ней, пересекая обе пазовые линии, и находят отрезки *аб*, *вг*, *де*, *жз*, указывающие размер сдвига концевых точек шпангоутов. Затем отдельно на плазе (рис. 5, *в*) пробивают прямую, на которой откладывают точки пересечения шпангоутов с растянутой строевой линией, снятые с проекции рис. 5, *б*. В этих точках восстанавливают перпендикуляры к строевой линии, по обе стороны которой на них откладывают, проводя дуги, соответствующие ширине листа на каждом шпангоуте, снятые на рейку *4* с плазового корпуса. На каждой дуге от перпендикуляра откладывают соответствующие сдвиги *аб*, *вг*, *де*, *жз*. Отмеченные точки соединяют плавными кривыми и получают верхнюю и нижнюю плазовые кромки.

Этот способ сравнительно прост, но применим для развертывания листов с малой продольной и поперечной погибью и малыми перекосами, т. е. для листов с погибью, близкой к цилиндрической или конической.

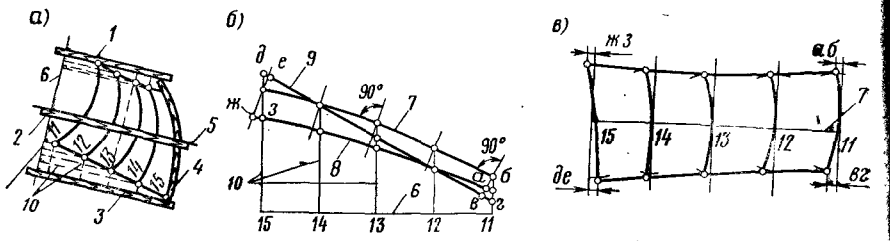


Рис. 5. Развертывание листа способом Е. Е. Егорова:

а — проекция листа на корпусе; *б* — проекция листа на плоскость строевой; *в* — развертка листа; *1—4* — рейки; *5* — строевая линия; *6* — начальная линия; *7* — растяжка строевой линии; *8, 9* — проекции пазовых кромок листа на плоскость строевой; *10* — ординаты

Значительно более точен способ А. М. Челнокова, состоящий в том, что в качестве строевой линии используют так называемую среднюю нормаль — кривую линию, пересекающую шпангоутные линии под прямыми углами к их касательным.

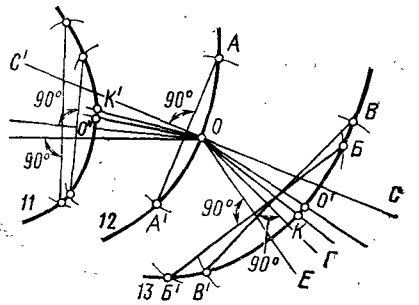


Рис. 6. Построение средней нормали

Для построения средней нормали к шпангоутным линиям *11*, *12* и *13* (рис. 6) из точки *О* произвольным радиусом откладывают на линии среднего шпангоута одинаковые отрезки и проводят хорду *АА'*. Через точку *О* к хорде *АА'* строят перпендикуляр *СС'*. Из точки *О* произвольным радиусом делают засечки на линии шпангоута *13* и проводят хорду *ББ'*, к которой строят перпендикуляр *ОЕ*. Биссектриса угла *СОЕ* пересекает шпангоутную линию в точке *К*, являющейся для шпангоутов с плавно изменяющейся кривизной точкой средней нормали. При резко изменяющейся кривизне шпангоута из точки *К* откладывают равные отрезки *КВ* и *КВ'* и проводят хорду *ВВ'*, к которой строят перпендикуляр *ОГ*. Биссектриса угла *СОГ* пересекает шпангоутную линию в точке *О'*, которая и будет искомой точкой средней нормали для *12* и *13* шпангоутов. Аналогичные построения ведут и для других шпангоутов. Полученные точки *О'*, *О*, *О''* соединяют плавной кривой линией, которая является проекцией средней нормали на плазовом корпусе.

Для построения развертки листа сложной погиби этим способом (рис. 7, *а*) на проекции данного листа на *корпусе* строят основную строевую линию и среднюю нормаль *1* и на расстоянии 300 мм от нее в обе стороны строят вспомогательные строевые линии *4* и *5*. Для всех трех строевых линий и для верхнего и нижнего пазов листа *2* и *3* указанным ранее способом определяют растяжки и снимают их на отдельные грани рейки, за исключением вспомогательных строевых, которые снимают на одну грань (рис. 7, *б*), совмещая на ней

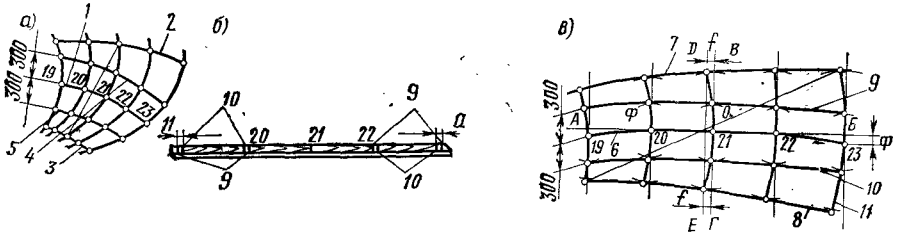


Рис. 7. Развертывание листа способом А. М. Челнокова:

а — проекция листа на корпусе; *б* — рейка растяжек строевых линий и пазовых кромок листа; *в* — развертка листа; *1* — проекция средней нормали; *2, 3* — проекции верхней и нижней пазовых кромок; *4, 5* — проекции вспомогательных строевых линий; *6* — растяжка средней нормали; *7, 8* — растяжки пазовых кромок; *9, 10* — растяжки вспомогательных строевых; *11* — след от пересечения листа с плоскостью шпангоута

риску среднего *21* шп. и определяя разности *а* по остальным шпангоутам. Аналогичным образом определяют растяжки всех шпангоутов, которые также снимают на рейки, отмечая риски строевых линий и пазов листа.

Для каждого шпангоута определяют стрелку погиби *f* шпангоутной линии на развертке и значение *Ф* опускания средней нормали.

Стрелку погиби шпангоутных линий (в мм) рассчитывают по формуле

$$f = \frac{m\,(П_1 + П_2)}{\sqrt{4Шп^2 + (П_1 + П_2)^2}}, \qquad (7)$$

где m — стрелка погиби шпангоутов на проекции *корпус*, мм;

$П_1$, $П_2$ — прогрессы в смежных шпациях, т. е. расстояния между проекциями шпангоутов на плазовом корпусе, измеренные по строевой линии, мм;

$Шп$ — шпация, мм.

Значение опускания средней нормали (в мм) определяют по номограмме или рассчитывают по формуле

$$Ф = 0{,}00083\,(n_1 + n_2)\,k, \qquad (8)$$

где n_1, n_2 — разность растяжек верхней и нижней вспомогательных строевых линий, мм;

k — растяжка средней нормали в каждой шпации, мм.

Затем на плазе вычерчивают развертку листа. Для этого пробивают две взаимно перпендикулярные прямые *АБ* и *ВГ* (рис. 7, *в*). От линии *ВГ* откладывают стрелку погиби *f* шпангоутной линии среднего *21* шп. и проводят параллельную линию *ДЕ*. Рейку-растяжку среднего шпангоута устанавливают на линии *ВГ*, совмещают риску средней нормали с точкой *О*, изгибают до пересечения рисок пазовых линий с линией *ДЕ*, фиксируют грузами и отмечают по рискам эти точки и точки пересечения шпангоутной линии с вспомогательными строевыми линиями. Через полученные точки прочерчивают плавную кривую средней шпангоутной линии. По линии *АБ* укладывают рейку-растяжку средней нормали и по рискам отмечают точки, через которые пройдут шпангоутные линии. От этих точек откладывают рассчитанные значения *Ф* опускания средней нормали у каждого шпангоута и через полученные точки прочерчивают плавную кривую линию *6* средней нормали. Аналогичным образом прочерчивают все остальные шпангоутные линии *11*, вспомогательные строевые линии *9* и *10* и линии пазов листа *7* и *8*.

Способ развертывания листов без построения строевой, а с помощью диагональных линий, называемый «голландским», состоит в том, что на проекции листа на плазовом корпусе (рис. 8, *а*) проводят среднюю линию и проекции диагоналей в пределах каждых двух шпаций. Указанным ранее методом выполняют растяжку всех линий, изготовляют рейки, из которых собирают шаблон листа (рис. 8, *б*). При невысокой точности работ этот способ требует значительного расхода дерева и связан с трудностями хранения шаблонов.

Наибольшую точность получают при развертывании листов способом геодезических линий, которые и являются строевыми.

Геодезической линией данной поверхности называется линия, соприкасающаяся плоскость которой в любой точке линии перпендикулярна к касательной плоскости этой поверхности в той же точке. *Соприкасающейся плоскостью* кривой линии называется плоскость, проходящая через три бесконечно близкие точки этой линии. Примером геодезической линии может служить винтовая линия на цилиндрической поверхности. При развертывании такой поверхности она становится прямой линией. При развертывании листов сложной двоякой кривизны пренебрегают деформациями среднего слоя, которые весьма незначительны. Тогда геодезическую линию на всякой развертке можно считать прямой линией.

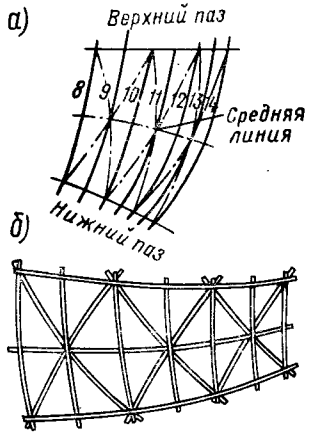


Рис. 8. Развертывание листа «голландским» способом с помощью диагональных линий:
а — проекция листа на корпусе; *б* — реечный шаблон

Для построения развертки листа способом геодезических линий на проекции данного листа на *корпусе* (рис. 9, *а*) к точке максимальной выпуклости *О* среднего шпангоута *1* проводят касательную *6*.

Через весь лист в точке *О* строят перпендикуляр *3* к этой касательной, который является нормалью к среднему шпангоуту. Затем определяют отклонение геодезической линии (в мм) от нормали к среднему шпангоуту на всех проекциях шпангоутов по формуле

$$\Delta_n \approx k_{n-1}\,(П_n - П_{n-1})\,\varphi_{n-1} + k_{n-2}\,(П_{n-1} - П_{n-2})\,\varphi_{n-2} + \\ + k_{n-3}\,(П_{n-2} - П_{n-3})\,\varphi_{n-3} + \ldots + k_2\,(П_3 - П_2)\,\varphi_2 + \\ + k_1\,(П_2 - П_1)\,\varphi_1, \qquad (9)$$

где n — число шпаций от среднего шпангоута;

k — коэффициенты, равные для первой шпации от среднего шпангоута $n-1$; для второй — $n-2$; для третьей — $n-3$ и т. д.;

$П_n - П_{n-1}$ — разность прогрессов смежных шпаций, измеренных вдоль нормали к среднему шпангоуту, мм;

φ_n — угол между нормалями к среднему и n-му шпангоуту, построенными в точках пересечения шпангоутов с нормалью к среднему шпангоуту (определяют в долях радиан транспортиром *5*).

Вычисленные отклонения откладывают на соответствующих шпангоутах от нормали к среднему шпангоуту. Если вдоль нормали прогрессы уменьшаются, то Δ_n откладывают в направлении их увеличения и наоборот. В данном случае слева от среднего шпангоута Δ_n направлены вверх от нормали к среднему шпангоуту, а справа — вниз.

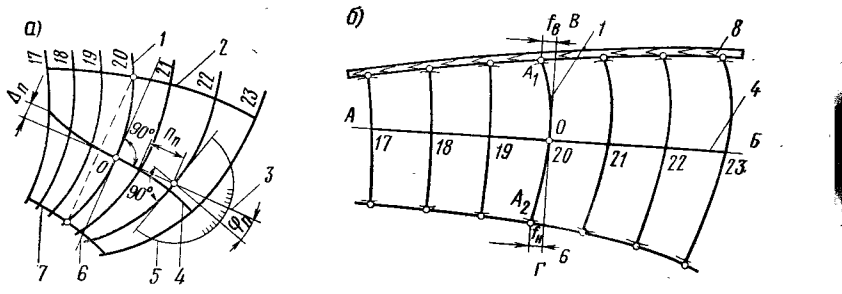


Рис. 9. Развертывание листа способом геодезических линий:

а — проекция листа на корпусе; *б* — развертка листа; *1* — средний шпангоут; *2, 7* — проекции пазовых кромок; *3* — перпендикуляр к касательной; *4* — проекция геодезической линии; *5* — транспортир; *6* — касательная к среднему шпангоуту; *8* — рейка растяжки верхней пазовой кромки

Через отмеченные точки проводят плавную кривую *4*, которая и является геодезической линией. Для геодезической линии и для верхнего *2* и нижнего *7* пазов листа указанным ранее способом определяют растяжки и снимают их на отдельные грани рейки.

Для среднего шпангоута по приведенной выше формуле определяют стрелки погиби $f_в$ и $f_н$ по каждому пазу.

Затем на плазе вычерчивают развертку листа. Для этого пробивают две взаимно перпендикулярные линии *АБ* и *ВГ* (рис. 9, *б*). По линии *АБ* укладывают рейку-растяжку геодезической линии и по рискам отмечают точки, через которые пройдут шпангоутные линии. Из этих точек радиусами, соответствующими длинам шпангоутов от геодезической до пазовой линии, вверх и вниз с помощью циркуля проводят дуги. От линии *ВГ* откладывают стрелки погиби среднего шпангоута $f_в$ и $f_н$ и на проведенных дугах находят его пазовые точки A_1 и A_2. Рейку-растяжку верхнего паза устанавливают на плазе, совмещают риску среднего шпангоута с точкой A_1, изгибают до тех пор, пока риски остальных шпангоутов не пересекут соответствующие дуги.

В этом положении рейку фиксируют грузами и по рискам отмечают все точки пересечения. Аналогичным образом находят точки пересечения нижнего паза с шпангоутными линиями. Полученные точки соединяют плавными кривыми, и таким образом прочерчивают линии верхнего и нижнего пазов и все шпангоутные линии.

Контроль правильности развертки листа выполняют следующим образом. На развертке прочерчивают прямые диагонали. На рейку наносят риски точек пересечения этих диагоналей со строевой и пазовыми линиями по каждому шпангоуту. По этой рейке переносят все точки на проекцию листа на *корпусе*. Полученные точки соединяют плавными кривыми линиями, прочерчивая проекции диагоналей. Описанным ранее способом определяют продольные растяжки диагоналей. Если длина диагоналей на развертке листа отличается от длины растяжки не более чем на 2 мм (в натурных размерах), то это свидетельствует о правильности выполненной развертки.

Для определения стрелок погиби шпангоутных линий при развертке листов используют также прибор М. Я. Макарова и А. М. Лебедева,

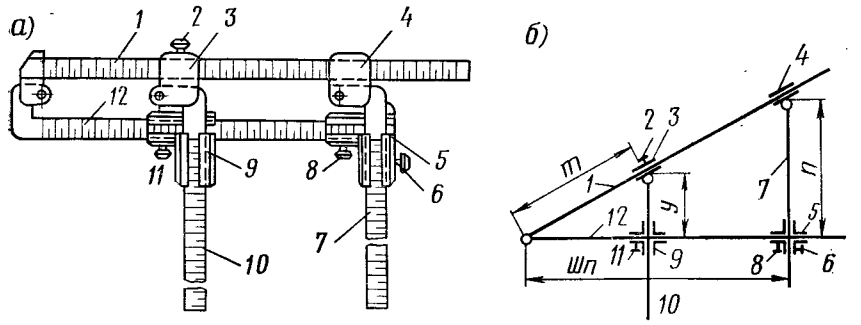


Рис. 10. Прибор М. Я. Макарова и А. М. Лебедева для определения стрелок погиби шпангоутных линий при развертывании листов:

а — общий вид прибора; *б* — схема определения стрелок погиби; *1* — горизонтальная линейка; *2* — стопорный винт; *3, 4, 5* — каретки; *6* — стопорный винт; *7* — вертикальная линейка; *8* — стопорный винт; *9* — каретка; *10* — вертикальная линейка; *11* — стопорный винт; *12* — горизонтальная линейка

изображенный на рис. 10, *а*. Прибор состоит из соединенных шарнирно горизонтальных линеек *1* и *12*, по которым перемещаются каретки *3, 4, 5* и *9*. По вертикальным направляющим нижних кареток перемещаются вертикальные линейки *7* и *10*, соединенные шарнирно с каретками верхней линейки. Положение кареток на линейках может быть зафиксировано стопорными винтами *2, 6, 8* и *11*.

Стрелку погиби шпангоутной линии определяют следующим образом (рис. 10, *б*): каретку *5* устанавливают на линейке *12* на расстоянии, равном шпации *Шп*, и фиксируют винтом *8*; каретку *3* устанавливают на линейке *1* на расстоянии *m*, равном стрелке погиби шпангоута на плазовом корпусе, и фиксируют винтом *2*; линейку *7* устанавливают в каретке *5* на расстоянии *П*, равном прогрессу, и фиксируют винтом *6*; каретку *9* фиксируют винтом *11* и против риски на ней по линейке *10* определяют стрелку погиби *f*.

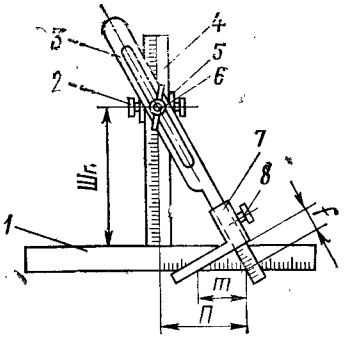


Рис. 11. Малочник для определения стрелок погиби шпангоутных линий:

1 — горизонтальная линейка; *2* — стопорный винт; *3* — наклонная линейка; *4* — вертикальная линейка; *5* — каретка; *6* — гайка-барашек; *7* — малая линейка; *8* — стопорный винт

Так как прибор изготовляют обычно длиной 250 мм, то все размеры устанавливают на линейках в масштабе 1 : 2; 1 : 3 или 1 : 4 и значение стрелки погиби получают в том же масштабе.

Для этой цели используют также малочник, изображенный на рис. 11. Малочник состоит из жестко закрепленных перпендикулярно друг к другу линеек *1* и *4*. По вертикальной линейке перемещается каретка *5*. На оси этой каретки установлена наклонная линейка *3*, по которой в свою очередь перемещается каретка с малой линейкой *7*. Положение кареток на линейках и положение наклонной линейки может

быть зафиксировано стопорными винтами *2* и *8* и гайкой-барашком *6*.

Стрелку погиби шпангоутной линии определяют следующим образом: каретку *5* устанавливают на линейке *4* на расстоянии, равном шпации *Ш*п, и фиксируют винтом *2*; наклонную линейку *3* устанавливают на оси каретки *5* так, чтобы точка ее пересечения с горизонтальной линейкой была на расстоянии *П* от оси прибора, и фиксируют гайкой-барашком *8*; каретку *7* устанавливают на наклонной линейке так, чтобы расстояние между точками пересечения наклонной и малой линеек с горизонтальной линейкой было равно *m*, и фиксируют винтом *8*; по наклонной линейке определяют стрелку погиби *f* как расстояние между точками ее пересечения с горизонтальной и малой линейками.

§ 6. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСНОЙ ОСНАСТКИ НА ПЛАЗЕ

По плазовой разбивке выполняют все работы, необходимые для обеспечения требуемой точности при разметке, резке и гибке корпусных деталей, сборке корпусных конструкций и пр.

Для разметки листовых деталей изготовляют плоские натурные разметочные шаблоны. Материалом для таких шаблонов обычно служит фанера толщиной 4—6 мм, которую для сохранности укрепляют по углам металлическими планками. Часто используемые шаблоны изготовляют из металла.

На разметочных шаблонах, кроме контуров детали, наносят следующее:

контрольные линии для построения и проверки контура детали и учета деформации шаблона;

центры или осевые линии вырезов и их размеры;

линии притыкания смежных деталей и линии разделки кромок;

линии сломов (изгибов);

марку шаблона.

Все линии прорезают шилом и прокрашивают краской.

Для резки листовых деталей на газорезательных автоматах типа МРК с магнитным копирным роликом (см. гл. III) изготовляют натурные копир-щиты (рис. 12). Они имеют основание, к которому по контурам деталей крепят копирные рейки и планки типовых вырезов.

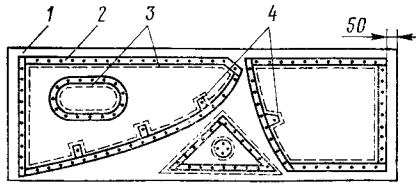


Рис. 12. Копир-щит для газовой резки листовых деталей на газорезательных автоматах типа МРК с магнитным копирным роликом:

1 — основание; *2* — копирная рейка; *3* — контур детали; *4* — планки типовых вырезов

Основание изготовляют из листовой стали или дюралюминия толщиной 3—4 мм, а также фанеры первого сорта толщиной 5—8 мм.

Контуры деталей на основание копир-щитов переносят с плаза при помощи сетки и шаблонов или

строят непосредственно по чертежам. При этом отклонение контуров деталей от мерительного инструмента, шаблона или сетки не должно превышать ±0,5 мм.

Детали на копир-щитах располагают согласно разработанным картам раскроя. При этом расстояние (в мм) между кромками смежных деталей:

при совмещенных резах

$$A = Ш_р,$$

при резке по наружному контуру

$$A = 2Ш_р + 5,$$

при резке по внутреннему контуру

$$A = 2Ш_{к.р} + d_р + Ш_р + 5,$$

где $Ш_р$ — ширина реза, мм;

$Ш_{к.р}$ — ширина копирной рейки, мм;

$d_р$ — диаметр магнитного ролика, мм.

По размеченным линиям на основании устанавливают копирные рейки и планки. В качестве реек при стальном основании применяют квадратные прутки площадью сечения 12 × 12 или полосы площадью сечения 10 × 12 мм или 10 × 16, а при дюралюминиевом или фанерном основаниях для длинных прямолинейных деталей или деталей небольшой кривизны — полосы площадью сечения 10 × 25 мм, а для деталей любой конфигурации — квадратные прутки площадью сечения 8 × 8 мм или 10 × 10 мм. Планки изготовляют из полосовой или листовой стали той же толщины, что и рейки. Рейки большой кривизны изготовляют из стали марки Ст. 2, а остальные рейки и планки — из сталей марок от Ст. 0 до Ст. 4.

Крепят рейки и планки к стальному основанию электроприхватками с нерабочей стороны. Длина прихваток равна 12—15 мм, шаг 50—200 мм. К дюралюминиевому или фанерному основанию рейки и планки крепят на заклепках с потайной головкой. С целью экономии копир-щиты часто изготовляют двусторонними, т. е. крепят копирные рейки и планки с обеих сторон основания.

Для проверки погиби листовых деталей изготовляют натурные гибочные шаблоны. Материалом для гибочных шаблонов служат сосновые или еловые доски толщиной от 10 до 30 мм в зависимости от их длины.

Для листа сложной погиби изготовляют комплект поперечных и продольных гибочных шаблонов. Обычно в комплект входит три поперечных шаблона — два по шпангоутам, ближайшим к стыкам листа, и один по среднему шпангоуту. На поперечных шаблонах наносят положения пазов листа (нижнего и верхнего) и контрольной линии. По контрольной линии часто набивают планку с раскосами.

Комплект продольных шаблонов обычно также состоит из трех шаблонов: один по контрольной линии и два по пазам. На продольных шаблонах наносят положение стыков листа.

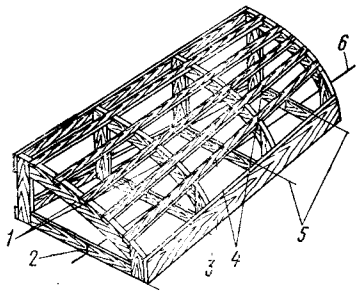


Рис. 13. Каркас для проверки погиби листа особо сложной кривизны:

1 — поперечный шаблон; *2* — контрольная риска; *3* — продольная расшивина; *4* — рейки наружной обшивки; *5, 6* — контрольные линии

Для проверки погиби криволинейных профильных деталей изготовляют деревянные шаблоны.

Для проверки лекал кондукторов, постелей и другой корпусосборочной оснастки, для контуровки плоскостных секций, имеющих значительную кривизну, и для проверки положения стапельных кильблоков также изготовляют деревянные или фанерные шаблоны. Проверочные шаблоны для корпусной оснастки и стапельных кильблоков, как и для листов, делают поперечные и продольные. Поперечные шаблоны с целью экономии делают на один борт с перекрытием в ДП и по борту не менее 500 мм. Горизонтальные связи шаблонов устанавливают параллельно ватерлинии. Продольные шаблоны изготовляют по килевой линии. По шпангоутным сечениям устанавливают вертикальные связи расшивки и соединяют их горизонтальными линиями, параллельными ватерлинии. На этих шаблонах наносят горизонтальные контрольные линии на определенном расстоянии от основной линии.

При невозможности выполнения достаточно точной геометрической развертки листа, т. е. для проверки погиби листов особо сложной кривизны, изготовляют натурные каркасы.

Каркасы (рис. 13) изготовляют из отдельных поперечных деревянных шаблонов-козелков, соединенных продольными связями.

При необходимости с такого каркаса изготовляют шаблоны растяжек, а иногда и контркаркасы.

При изготовлении металлических конструкций, имеющих сложные сопряжения кривых поверхностей, а также при согласовании прокладки систем, трубопроводов и др. в отсеках, насыщенных оборудованием, изготовляют натурные макеты. Точность изготовления макетов такая же, как и при изготовлении шаблонов и каркасов.

Деревянные или фанерные заготовки, идущие на изготовление шаблонов и каркасов, обрабатывают на деревообрабатывающих станках, устанавливаемых обычно на плазе. Обработку стальных и дюралюминиевых заготовок делают обычно в корпуснозаготовительном цехе по разметке, взятой с плаза.

§ 7. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАЗОВЫХ РАБОТ

Трудоемкость плазовых работ велика. Вычерчивание теоретического чертежа корпуса судна в трех проекциях в натуральную величину, развертывание листов сложной погиби, изготовление разметочных шаблонов, копир-щитов, проверочных шаблонов, каркасов требует больших площадей плаза. На многих заводах площади плаза ограничены. Тогда при разбивке корпуса на плазе применяют различные приемы совмещения проекций. Наиболее распространено совмещение *бока* и *полушироты*, когда ОЛ *бока* совмещают с ДП *полушироты*. В этом случае батоксы и ватерлинии располагаются своими выпуклыми частями в разные стороны, не сливаясь одна с другой.

Такой прием в известной степени уменьшает потребную площадь плаза, однако трудоемкость плазовых работ при этом не сокращается.

Более перспективно применение масштабной плазовой разбивки, т. е. теоретический чертеж корпуса вычерчивают в масштабе (обычно 1 : 10, иногда 1 : 5) на плазовых дюралюминиевых щитах толщиной 4—6 мм. Плазовые щиты покрывают грунтом АЛГ-5, шлифуют и затем окрашивают 4—6 раз белой нитроэмалевой краской.

Работы по масштабной плазовой разбивке выполняют в плазово-разметочном бюро, которое оснащают столами для закрепления плазовых щитов и чертежными столами для графических работ.

Для нанесения линий теоретического чертежа на щиты и при выполнении других графических работ используют чертежный и мерительный инструмент повышенной точности: измерительные линейки с ценой деления шкалы 0,5 мм, погрешностью шкалы 0,05 мм и отклонением рабочей кромки от прямой 0,05 мм на 1 м; штриховой метр разряда МШ-1, снабженный двумя лупами с 7-кратным увеличением, с ценой деления шкалы 0,2 мм и погрешностью шкалы 0,05 мм; специальный рейсфедер со сменными перьями для нанесения линий толщиной от 0,1 до 0,5 мм через каждые 0,1 мм; микроскоп с 24-кратным увеличением для контроля толщины линий и др.

Опыт показывает, что такой инструмент дает большую точность масштабной разбивки, чем разбивка на натурном плазе.

Технология разбивки корпуса на плазовых щитах и определения конфигурации и размеров корпусных деталей при применении масштабного метода аналогична технологии выполнения этих работ на натурном плазе. Но технология изготовления корпусной оснастки несколько отличается. Масштабная разбивка позволяет применить фотопроекционный метод разметки, сущность которого состоит в том, что в плазово-разметочном бюро вычерчивают чертежи-шаблоны, фотографируют их на специальные фотопластинки и при проецировании их по световым линиям размечают. Поэтому неотъемлемой частью плазово-разметочного бюро является фотолаборатория с оборудованием для фотографирования чертежей-шаблонов, проявления негативов, получения с них фотокопий и с установкой для их проецирования.

Для фотопроекционной разметки листовых деталей вычерчивают чертежи-шаблоны (рис. 14) для раскроя листов заказанных размеров. На листе стремятся разместить детали одного чертежа, а затем детали других чертежей того же технологического комплекта.

На одном листе размечают детали с одинаковой технологической операцией вырезки.

В первую очередь на листе располагают наиболее длинные или широкие детали.

Детали прямоугольной и близкой к ним формы выставляют рядом; детали, близкие по форме к треугольнику и трапеции, Г- и Т-образной формы — встречным образом.

На листе детали размечают со стороны притыкания набора;

детали, подлежащие отфланцовке, устанавливают гибкой на лицо.

При этом стремятся:

уменьшить количество резов за счет совмещения прямолинейных или криволинейных кромок одинаковой кривизны смежных деталей;

увеличить возможность выполнения прямолинейных сквозных резов, особенно по короткой стороне листа, при расположении кромок смежных деталей в одну линию;

увеличить коэффициент использования листа совмещением двух взаимно перпендикулярных кромок деталей со сторонами листа или смежных деталей и расположением деталей с припусками таким образом, чтобы с кромками листа совмещались стороны деталей с припуском, а не стороны с чистыми кромками.

Для листов толщиной до 10 мм расстояние между кромками деталей и кромками листа должно быть не менее 5 мм при резке на механическом оборудовании. При резке газом для листов длиной до 6 м это расстояние должно быть 10 мм, а зазор между деталями — 2—4 мм в зависимости от толщины листа и типа применяемого мундштука.

Вычерчивание контуров деталей на чертеже-шаблоне начинают с накалывания точек с помощью иглы с лупой по измерительной линейке при построении по рабочим чертежам и эскизам или непосредственно по контурным линиям и точкам на копиях, выполненных на прозрачной пленке. По центрам наколотых точек прочерчивают тушью линии: прямые по линейке, а кривые по рейкам или лекалам.

Ширина линий при масштабе 1 : 10 — 0,1 мм, а при масштабе 1 : 5 — 0,2 мм с допускаемым отклонением $\pm 0{,}02$ мм.

Погрешность в размерах деталей на чертежах-шаблонах не должна превышать ширину линий.

Если на чертеже-шаблоне должна быть крупная деталь, то на него наносят контрольные размеры продольных сторон и диагоналей. При наличии мелких деталей вдоль всего листа через каждые 1000 мм

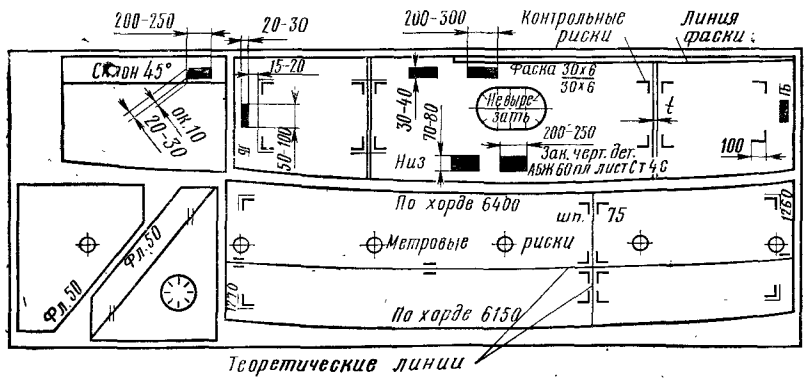


Рис. 14. Чертеж-шаблон для фотопроекционной разметки листовых деталей

наносят метровые риски. Контрольные размеры и указанные риски служат для проверки натурального размера проекции на металле.

На проекции деталей на чертежах-шаблонах наносят все теоретические и базовые линии, необходимые для проверочных работ при сборке: места приварки смежных деталей; линии сломов, вырезов и отверстий и пр., а также делают все необходимые поясняющие надписи.

Чертежи-шаблоны для изготовления копир-щитов вычерчивают аналогичным образом, выдерживая при этом требуемое расстояние между кромками смежных деталей.

В чертежах на изготовление поперечных шаблонов для гибки листов изображают теоретические линии обводов практических шпангоутов, линии пазов и контрольные линии. Эти чертежи копируют с *корпуса* масштабной разбивки прямо на прозрачную пленку. В дополнение к указанным линиям на чертежах для поперечных шаблонов проставляют контрольные размеры длины хорд между пазами.

В чертежах на изготовление продольных шаблонов для гибки листов делают растяжку контрольных линий и пазов на проекциях *бок* и *полуширота* масштабной разбивки. Полученные продольные линии с рисками стыков и шпангоутов также копируют на прозрачную пленку. Обычно на таком чертеже дают обводы всех листов секции и контрольные метровые риски, служащие для установки натурных размеров изображения при проецировании.

Для вычерчивания чертежей-шаблонов, по которым изготовляют каркасы для гибки листов сложной погиби, на *корпусе* масштабной разбивки, примерно посредине листа, пробивают прямую контрольную линию и намечают сечения каркаса. На некотором расстоянии от крайнего шпангоута пробивают базовую линию, перпендикулярную к контрольной. Все линии поперечных обводов, пазов, контрольные и базовые линии, необходимые для разметки и сборки всех сечений, копируют на прозрачную пленку. На каждом таком чертеже также наносят контрольные метровые риски. Если сечения каркаса слишком высоки, то при разбивке пробивают дополнительные базовые линии, делая его усеченным. Производят растяжку контрольных линий и фиксируют малку — угол пересечения контрольной линии с шпангоутами, которые наносят на чертеж.

Фотографирование вычерченных чертежей-шаблонов и каркасов осуществляют с помощью специальной фотографической установки ФТШ-45.

Негативы проецируют в фотопроекционной установке с помощью специальных проекторов. Фотопроекционная установка (рис. 15, *а*) имеет нижнюю кабину со столом-рольгангом и верхнюю кабину с проектором. Проектор (рис. 15, *б*) имеет станину, по вертикальным направляющим которой с помощью электропривода и уравновешивающего устройства перемещается проекционная камера и соединенная с ней осветительная камера. Проекционная камера проектора имеет магазин для негативов и электроприводные механизмы продольного и поперечного перемещения кадровой рамки и ее разворота. Основными частями осветительной камеры являются ксеноновые лампы и эллиптические отражатели.

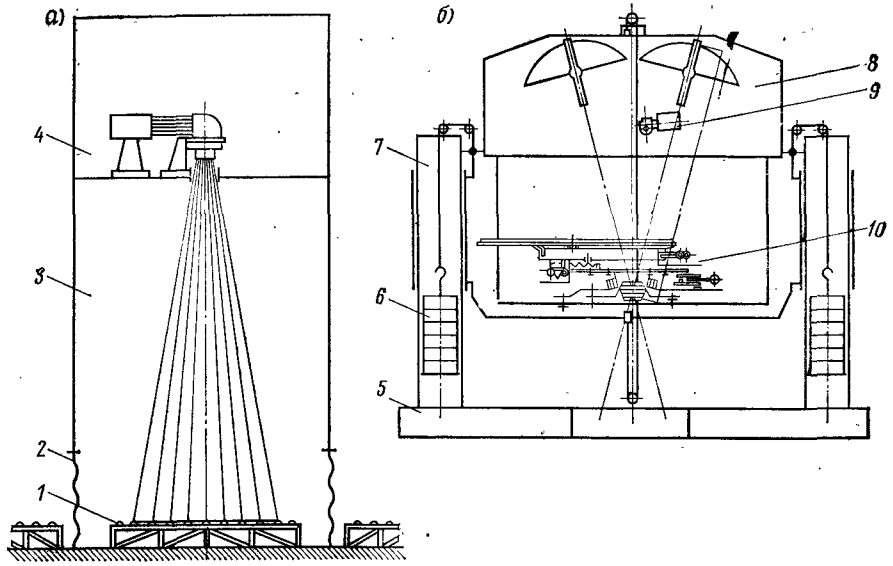


Рис. 15. Фотопроекционная установка:

а — общий вид установки; *б* — проектор; *1* — рольганг; *2* — штора; *3* — нижняя кабина; *4* — верхняя кабина; *5* — станина проектора; *6* — уравновешивающее устройство; *7* — вертикальные направляющие станины; *8* — осветительная камера; *9* — электропривод перемещения проекционной камеры; *10* — проекционная камера

Для разметки используют проектор ЭДП-456, снабженный объективом «Арктур-3», и ЭДП-457 с объективом РФ-102, что обусловливает различную высоту их установки (табл. 2).

Таблица 2

Объектив «Арктур-3»		Объектив РФ-102	
Размеры проекций, м	Высота, м	Размеры проекций, м	Высота, м
5,3×2,7	8	5,5×1,4	4,5
6,0×3,0	9	6,2×1,6	5,0
6,7×3,3	10	6,7×1,7	5,5
7,3×3,6	11	7,3×1,8	6,0
8,0×4,0	12	8,0×2,0	6,5

Изготовление шаблонов начинают с разметки досок или полос фанеры. Размечают при частичном затемнении (освещенность не более 15 лк).

Магазин проектора заряжают требуемыми негативами. Включение ламп, смену негативов, наводку проекции и корректировку ее размеров выполняют дистанционно непосредственно с рабочего места разметчика.

Разметчик наводит изображение и устанавливает натурные размеры деталей по контрольным рискам на разметочном столе.

На уложенных на разметочный стол досках или полосах фанеры по световым линиям карандашом намечают обводы и контрольные линии, затем заготовки обрабатывают (опиливают и пристрагивают). Если шаблоны состоят из нескольких заготовок, то их укладывают по световым линиям и соединяют вместе.

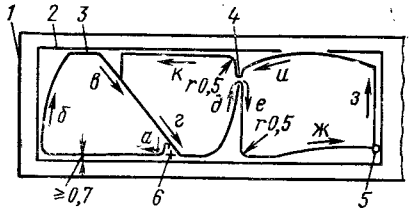


Рис. 16. Копир-чертеж для резки листовых деталей на газорезательных автоматах с фотоэлектрическим управлением:

1 — чертежная или фотографическая бумага; *2* — контур заказанного листа; *3* — контуры деталей; *4* — перемычки; *5* — петля; *6* — место начала реза; *а, б, в, г, д, е, ж, з, и, к* — маршрут резки

Шаблоны большой длины изготовляют отдельными частями по негативам, на которых рядом с каждым обводом нанесена контрольная прямая линия. Затем части шаблона соединяют, проверяя их взаимное расположение по участкам контрольной линии на каждой заготовке. Эти участки должны образовать одну прямую линию.

При изготовлении каркасов указанным способом заготавливают рамки (козелки) отдельных сечений. На прямых нижних сторонах рамок намечены риски контрольной линии, а на криволинейных верхних сторонах — риски пазов. Для наклонных рамок по изображению на проекции изготовляют шаблон-малку.

На сборочной площадке пробивают прямую контрольную линию и перпендикулярно к ней по размерам на проекции прочерчивают линии установки рамок. По размеченным линиям с помощью угольника, малочника или шаблонов-малок устанавливают рамки, совмещая их риски с контрольной линией. Рамки соединяют в каркас с помощью продольных связей и раскосин. Верхнюю рабочую поверхность каркаса образуют рейки, которые врезают заподлицо с кромками рамок. Две крайние рейки врезают по линии пазов и на них выносят риски линии стыков.

Для резки листовых деталей на газорезательных автоматах с фотоэлектрическим управлением (см. гл. III) изготовляют масштабные копир-чертежи (рис. 16). На копир-чертеже вычерчивают контуры заказанного листа и деталей. Для нормальной работы газорезательного автомата толщину линий делают 0,3—0,4 мм, углы 90—120° выполняют с закруглениями радиусом 0,5 мм, углы менее 90° — радиусом 1 мм, а если закругления не допускаются, то вычерчивают петлю радиусом не менее 2 мм. По длинным кромкам реза оставляют перемычки, служащие для уменьшения деформаций. Намечают место начала реза и маршрут резки. Копир-чертежи вычерчивают в масштабе 1 : 10 на чертежной бумаге или получают фотокопированием на фотографической бумаге, которую предварительно наклеивают на пластины полированного зеркального стекла толщиной не менее 5 мм, имеющие отклонение от плоскости не более 0,3 мм.

Применение вычислительной техники для плазовых работ еще более перспективно. В настоящее время на передовых судостроительных заводах разрабатывают и внедряют аналитическое задание

обводов корпуса судна с использованием цифровых электронных вычислительных машин (ЭВМ).

В ЭВМ закладывают определенную информацию, характеризующую форму обводов корпуса, положение конструктивных связей, пазов и стыков листов наружной обшивки и пр., и, решая стандартные программы, получают необходимые данные.

Результаты решения выдает машина в виде таблиц или перфоленты. Обнаружить на них даже грубую ошибку весьма трудно. Поэтому для визуального контроля к ЭВМ подключают специальные чертежные машины с программным управлением.

Для механизированного вычерчивания масштабных разбивок корпуса разработана машина «Старт», работающая по программе, записанной на магнитную ленту. Линии могут прочерчиваться двумя способами:

световым лучом осветительной оптической головки по фотобумаге, наклеенной на стеклянное или дюралюминиевое основание плаз-щита, с последующим проявлением и закреплением изображения ватными тампонами, смоченными соответствующим составом;

прецизионной чертилкой по защитному слою, нанесенному на эмалевое покрытие металлического плаз-щита, с последующим закрашиванием их черной плазовой краской и удалением защитного слоя.

Для механизированного вычерчивания масштабных копир-чертежей (см. рис. 16) спроектирована чертежная машина, работающая по такому же принципу, но имеющая меньшие размеры стола.

Глава III

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

§ 8. ТЕХНОЛОГИЯ ПРАВКИ КОРПУСНОГО МЕТАЛЛА

Все корпусные детали разбиты на группы по принципу однородности операций.

За основу классификации принимают обычно следующие признаки:
толщину исходного материала;
конфигурацию контура деталей;
наличие и вид погиби;
наличие вырезов и отверстий;
наличие разделки кромок под сварку.

Существуют различные классификаторы корпусных деталей.

Согласно одному из них все корпусные детали разбиты на типовые классы и группы (табл. 3).

В зависимости от конкретных условий некоторые группы могут быть объединены.

На основе принятой разбивки определяют маршрутную технологию обработки деталей и выбирают необходимое оборудование.

Весь листовой и профильный металл, применяемый при постройке судов, должен иметь ровную поверхность, так как неровности зат-

Таблица 3

Класс корпусных деталей				
1	2	3	4	5
Крупногабаритные с прямоугольными кромками из листа	Крупногабаритные с криволинейными кромками из листа	Мелкие с прямолинейными кромками из листа	Мелкие с криволинейными кромками из листа	Из профильного проката
11*. Плоские без вырезов и разделки кромок	21. Плоские без вырезов и разделки кромок	31. Плоские без вырезов и разделки кромок	41. Плоские без вырезов и разделки кромок	51. Прямые без вырезов и разделки кромок
12. Плоские с вырезами без разделки кромок	22. Плоские с вырезами без разделки кромок	32. Плоские с вырезами без разделки кромок	42. Плоские с вырезами без разделки кромок	52. Прямые с вырезами без разделки кромок
13. Плоские без вырезов с разделкой кромок	23. Плоские без вырезов с разделкой кромок	33. Плоские без вырезов с разделкой кромок	43. Плоские без вырезов с разделкой кромок	53. Прямые без вырезов с разделкой кромок
14. Плоские с вырезами и разделкой кромок	24. Плоские с вырезами и разделкой кромок	34. Плоские с вырезами и разделкой кромок	44. Плоские с вырезами и разделкой кромок	54. Прямые с вырезами и разделкой кромок
15. Гнутые с простой кривизной без разделки кромок	25. Гнутые с простой кривизной без разделки кромок	35. С отогнутыми флацами без вырезов и разделки кромок	45. С отогнутыми флацами без вырезов и разделки кромок	55. Гнутые без вырезов и разделки кромок
16. Гнутые с простой кривизной с разделкой кромок	26. Гнутые с простой кривизной с разделкой кромок	36. С отогнутыми фланцами без вырезов с разделкой кромок	46. С отогнутыми фланцами без вырезов с разделкой кромок	56. Гнутые без вырезов с разделкой кромок
17. Гнутые с углами слома, со сложной кривизной без разделки кромок	27. Гнутые с углами слома, со сложной кривизной без разделки кромок	37. С отогнутыми фланцами с вырезами без разделки кромок	47. С отогнутыми фланцами с вырезами без разделки кромок	57. Гнутые с вырезами без разделки кромок
18. Гнутые с углами слома, со сложной кривизной с разделкой кромок	28. Гнутые с углами слома, со сложной кривизной и разделкой кромок	38. С отогнутыми фланцами с вырезами и разделкой кромок		

* Первая цифра обозначает класс детали, вторая — группу.

рудняют выполнение разметки и резки деталей, а также сборки и сварки корпусных конструкций.

Стрелки прогиба листов толщиной 1,5—5 мм не должны превышать 3 мм на метр длины, а у листов толщиной 6—18 мм допускаются до 2,5 мм/м.

Профили не должны иметь отклонений от прямолинейности более 2 мм на один метр и более 8 мм на всю длину полосы.

Однако поступающий на заводы листовой и профильный металл, из-за наличия внутренних напряжений, вызванных неравномерностью охлаждения при прокатке, а также вследствие механических воздействий при транспортировке и погрузочно-разгрузочных работах, как правило, бывает неровным, листы имеют волнистость по длине, бухтины (местные выпуклости) и серповидную кривизну, а профили — кривизну на ребро (на полку), винтообразную кривизну и волнистость ребра (полки).

Листы и профили, волнистость которых превышает допустимую, правят.

У деформированных листов и профилей одна часть волокон вытянута, а другая укорочена, и правка их сводится к выравниванию волокон по длине за счет сжатия вытянутых или растяжения укороченных. Так как растянуть волокна проще, чем сжать, правка листов и профилей основана на принципе растяжения волокон.

Правку выполняют вручную на плите ударами кувалд (главным образом профильного металла) или механизированными методами. Применяют следующие механизированные методы: правку перегибами и правку растяжением.

Правку перегибами листов осуществляют на многовалковых листоправильных вальцах (рис. 17, *а*).

Листоправильные вальцы имеют семь, девять, одиннадцать и более рабочих валков, расположенных в два ряда в шахматном порядке. Опорные рабочие валки нижнего ряда приводятся во вращение от мощного электропривода, а нажимные рабочие валки верхнего ряда перемещаются в вертикальном направлении и устанавливаются в положении, обеспечивающем требуемый зазор или перекрытие для правки листов данной толщины.

Для предотвращения изгиба листов на выходе по обе стороны нажимных рабочих валков установлены вспомогательные валки. Рабочие валки опираются на поддерживающие валки, которые предотвращают их прогиб, особенно при правке листов большой толщины.

Для подачи листов в валки, поддержания их при правке и приема после ее окончания вальцы оснащены рольгангами: с одной стороны подающим, а с другой приемным.

Процесс правки состоит в том, что лист прокатывают между опорными и нажимными валками, отрегулированными до образования требуемого зазора или перекрытия, определенного для листа данной толщины и марки материала. При прокатке лист многократно изгибается под каждым валком то в одну, то в другую сторону. Укороченные волокна под действием возникающих в материале напряжений,

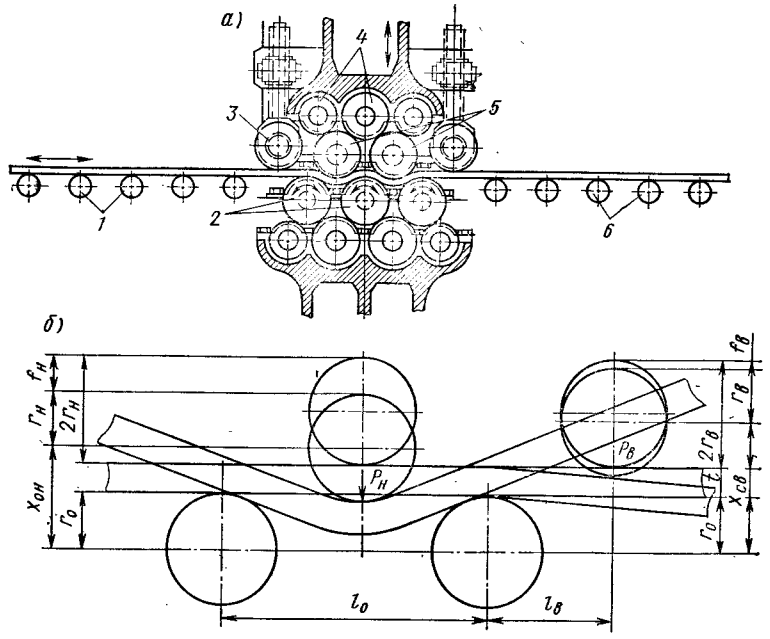


Рис. 17. Листоправильные вальцы:

а — общий вид вальцов; *б* — схема правки листа в вальцах; *1* — рольганг подающий; *2* — опорные рабочие валки; *3* — вспомогательные валки; *4* — поддерживающие валки; *5* — нажимные рабочие валки; *6* — рольганг приемный

достигающих пределов текучести, растягиваются, в результате чего длина всех волокон становится одинаковой и лист выпрямляется.

Регулировку зазора между опорными и нажимными валками или их перекрытия обычно осуществляют при прокатке, устанавливая вначале большой зазор и постепенно доводя его до требуемого, который определяют по характеру правки листа. Однако при таком способе регулировки производительность правки низка.

Если принять некоторые допущения, рассматривая процесс, происходящий не на всей длине вальцов, а на участке, ограниченном лишь смежными валками, то расстояние между осями опорных и нажимных рабочих валков (рис. 17, *б*) можно определить по формуле

$$x_{о.н} = r_о + t + 2r_н - r_н - f_н = r_о + r_н + t - f_н, \qquad (10)$$

где $r_о$ — радиус опорного валка, мм;

$r_н$ — радиус нажимного валка, мм;

t — толщина листа, мм;

$f_н$ — стрелка прогиба листа по оси нажимного валка, мм.

Как известно, для балки, лежащей на двух опорах,

$$f_н = \frac{P_н l_о^3}{48EI}, \qquad (11)$$

где $P_н$ — сила, изгибающая лист по оси нажимного валка, кгс;
$l_о$ — расстояние между осями опорных валков; мм;
E — модуль упругости материала, кгс/мм²;
I — момент инерции поперечного сечения листа, мм⁴.

Силу $P_н$ можно определить по выражению

$$P_н = \frac{4M^и_{из}}{l_о}, \qquad (12)$$

где $M^и_{из}$ — изгибающий момент, передаваемый листу под действием силы $P_н$, кгс·мм:

$$M^и_{из} = \sigma_т W,$$

где $\sigma_т$ — предел текучести материала, кгс/мм²;
W — момент сопротивления поперечного сечения листа.

Момент инерции (в мм⁴) равен

$$I = W\frac{t}{2}.$$

Тогда

$$x_{о.и} = r_о + r_и + t - \frac{4\sigma_т W l_о^3 2}{l_о 48EWt} = r_о + r_н + t - \frac{1}{6}\frac{\sigma_т l_о^2}{Et}. \qquad (13)$$

Расстояние между осями опорных рабочих валков и вспомогательных валков (см. рис. 17, *б*) можно определить по формуле

$$x_{о.в} = r_о + t + 2r_в - r_в - f_в = r_о + r_в + t - f_в, \qquad (14)$$

где $r_в$ — радиус вспомогательного валка, мм;
$f_в$ — стрелка прогиба листа по оси вспомогательного валка, мм.

Для балки, заделанной одним концом,

$$f_в = \frac{P_в l_в^3}{3EI}, \qquad (15)$$

где $P_в$ — сила, изгибающая лист по оси вспомогательного валка, кгс;
$l_в$ — расстояние между осями опорного и вспомогательного валков, мм.

Силу $P_в$ в этом случае можно определить из выражения

$$P_в = \frac{M^в_{из}}{l_в},$$

где $M^в_{из}$ — изгибающий момент, передаваемый листу под действием силы $P_в$, кгс · мм.

Тогда

$$x'_{о.в} = r_о + r_в + t - \frac{\sigma_т W l_в^3 2}{l_в 3EWS^t} = r_о + r_в + t - \frac{2}{3}\frac{\sigma_т l_в}{ES^t}. \qquad (16)$$

Листы, имеющие бухтины с большой стрелкой прогиба или другие натянутые участки, правят в листоправильных вальцах местным обжатием участков с помощью полосовых подкладок из мягкой стали, укладываемых на них последовательно при прокатке. В тех местах, где уложены прокладки, под воздействием направленных нормально к поверхности сжимающих усилий натянутые волокна растягиваются до длины остальных волокон и лист выправляется.

Для правки листов толщиной более 6 мм используют пяти-семивалковые листоправильные вальцы. Листы меньшей толщины, обладающие большой пружинистостью, требуют для правки большего числа перегибов. Поэтому для них применяют листоправильные вальцы с большим (до семнадцати) числом валков.

Сильно деформированные листы из тонколистовой стали правят на более толстом подкладном листе. Иногда используют одновременно подкладной лист и полосовые прокладки.

Технологию правки листов в листоправильных вальцах совершенствуют механизацией вспомогательных операций: погрузка листов на рольганги, подача их в валки, настройка валков на соответствующую толщину листов, контроль качества правки и разгрузки выправленных листов с рольганга. Разрабатывают также автоматические системы, которые будут осуществлять управление работой листоправильных вальцов по программе.

Правку профильного металла выполняют на роликовых правильных машинах, работающих по такому же принципу, что и листоправильные вальцы.

На заводах Минречфлота РСФСР профили правят главным образом на горизонтальных гибочно-рихтовальных станках (рис. 18). Гибочно-рихтовальный станок имеет станину, по поперечным направляющим которой перемещаются упоры, а по продольным направляющим совершает возвратно-поступательное движение ползун с закрепленным в нем бойком. Такое движение ползуну сообщает кривошипно-шатунный механизм, приводимый во вращение от электродвигателя. Положение ползуна с бойком по отношению к упорам регулируют с помощью винтового привода. Включают и выключают ползун выдвижным пальцем.

Подлежащий правке профиль устанавливают на стол станка или на поддерживающие ролики, поднятые на некоторую высоту над столом, и прижимают к упорам, раздвинутым на требуемую ширину.

С включением электродвигателя при движении ползуна вперед боек, упираясь в часть профиля, расположенную между упорами, изгибает ее. Последовательно продвигая профиль вдоль упоров при ходе ползуна назад и регулируя положение ползуна относительно упоров, правят его соответственно на ребро или на полку.

Правку растяжением выполняют в правильно-растяжных машинах.

Правильно-растяжная машина для правки листов имеет стол-рольганг, на который подают лист, и гидравлический цилиндр двустороннего действия с передней и задней подвижными головками, оканчивающимися зажимами, в которых закрепляют концы листа.

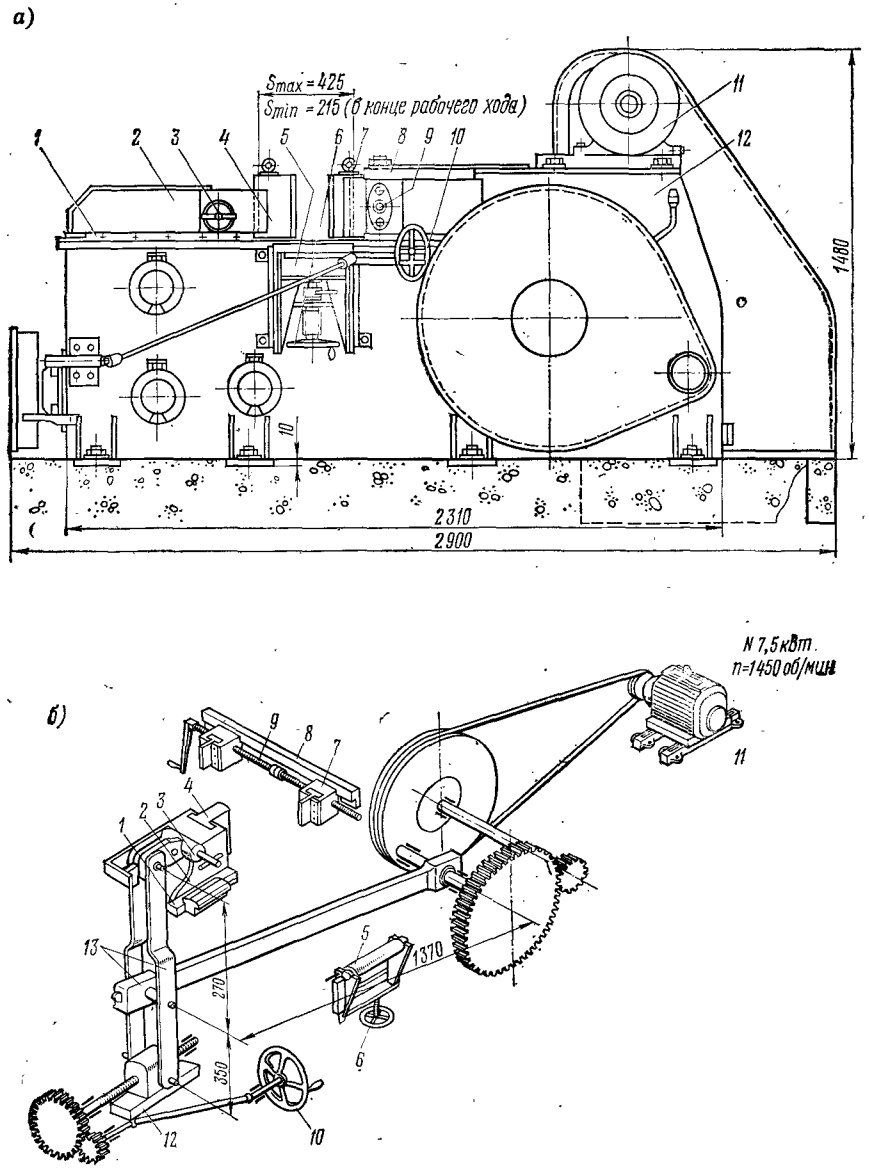


Рис. 18. Горизонтальный гибочно-рихтовальный станок:

а — общий вид станка; *б* — кинематическая схема; *1* — продольные направляющие станины; *2* — ползун; *3* — выдвижной палец; *4* — боек; *5* — поддерживающие ролики; *6* — винтовой механизм подъема поддерживающих роликов; *7* — упоры; *8* — поперечные направляющие станины; *9* — винтовой механизм перемещения упоров; *10* — винтовой механизм регулировки положения ползуна; *11* — электродвигатель; *12* — станина; *13* — кривошипно-шатунный механизм привода ползуна

При создании давления в гидравлическом цилиндре головки раздвигаются, в натянутых участках листа создаются напряжения, достигающие предела текучести материала, волокна этих участков вытягиваются до длины остальных волокон и лист выправляется.

В этом случае улучшается качество правки при значительном повышении производительности труда. Кроме того, при правке растяжением выравниваются внутренние напряжения в материале листа, что снижает его деформации при последующей обработке. Однако недостатком его является то, что на поверхности листа в местах под зажимами остаются насечки и концы листов длиной ~300 мм приходится обрезать и направлять в отходы. Из-за высокой стоимости машин этот метод экономически целесообразен при объеме переработки листов более 50000 т.

Применяющиеся в настоящее время правильно-растяжные машины могут создавать усилие растяжения до 13600 тс. При растягивающем усилии 2500 тс такие машины обеспечивают правку листовой стали с пределом текучести до 40 кгс/мм², толщиной от 2 до 8 мм и шириной от 1500 до 2800 мм.

Сконструированы также правильно-растяжные машины для правки профильного металла с растягивающим усилием до 1800 тс. При пределе текучести материала до 40 кгс/мм² на них можно выправлять профили самых больших сечений длиной до 18 м.

В отдельных случаях правку листов толщиной более 16 мм можно выполнять на гидравлическом прессе последовательными нажимами плоским пуансоном, применяя метод поперечного изгиба.

§ 9. ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ И КОНСЕРВАЦИИ КОРПУСНОГО МЕТАЛЛА

Для сохранности корпусов судов в надлежащем техническом состоянии в течение установленного срока службы все поверхности корпусных конструкций должны быть защищены от коррозии. Это достигается их грунтовкой и окраской.

Однако поступающий на заводы листовой и профильный металл покрыт прокатной окалиной и образующейся при транспортировке и хранении ржавчиной. Поэтому весь корпусный металл должен быть очищен.

Наиболее производительна очистка корпусного металла химическим и дробеметным способами.

При химическом способе очистки с поверхности металла при травлении в соответствующих растворах удаляются окислы.

Технологический процесс очистки и консервации включает следующие операции: обезжиривание, травление, промывку, нейтрализацию, промывку, пассивирование и сушку. Травление выполняют в растворе соляной кислоты с ингибитором ПБ-5, нейтрализацию — в растворе кальцинированной соды; пассивирование или фосфатирование — в 10%-ном водном растворе препарата «Мажеф» или 15—

20%-ном растворе ортофосфорной кислоты соответственно, а промывку — в проточной воде.

Для длительного предохранения от коррозии очищенный металл покрывают слоем 20%-ной натуральной олифы, разведенной в уайт-спирите (межоперационный период до 3 мес) или наносят два слоя фосфатирующих грунтов ВЛ-02 и ВЛ-023 (межоперационный период 8—10 мес).

Оборудование участка химической очистки металла состоит из последовательно расположенных ванн, заполненных соответствующими растворами, кассет для загрузки металла в ванны и устройства для сушки очищенных листов.

Большого распространения химический способ очистки не получил из-за трудности нейтрализации сточных вод.

Дробеметный способ очистки — на очищаемую поверхность под действием центробежной силы с большой скоростью (75 м/с) выбрасывается металлическая дробь. Ударяясь, она удаляет с поверхности металла имеющиеся на ней загрязнения, ржавчину и окалину. После дробеметной обработки поверхность металла приобретает чистый равномерно-шероховатый вид.

На рис. 19 изображена дробеметная камера для очистки листов, предназначенная для работы в поточной линии очистки и консервации.

Дробеметная камера представляет собой сварную конструкцию шестиугольной формы, через которую по вертикальному рольгангу перемещается очищенный лист. В стенках камеры по обе стороны листа установлены дробеметные аппараты.

Из загрузочной воронки дробь с помощью ковшевого элеватора подается в расходный бункер, откуда под действием силы тяжести и воздушного потока попадает на лопатки дробеметных аппаратов и через распределительную камеру, с помощью которой регулируется направление ее вылета, выбрасывается на поверхность листа.

Отработавшая дробь вместе с частицами окалины и ржавчины самотеком ссыпается к приемнику элеватора, предназначенного для подъема и подачи дроби к дробеметным аппаратам.

На пути следования дроби установлен воздушный сепаратор, в котором из нее удаляются все отходы. Сепаратор работает от вентилятора, обеспечивающего одновременно отсос пыли из дробеметной камеры.

Очистку засасываемого вентилятором воздуха от пыли осуществляет циклон с водяной пленкой.

Дробеметная камера для очистки профилей имеет те же механизмы, что и камера для очистки листов, и отличается от нее тем, что ролики выполнены широкими для одновременной укладки нескольких профилей, а прорези в стенках для их прохода расположены в горизонтальной плоскости. Дробеметные аппараты установлены так, что струи дроби очищают все поверхности профилей независимо от их конфигурации и размеров.

Консервацию очищенных в дробеметных камерах листов и профилей осуществляют пассивированием, фосфатированием, олифованием

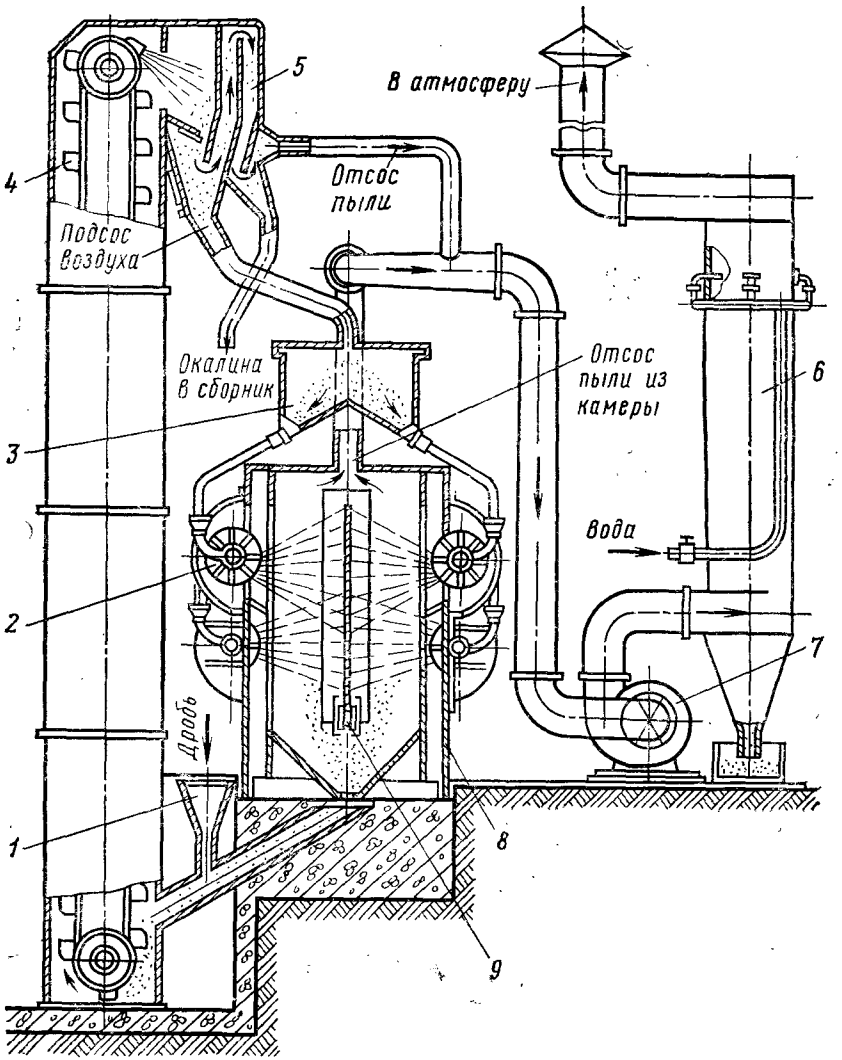


Рис. 19. Дробеметная камера для очистки листов:
1 — загрузочная воронка; *2* — дробеметные аппараты; *3* — расходный бункер; *4* — элеватор; *5* — сепаратор; *6* — циклон; *7* — вентилятор; *8* — камера; *9* — рольганг

или грунтовкой в зависимости от межоперационного периода хранения. В поточных линиях дробеметной очистки корпусного металла устанавливают специальные камеры для выполнения указанных операций.

Наиболее совершенная камера грунтовки листов в электростатическом поле (рис. 20) отличается от дробеметной камеры тем, что вместо дробеметных аппаратов в ней вмонтированы распылители и установлена выпрямительная установка, создающая между распылителями и листом постоянное электрическое поле высокого напряжения.

Под действием электрического поля частицы грунта, вылетающие из сопел распылителей, получают отрицательный заряд, стремятся оторваться друг от друга и образуют факел, движущийся к листу, несущему положительный заряд. Благодаря взаимному притяжению противоположно заряженных частиц грунта и грунтуемого листа расход краски минимален — 80 г на 1 м^2 поверхности.

После консервации листы и профиль сушат в специальных камерах, имеющих нагреватели различной конструкции.

Камера газопламенной сушки листов (рис. 21) состоит из каркаса, по торцам которого расположены щели для прохода листа и вмонтированы ролики для его перемещения. По обе стороны листа установлены панели из огнеупорного материала, в которых вмонтированы газовые горелки с регулировочными шайбами. По системе газоподвода с необходимой контрольно-регулирующей аппаратурой, включающей трубопроводы, запальники, продувочные свечи, вентили, манометры, газ из заводской магистрали подается к горелкам камеры. Для обслуживания системы газоподвода имеются площадки с трапами.

Продукты сгорания удаляются через дымоход, подключенный к вытяжной вентиляции.

Для уменьшения теплоотдачи окружающему воздуху на стенках камеры установлена теплоизоляция.

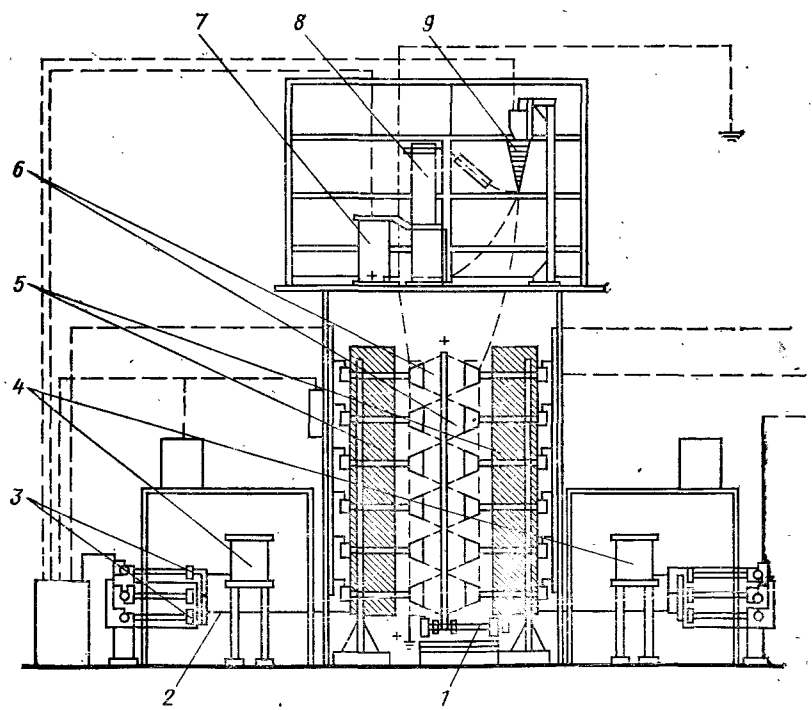


Рис. 20. Камера для грунтовки листов в электростатическом поле:
1 — рольганг; *2* — шланги; *3* — насосы; *4* — бачки для грунта; *5* — сетчатые фильтры; *6* — распылители; *7* — повышающий трансформатор; *8* — выпрямитель; *9* — разрядник

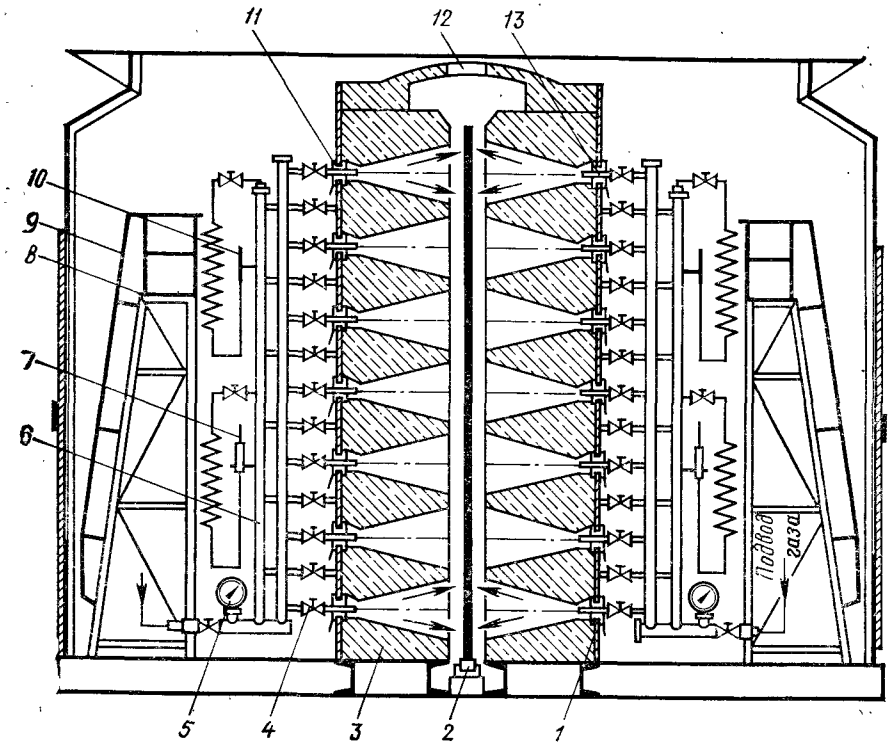


Рис. 21. Камера для газопламеиной сушки листов:
1 — каркас;· *2* — рольганг; *3* — панель из огнеупорного материала; *4* — вентиль; *5* — манометр; *6* — трубопровод; *7* — запальник; *8* — площадка для обслуживания; *9* — трап; *10* — продувочная свеча; *11* — воздушно-регулировочная шайба; *12* — дымоход; *13* — газовая горелка

В камере терморадиационной сушки листов взамен газовых горелок установлены генераторы инфракрасных лучей, каждый из которых представляет собой чугунную плиту размером 410 × 200 мм с вмонтированными в нее тремя электроэлементами, включенными в сеть переменного тока.

Проходя по рольгангу между генераторами излучения, лист поглощает инфракрасные лучи и нагревается до температуры 50—120° С. Тепло с поверхности листа передается покрытию, и растворитель, испаряясь, улетучивается, создавая благоприятные условия для образования пленки со стороны листа и увеличивая интенсивность сушки.

§ 10. ТЕХНОЛОГИЯ РАЗМЕТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Размечают обычно листовые и профильные детали, вырезаемые на механическом оборудовании (гильотинных ножницах, пресс-ножницах и др.), ручными газовыми резаками и в ряде случаев с помощью газорезательных полуавтоматов. Не размечают листовые детали, вырезаемые на автоматических газорезательных машинах по копир-

щитам, копир-чертежам или по программе, а также детали, которые можно и целесообразно штамповать, вырезать по упорам, фиксаторам и пр.

Конфигурация и размеры размеченных деталей должны соответствовать чертежным или плазовым данным. Размечают вручную, с помощью шаблонов и фотопроекционным способом.

Ручная разметка. Ее применяют при ремонте и постройке единичных или мелкосерийных судов. Лист укладывают на разметочный стол и, пользуясь разметочным инструментом (линейка, угольник, транспортир, циркуль и др.), намечают на нем контуры деталей. Прямые линии деталей большой длины отбивают по намеченным точкам меловой ниткой, а деталей небольшой длины прочерчивают чертилкой по линейке. Кривые линии деталей большой длины прочерчивают по гибкой рейке, устанавливаемой по намеченным точкам и прижатой к листу грузами, а деталей небольшой длины — по гибкой шарнирной линейке. Линии окружностей или дуг окружностей прочерчивают циркулем.

Для облегчения процесса разметки, помимо универсального, применяют специальный разметочный инструмент. Например, на рис. 22

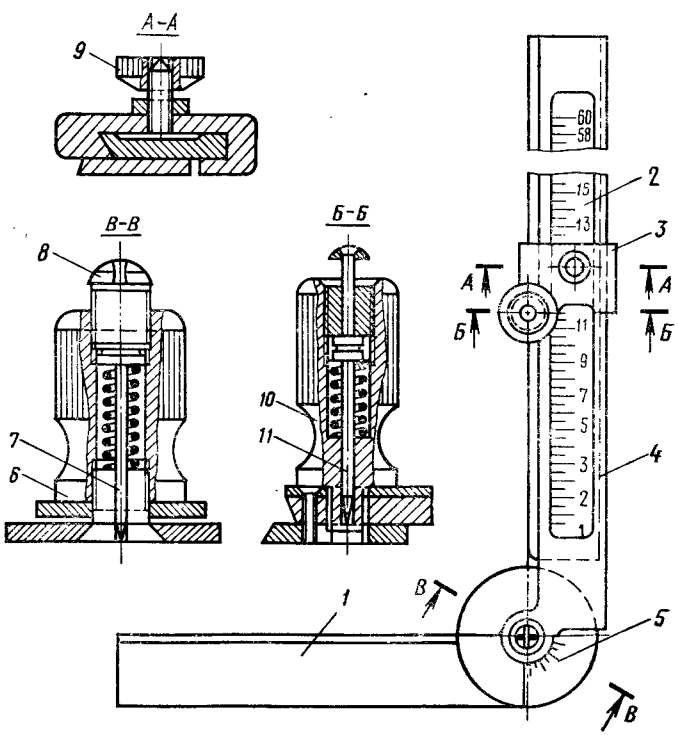


Рис. 22. Разметочный прибор:
1 — горизонтальная линейка; *2* — линейная шкала; *3* — каретка; *4* — вертикальная линейка; *5* — угловая шкала; *6* — рукоятка; *7* — центровой кери; *8* — винт прижима центрового керна; *9* — фиксатор каретки; *10* — втулка каретки; *11* — чертилка

показан специальный разметочный прибор, состоящий из двух шарнирно соединенных линеек с центровым керном. На круглом хвостовике горизонтальной линейки нанесена угловая шкала с делениями от 0° до 180°, а на вертикальной линейке — линейная шкала. По вертикальной линейке перемещается каретка с чертилкой. Для фиксации каретки в требуемом положении служит стопорный винт.

С помощью этого прибора можно прочерчивать на листах прямые линии, сопрягаемые под любым углом, и дуги окружностей, не пользуясь другим инструментом, что сокращает трудоемкость разметки.

Прочерченные на листах линии кернят.

Кернение можно выполнять вручную или пневматическим кернером (рис. 23).

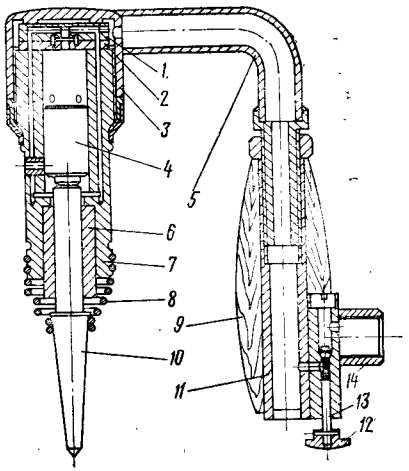


Рис. 23. Пневматический кернер:
1, 2 — распределительные шайбы; *3* — крышка; *4* — плунжер; *5* — колено; *6* — втулка; *7* — корпус; *8* — пружина; *9* — облицовка ручки; *10* — боек; *11* — ручка; *12* — кнопка; *13* — пусковой клапан; *14* — подводящий штуцер

В судостроении принята следующая система условного кернения различных линий (рис. 24). Прямые линии контура детали кернят с интервалом 30—80 мм, зависящим от их длины. Кривые линии контура детали кернят с интервалом 20—35 мм, зависящим от их длины, кривизны и сложности вырезов. В местах сопряжения (углах) линии

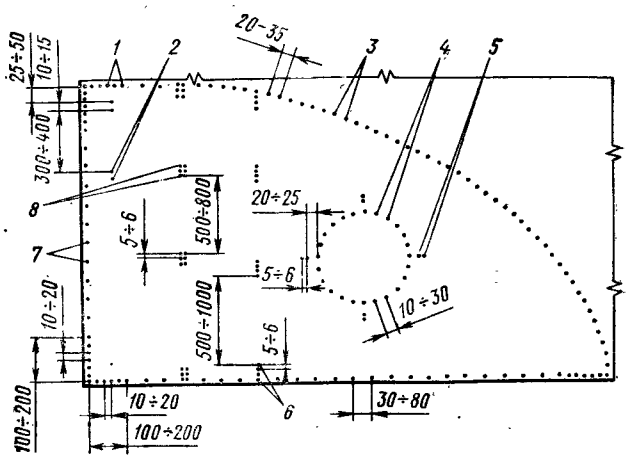


Рис. 24. Система условного кернения различных линий:
1 — места сопряжения (углы) линий; *2* — линии сломов; *3* — кривые линии контура детали; *4* — линии контура вырезов; *5* — осевые линии вырезов; *6* — контрольные линии; *7* — прямые линии контура детали; *8* — линии, указывающие места приварки смежных деталей

контура детали кернят с интервалом 10—20 мм на 100—200 мм длины в каждую сторону.

Линии контура вырезов внутри детали кернят с интервалом 10—30 мм, зависящим от их размеров. Осевые линии вырезов кернят двумя кернами с интервалом 5—6 мм на расстоянии 20—25 мм от контура выреза в каждую сторону. Линии сломов прокернивают двумя кернами с интервалом 10—15 мм, расположенными у кромок детали на расстоянии 25 мм при длине до 400 мм или 50 мм при длине до 800 мм. При длине линии слома более 800 мм, кроме концевых кернов, ставят промежуточные с интервалом 300—400 мм. Линии, указывающие места приварки смежных деталей, кернят тремя кернами, расположенными на расстоянии 5—6 мм друг от друга с интервалом 500—800 мм, зависящим от их длины.

Разметка по шаблонам. При серийной постройке судов разметку деталей выполняют обчерчиванием их контуров чертилкой по фанерным или металлическим шаблонам и затем такие линии кернят. При этом расположение деталей на листе определяют по разработанным в процессе технологической подготовки производства картам раскроя листов (которые вычерчивают аналогично чертежам-шаблонам), а на профиле — по ведомостям раскроя профилей. Использование карт раскроя листов и ведомостей раскроя профилей на 3—5% снижает расход металла на постройку корпуса судна.

Применение шаблонов значительно сокращает трудоемкость разметочных работ. Однако необходимость хранения и транспортировки шаблонов (что при больших габаритах и количестве связано с известными трудностями), а также поддержания их в исправном состоянии является недостатком этого метода.

Наиболее целесообразным с этой точки зрения является фотопроекционный метод разметки.

Фотопроекционную разметку листовых деталей выполняют по негативам, изготовление которых описано в гл. II. Размечают детали в пролете, имеющем частичное затемнение. Для проектирования негативов используют установки ЭДИ-456 или ЭДИ-457.

Для укладки листов при фотопроекционной разметке деталей используют стол-рольганг (рис. 25) с подъемными роликовыми головками. Стол-рольганг представляет собой раму, в которой на подшипниках установлены кассеты с продольными и поперечными роликами. Поперечные ролики свободно вращаются на своих осях, а продольные закреплены на валиках, приводимых во вращение от электропривода.

Хвостовики кассет шарнирно соединены с тягой, которой сообщается продольное перемещение от электропривода. При включении привода кассет и перемещении тяги влево продольные ролики приподнимаются через прорези стола с уложенным на нем листом. При включении привода продольных роликов лист можно передвинуть по длине. При перемещении тяги вправо продольные ролики опускаются, а поперечные поднимаются через прорези в столе. Теперь лист можно передвинуть по ширине.

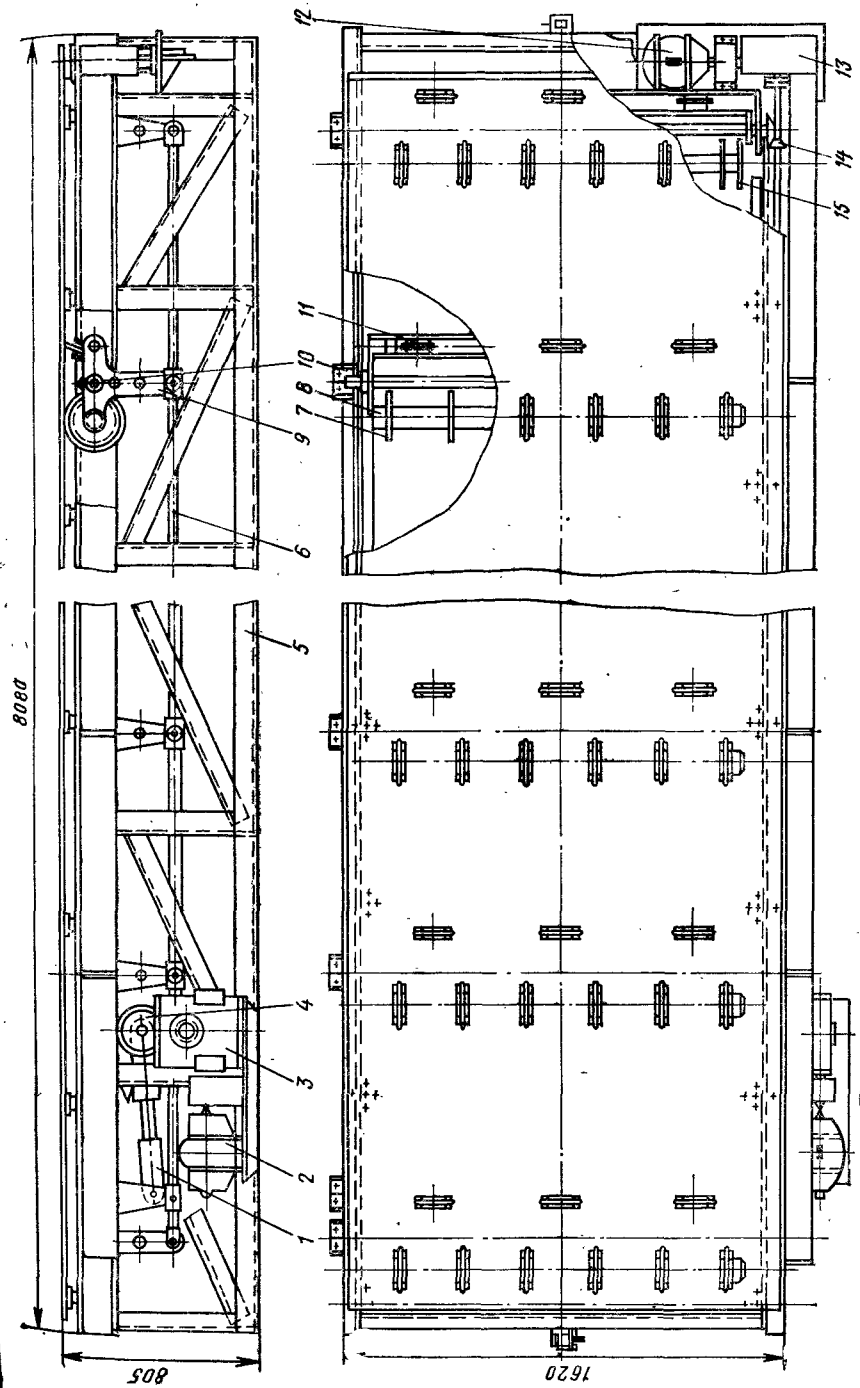


Рис. 25. Стол-рольганг с подъемными роликами для разметки листовых деталей:
1 — винтовая пара; *2* — электродвигатель; *3* — червячный редуктор; *4* — шестерня; *5* — рама; *6* — тяга; *7* — продольный ролик; *8* — валик; *9* — кассета; *10* — подшипник; *11* — поперечный ролик; *12* — электродвигатель; *13* — червячный редуктор; *14* и *15* — шестерни

Перед разметкой продольные и поперечные ролики устанавливают в нейтральное положение (ниже уровня стола). Тогда лист плотно ложится на стол.

В процессе фотопроекционной разметки контуры листовых деталей кернят непосредственно по световым линиям.

В настоящее время создают и совершенствуют установки для автоматической разметки и маркировки листовых и профильных деталей. Разметочно-маркировочная машина осуществляет разметку линий с помощью пневмокернера, наносящего непрерывную цепочку кернов на поверхность листовой детали, а также буквы и цифры, имеющие упрощенное начертание. Разметочно-маркировочная машина работает по программе, записанной на перфоленту. Специальные клеймильные автоматы, также работающие по программе, предназначены для маркировки деталей из профильного проката.

Еще более перспективным является фотоэлектронный способ разметки деталей. Сущность его состоит в том, что поверхность листа после дробеметной очистки покрывают специальным антикоррозионным покрытием, имеющим светочувствительные свойства. Процесс разметки осуществляют проецированием чертежа-шаблона с последующим проявлением скрытого изображения с помощью специальных жидких или порошкообразных проявителей и фиксацией изображения нагревом, вальцеванием или воздействием парами специального растворителя.

§ 11. ТЕХНОЛОГИЯ РЕЗКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Применяют два способа резки корпусных деталей: механический и тепловой.

Механическую резку выполняют на ножницах — гильотинных, дисковых, вибрационных и пресс-ножницах.

Наиболее распространенные гильотинные ножницы с механическим приводом (рис. 26) имеют станину, на столе которой закреплен неподвижный нож, а в вертикальных направляющих перемещается ползун с подвижным ножом, приводимый в движение от электродвигателя через систему передач и кривошипно-шатунный механизм. На коленчатом валу кривошипно-шатунного механизма установлены эксцентрики, которые через подпружиненные тяги взаимодействуют с прижимной балкой.

Подлежащий обрезке лист укладывают на стол и с помощью специального устройства (опускающаяся линейка, направленный световой луч или упоры) линию разметки совмещают с линией реза ножниц.

При пуске электродвигателя все шестерни передачи будут вращаться, но так как последняя шестерня посажена свободно на коленчатом валу, то он останется неподвижным. При включении ножниц муфта соединит шестеренчатую передачу с коленчатым валом, повернет его на один оборот и автоматически вновь разъединит. При этом эксцентрики через тяги и пружины опустят на лист прижимную балку, которая прижмет его к столу ножниц, а кривошипы опустят ползун с верхним ножом, который под действием крутящего момента, сообщаемого двигателем и усиленного маховиком, передаст листу усилие P, в металле возникнут напряжения сдвига и произойдет скалывание и отделение одной части от другой.

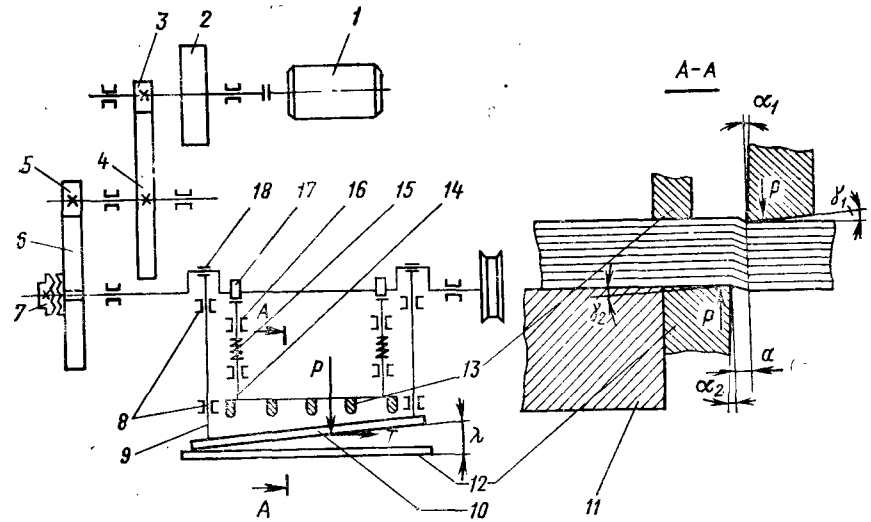


Рис. 26. Гильотинные ножницы:

1 — электродвигатель; *2* — маховик; *3, 4, 5, 6* — шестерни; *7* — муфта; *8* — направляющие ползуна; *9* — ползун; *10* — подвижной нож; *11* — стол станины; *12* — неподвижный нож; *13* — прижимная балка; *14* — тяга; *15* — пружина; *16* — направляющая тяги; *17* — эксцентрик; *18* — кривошипно-шатунный механизм

При дальнейшем вращении коленчатого вала верхний нож и прижимная балка поднимутся в исходное положение.

Усилие резания (в кгс) при горизонтальном расположении подвижного ножа

$$P = kL_p t\tau_0, \tag{17}$$

где $k = 1{,}2 \div 1{,}3$ — коэффициент, учитывающий состояние режущих кромок ножей и другие технологические факторы;

L_p — длина реза, мм;

t — толщина листа, мм;

τ_0 — сопротивление срезу, кгс/мм^2.

Для уменьшения усилия резания его выполняют не одновременным по всей длине, а последовательным, для чего верхний нож располагают под углом λ. Чем больше угол λ, тем меньше потребное усилие резания P. Однако при этом увеличивается горизонтальная его составляющая T, которая может превысить силу трения между листом, с одной стороны, и столом и прижимной балкой — с другой, и лист начнет сдвигаться в процессе резки. Поэтому принимают $\lambda = 12 - 14°$.

Усилие резания при наклонном расположении подвижного ножа

$$P = k\frac{t^2\tau_0}{\operatorname{tg}\lambda}. \tag{18}$$

Для предотвращения удара верхнего ножа о нижний их устанавливают с зазором a, зависящим от зазора между ползуном и его направляющими. Принимают $a = (0{,}03 \div 0{,}06)\ t$.

Режущие кромки ножей затачивают под соответствующими углами: передний угол $\gamma = 2 \div 6°$, задний угол $\alpha = 1{,}5 \div 3°$ в зависимости от толщины листа.

Гильотинные ножницы различных типов имеют длину ножей от 1,5 до 5 м. Поэтому резать крупногабаритные детали приходится в несколько приемов, что значительно уменьшает точность.

Для облегчения передвижения листов при резке на гильотинных ножницах применяют шаровые или роликовые опоры типа «гусиная шейка».

Весьма удобно созданное для этой цели поле шаровых опор на воздушной подушке (рис. 27), состоящее из опор встроенных в стол ножниц, опор на откатной тележке и опор, смонтированных на раме. Собственно опора состоит из стойки, на штоке которой в алюминиевой обойме лежит шар. От магистрали сжатый возух через отверстия в обойме поступает под шар, приподнимает его до упора в ограничитель. Под шаром создается воздушная подушка, благодаря которой он легко вращается. Усилие перемещения для листа массой 1 т составляет 8 кгс.

Листовые детали небольших размеров с криволинейными кромками небольшой кривизны вырезают по разметке на пресс-ножницах.

Пресс-ножницы, как и гальотинные ножницы, имеют неподвижный и подвижной ножи, но отличаются тем, что длина ножей небольшая и подвижной нож совершает качательные движения относительно неподвижного ножа.

Длинный рез на пресс-ножницах получается при последовательном передвижении листа по размеченной линии.

На судостроительных заводах используют комбинированные пресс-ножницы (рис. 28), оснащенные ножами для резки листов, ножами для резки профилей и штемпелем для прокалывания отверстий.

Резать листовые детали с криволинейными кромками можно по разметке на дисковых ножницах (рис. 29). Они имеют дисковые ножи диаметром $D_н = (25 \div 70)\ t$ и шириной $B_н = 20 — 80$ мм. Один из ножей приводной. Ножи установлены с перекрытием $a = (0{,}2 — — 0{,}3)\ t$ в неподвижной скобообразной станине параллельно (рис. 29, *а*) или под углом (рис. 29, *б*) $\theta = 30 \div 40°$ друг к другу.

На некоторых заводах применяют роликовые ножницы, у которых нижний нож плоский, как у гильотинных, а верхний роликовый, как у дисковых. Приводной верхний нож закреплен в тележке-суппорте, перемещающейся по горизонтальным направляющим вдоль неподвижного ножа.

Листовые детали большой кривизны режут на стационарных вибрационных ножницах (рис. 30), имеющих скобообразную станину, к нижней части которой прикреплен кронштейн с неподвижным ножом. К верхней части станины прикреплен кронштейн с направляющей, по которой перемещается шток с подвижным ножом. Шток соединен с шатуном, которому с помощью кривошипного вала, приводимого

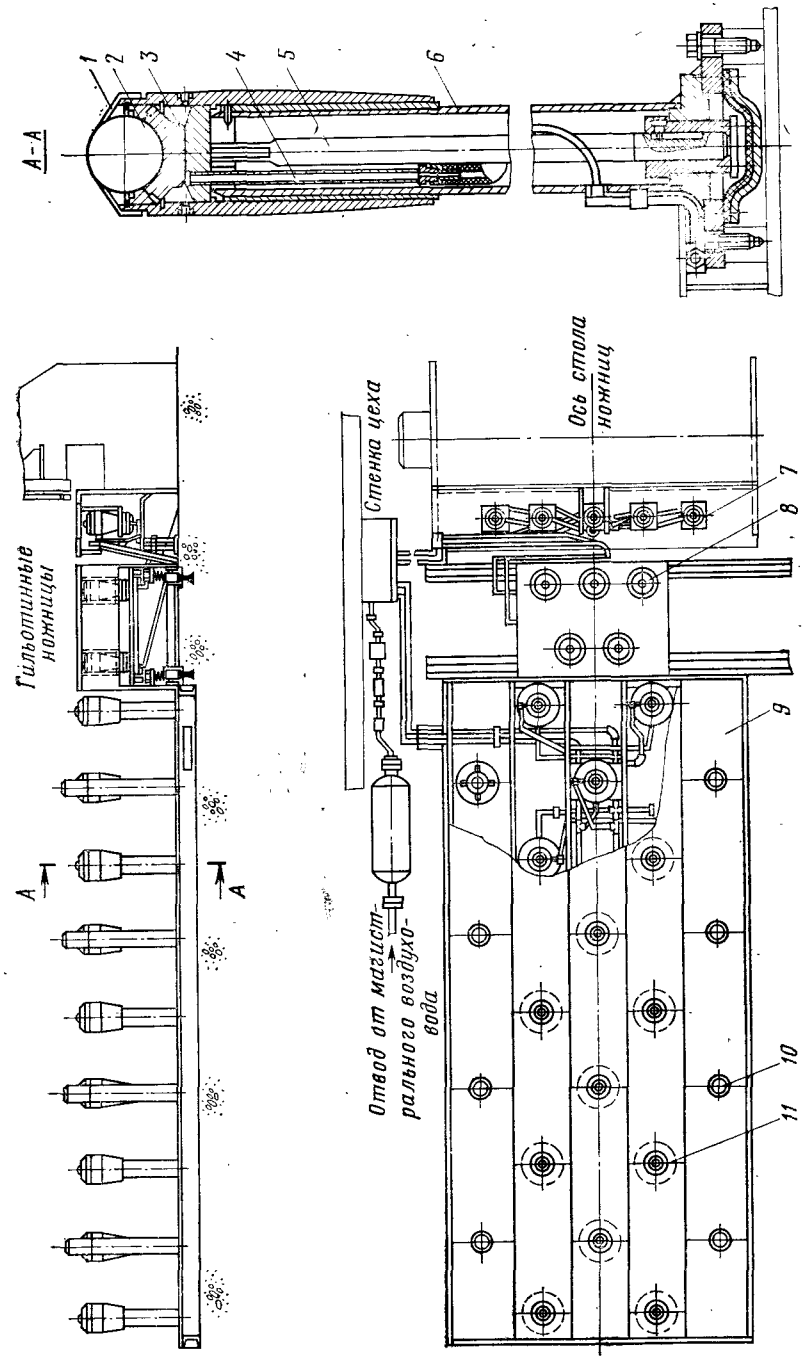


Рис. 27. Поле шаровых опор на воздушной подушке:
1 — ограничитель; *2* — шар; *3* — обойма; *4* — трубка; *5* — шток; *6* — стойка; *7* — опора, встроенная в стол ножниц; *8* — опора на откатной тележке; *9* — рама; *10* — ограничительная стойка; *11* — опора на раме

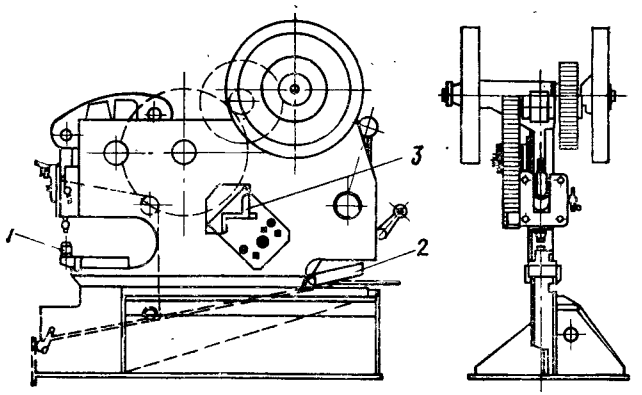


Рис. 28. Комбинированные пресс-ножницы:
1 — штемпель для прокалываиия отверстий; *2* — ножи для резки листов; *3* — ножи для резки профилей

во вращение от электродвигателя, сообщается возвратно-поступательное движение.

В отличие от гильотинных и роликовых ножниц, пресс-ножницы, дисковые и вибрационные ножницы имеют общий недостаток: при резке на них лист необходимо поддерживать на весу и передвигать вручную, направляя вдоль размеченной линии реза. Это затрудняет работу и уменьшает точность резки и производительность.

Тепловая резка основана на сгорании металла, нагретого до температуры воспламенения в струе чистого кислорода и удалении этой струей образующихся окислов.

Для нагрева металла используют пламя горючих газов. Лучше всего применять ацетилено-кислородную смесь, так как по сравнению с другими промышленными горючими газами пламя ацетилена имеет наибольшую температуру. Но чаще из-за дороговизны и дефицитности ацетилена применяют для резки сжиженную пропано-бутановую смесь и природный газ.

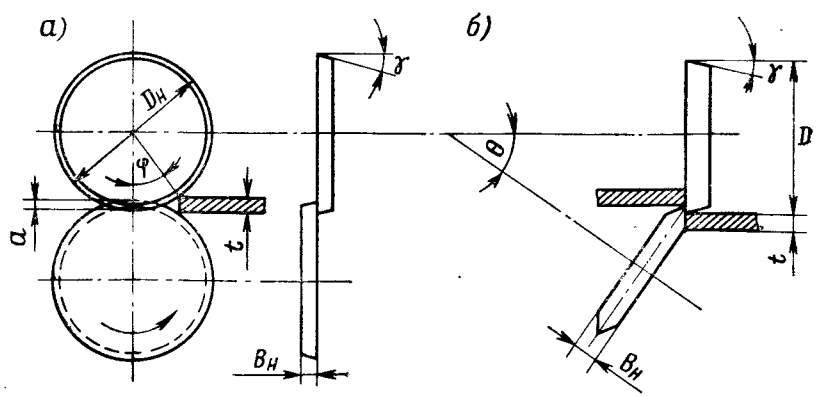


Рис. 29. Схема дисковых ножниц:
а — с параллельным расположением ножей; *б* — с угловым расположением ножей

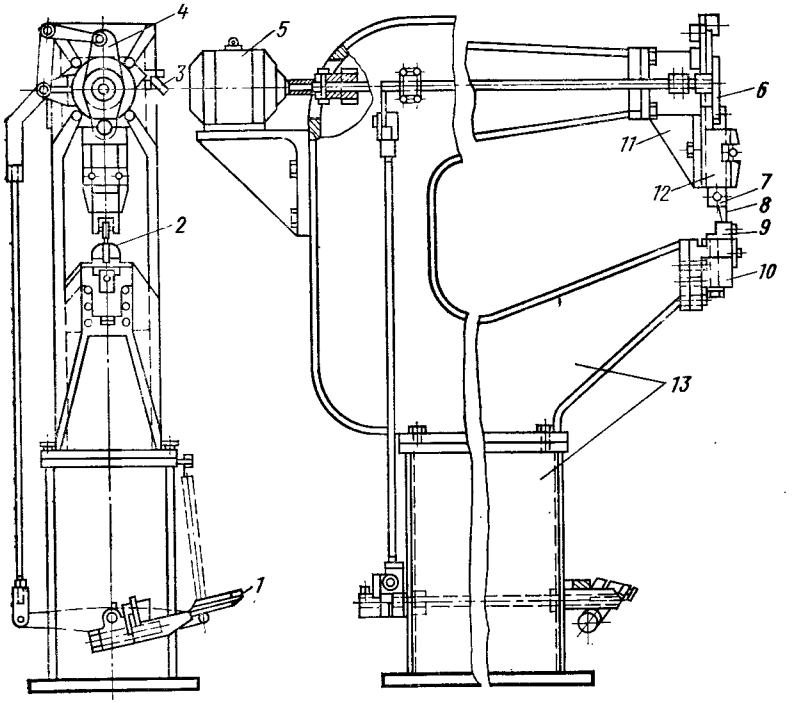


Рис. 30. Стационарные вибрационные ножиицы:
1 — педаль; *2* — обойма; *3* — упор; *4* — эксцентриковая втулка; *5* — электродвигатель; *6* — шатун; *7* — шток; *8* — подвижный нож; *9* — неподвижный иож; *10* и *11* — кронштейи; *12* — иаправляющая; *13* — станина

Газовую резку выполняют ручными газовыми резаками, а также с помощью полуавтоматических и автоматических газорезательных машин.

Ручные газовые резаки, используемые в судостроении, инжекторного типа.

Инжекторный резак (рис. 31) имеет смеситель с инжектором, трубки которого с помощью шлангов подключают к баллонам с горючим газом и кислородом или к соответствующим цеховым магистралям. При открытии вентилей подогревающего кислорода и горючего газа в смесительной камере создается горючая смесь, которая поступает в наружный мундштук головки резака и по выходе из него поджигается. Образуется подогревающее пламя. После нагрева металла до температуры воспламенения открывают вентиль режущего кислорода, который подают к внутреннему мундштуку головки резака.

Полуавтоматическую газовую резку выполняют на переносных машинах, отличающихся только конструктивно. Наиболее распространены переносные машины типа МРТ (машинорезательные тележки).

Машина модели 8РА (рис. 32) состоит из тележки на четырех колесах, приводимых во вращение от помещенного внутри электропри-

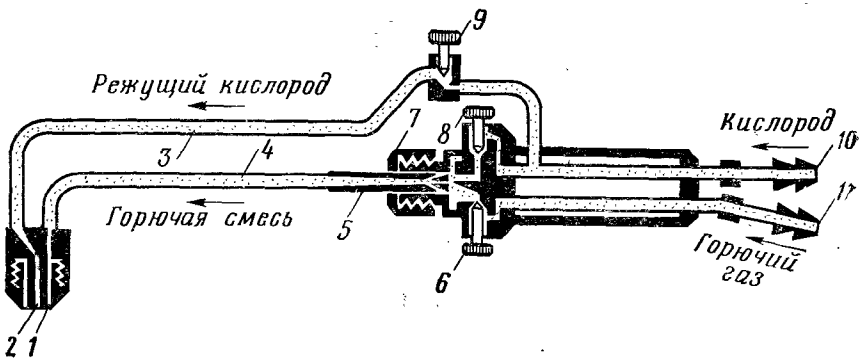


Рис. 31. Схема инжекторного резака для ручной газовой резки:

1 — внутренний мундштук; *2* — наружный мундштук; *3, 4* — трубки; *5* — смеситель; *6* — вентиль; *7* — инжектор; *8, 9* — вентили; *10, 11* — подводящие трубки

вода. На корпусе тележки укреплена газораспределительная коробка и зубчатая рейка. К коробке по шлангам подведен кислород и ацетилен, которые далее подаются к газовому резаку, установленному в держателе, укрепленном на зубчатой рейке. Держатель можно перемещать вдоль рейки, а резак по держателю. Шарнир на держателе позволяет закреплять резак под требуемым углом.

При прямолинейной резке машина перемещается по направляющим, укладываемым на разрезаемый лист. Газорезчик выверяет параллельность рельсов и линии реза, закрепляет резак в требуемом положении, зажигает и регулирует подогревающее пламя. После разогрева металла он открывает режущий кислород, включает двигатель хода и маховичком регулирует скорость движения тележки.

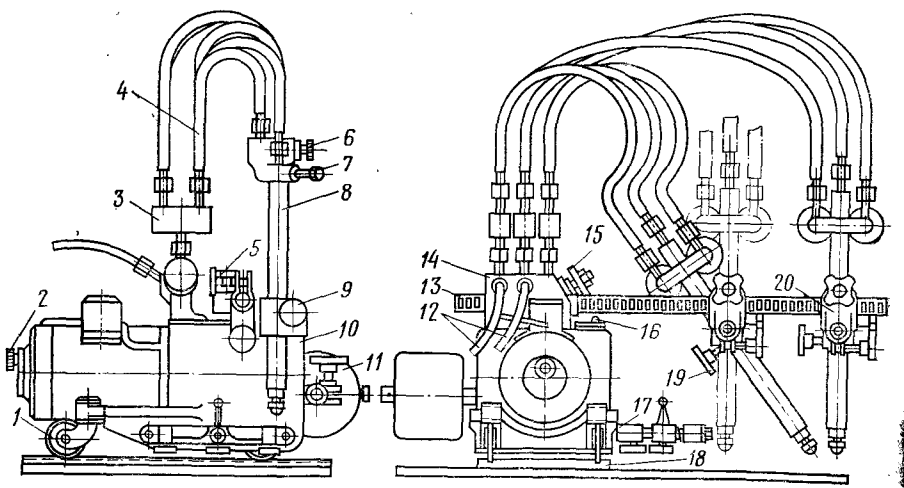


Рис. 32. Газорезательный полуавтомат 8РА:

1 — колесо; *2* — маховичок регулировки скорости движения тележки; *3* — штуцер; *4* — шланги; *5* — маховичок регулировки положения держателя с резаком на зубчатой рейке; *6, 7* — вентили регулировки пуска ацетилена и подогревающего кислорода; *8* — резак; *9* — маховичок регулировки положения резака по высоте; *10* — тележка; *11* — циркульное приспособление; *12* — подводящие шланги; *13* — рейка; *14* — газораспределительная коробка; *15* — вентиль пуска режущего кислорода; *16* — выключатель электродвигателя привода тележки; *17* — ролнки копирного приспособления для криволинейной резки; *18* — рельсы для прямолинейной резки; *19* — маховичок регулировки угла поворота резака; *20* — держатель резака

Полуавтомат может резать по окружности с помощью циркульного приспособления, штангу которого выдвигают на требуемый радиус окружности. Ножку циркуля устанавливают в предварительно накерненный или засверленный центр окружности и выполняют все указанные выше операции.

При криволинейной резке используют универсальные гибкие направляющие или шаблон с охватывающими его копирными роликами, которые направляют тележку, или резчик сам направляет полуавтомат по линии разметки.

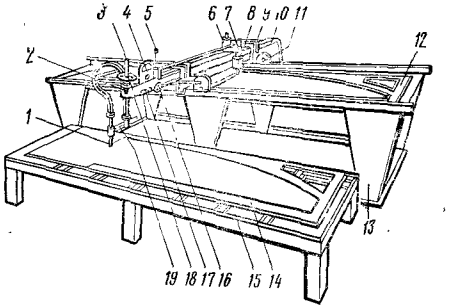


Рис. 33. Газорезательный автомат АСП-1:

1 — резак; *2* — газораспределительная коробка; *3* — винт; *4* — выключатель электродвигателя магнитной головки; *5* — рукоятка регулировки положения магнитного пальца; *6* — электродвигатель привода хобота; *7* — редуктор; *8* — электромагнитная головка; *9* — обойма тележки; *10* — хобот; *11* — тележки; *12* — копир-щит; *13* — копирный стол; *14* — лист; *15* — раскроечный стол; *16* — маховичок для ручной вырезки деталей по разметке; *17* — рукоятки регулировки ацетилена, подогревающего и режущего кислорода; *18* — маховик регулировки положения резака по высоте; *19* — суппорт

Полуавтомат позволяет работать одновременно двумя резаками для вырезки полос, колец или для одновременной резки и разделки кромки под сварку.

Автоматические газорезательные машины — стационарные. Наиболее распространены на заводах Минречфлота РСФСР машины типа МРК (машины резательные прямоугольно-координатные), работающие по натурным копир-щитам посредством магнитно-копировального привода.

Газорезательная машина АСП-1 (рис. 33) имеет копирный стол, на который укладывают натурный копир-щит. На направляющих копирного стола установлены жестко связанные между собой свободно перемещающиеся тележки. Обоймы тележек имеют поперечные направляющие, по которым свободно перемещается хобот.

На хоботе закреплен ведущий механизм с электромагнитной головкой. На конце хобота закреплены суппорт, держащий один или несколько резаков, и газовая коробка, к которой подведены ацетиленовый и кислородный шланги. Здесь же расположены все рукоятки управления машины: маховичок регулирования высоты установки резака; рукоятка регулирования ацетилена, подогревающего и режущего кислорода; выключатель электродвигателя магнитной головки; рукоятка подъема и опускания магнитного пальца. Рядом с копирным столом установлен раскроечный стол, на который укладывают лист.

При включении электродвигателя ведущего механизма одновременно включается электромагнитная головка; ее намагниченный палец притягивается к стальной рейке копир-щита и, не отрываясь, катится по нему, заставляя резак копировать его движения.

На машине можно также резать листовые детали по натурному копир-чертежу и по разметке.

Более перспективны газорезательные машины «Зенит» и «Одесса» с фотоэлектрическим управлением, работающие по масштабным копир-чертежам, и «Кристалл» с программным управлением.

При тепловой резке на кромках деталей остается грат, мешающий выполнению последующих операций обработки и сборки.

Его удаляют пневматическими зубилами и скребками. При применении качественных материалов, хорошем состоянии мундштуков и соблюдении параметров режимов резки добиваются значительного уменьшения и даже ликвидации грата.

Профильный металл разрезают на комбинированных пресс-ножницах (при резе, перпендикулярном продольной оси) или ручными газовыми резаками (при вырезке одной полки, при разделке кромок под сварку и др.).

Детали в процессе механической и особенно тепловой резки деформируются. Их правят: крупногабаритные листовые детали — под прессом, молотом или на листоправильных вальцах, детали небольших размеров в вальцах — с помощью подкладного листа, а профильные детали — на гибочно-рихтовальном станке.

§ 12. ТЕХНОЛОГИЯ ГИБКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Все гнутые листовые детали по характеру кривизны, определяющей технологию их обработки, могут быть разбиты на следующие группы:

одинарной кривизны (цилиндрической, конической и волнообразной формы);

двоякой кривизны (сферической, парусовидной, седлообразной и веерообразной формы);

с углами слома (угловой и коробчатой формы);

с гофрировкой.

В практике встречаются детали со смешанной кривизной, например с одинарной кривизной и гофрировкой, гофрированные листы с отфланцовкой и пр.

Профильные детали могут быть разбиты на следующие группы:

постоянной кривизны;

переменной кривизны;

знакопеременной кривизны.

Различают два метода гибки деталей — горячий и холодный.

Горячую гибку применяют как исключение для деталей особо сложной формы.

По шаблонам, снятым с плаза, из угловой и полосовой стали собирают металлическую постель. Лист нагревают в печи до светло-желтого цвета (1100—1200° С) и укладывают на постель, где ему придают продольную погибь. Одновременно лист осаживают на постель вручную кувалдами и гладилками. Постепенно он принимает форму постели. Периодически шаблонами проверяют поперечную погибь листа. Окончательно его подгоняют уже в остывшем (теплом) состоянии.

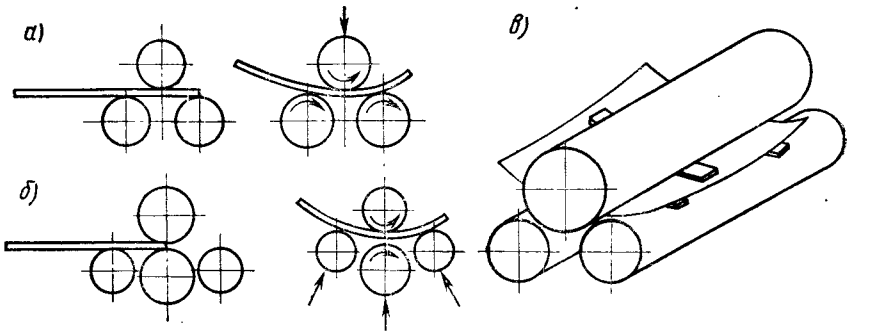


Рис. 34. Схемы листогибочных вальцов:
а — трехвалковых; *б* — четырехвалковых; *в* — гибка листа сложной кривизны с помощью трех прокладок

Холодную гибку листов одинарной кривины выполняют на трех- или четырехвалковых гибочных вальцах, схемы которых изображены на рис. 34, *а*, *б*.

Трехвалковые вальцы (см. рис. 34, *а*) имеют два нижних приводных валка и верхний холостой, перемещающийся в вертикальном направлении. У четырехвалковых вальцов (см. рис. 34, *б*) центральные валки являются приводными, а боковые — холостыми. Все нижние валки перемещаются в вертикальном направлении.

Гибочные вальцы изготовляют открытого и закрытого типов.

В вальцах открытого типа верхний валок не имеет промежуточных опор и поэтому длина его ограничена. В вальцах закрытого типа верхний валок имеет промежуточные роликовые опоры, прикрепленные к верхней станине. Это предотвращает его прогиб и дает возможность увеличить его габариты для гибки листов по длине.

Вальцы обоих типов применяют для гибки листов толщиной до 40 мм. На них можно изгибать листы в цилиндры, особенно на четырехвалковых вальцах открытого типа.

Принцип гибки листов в вальцах заключается в том, что при вращении валков, благодаря наличию сил трения между ними и заготовкой, последняя получает поступательное движение в направлении, перпендикулярном к осям валков. Перемещаясь между валками, заготовка изгибается, на нее действует изгибающий момент

$$M = \sigma W. \qquad (19)$$

Если от приложенного изгибающего момента напряжение в заготовке будет меньше предела текучести материала, т. е. при $\sigma < \sigma_т$, деформация ее окажется упругой. После снятия нагрузки (при выходе заготовки из валков) снимается и деформация; заготовка полностью распрямляется.

Если приложенный изгибающий момент создает напряжения, достигающие предела текучести материала заготовки, т. е. при $\sigma = \sigma_т$ или $\sigma = m\sigma_т$ (где $m > 1$ — относительный изгибающий момент, определяемый по таблицам для данного материала), деформация ее будет пластической и заготовка изгибается.

Таким образом, изгибающий момент (в кгс · м), который надо создать для гибки листов в вальцах, определяется по формуле

$$M = mW\sigma_т = m\frac{bt^2}{6}\sigma_т, \qquad (20)$$

где b — ширина изгибаемого листа, мм;

t — толщина изгибаемого листа, мм.

Следует отметить, что при гибке листов в холодном состоянии любая пластическая деформация сопровождается упругой деформацией. Поэтому при снятии нагрузки происходит одновременно снятие упругой деформации и заготовка немного распрямляется (по сравнению с формой, которая была придана ей в конце процесса гибки). Это явление называют упругим пружинением; оно неизбежно при холодной гибке, и его необходимо учитывать при гибочных работах.

Внутренний радиус изгиба детали (в мм) равен

$$R = \frac{1-2\psi}{2\psi}, \qquad (21)$$

где ψ — поперечное сужение, мм.

Для судостроительных марок стали поперечное сужение условно принимают при деформации удлинения равным 0,2 S.

Поэтому максимальный радиус гиба, при котором остается пластическая деформация (без учета пружинения), будет

$$R_{max} = \frac{1-2\cdot 0{,}002}{2\cdot 0{,}002}t = 250t. \qquad (22)$$

При относительном сужении материала $\psi \geqslant 50\%$

$$R_{min} = 0.$$

Таким образом, теоретически не существует опасного радиуса гиба, при котором произойдет разрушение материала в процессе холодной гибки, и его можно гнуть вплоть до соприкосновения сторон.

При гибке листов в вальцах применяют различные технологические приемы: установку одной или нескольких прокладок, перекос верхнего валка и т. п. Высококвалифицированные гибщики, используя указанные приемы, добиваются гибки в вальцах не только листов одинарной, но и двоякой кривизны (рис. 34, *в*).

На большинстве крупных судостроительных заводов листы двоякой кривизны гнут на гидравлических прессах в универсальных штампах с набором сменных матриц и пуансонов.

Универсальный штамп (рис. 35) состоит из основания с закрепленными на нем матрицедержателями, на которых установлены сменные матрицы. В подвижную часть штампа входит пуансонодержатель, в направляющих которого крепятся сменные пуансоны.

Гибка в универсальном штампе основана на принципе свободного гиба, при котором лист укладывают на две опоры матрицы. Перемещая его в продольном и поперечном направлениях и производя ряд последовательных нажимов пуансоном, листу придают необходимую форму кривизны.

Усилие (в кгс), необходимое для гибки листов на прессе в универсальных штампах, определяют по формуле

$$P = \frac{bt\sigma_т}{l}k_1(1+k_2), \qquad (23)$$

где k_1 — коэффициент, учитывающий пластический изгиб;

k_2 — коэффициент, учитывающий влияние свисающей части листа;

l — расстояние в свету между опорами матриц, мм.

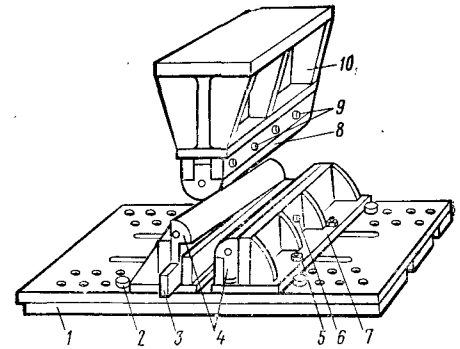


Рис. 35. Универсальный штамп для гибки листов под прессом:

1 — основание; *2* — упор; *3* — подкладка; *4* — сменные матрицы; *5* — болт; *6* — палец; *7* — матрицедержатель; *8* — сменный пуансон; *9* — пальцы; *10* — пуансонодержатель

Гибку листов с углами слома (отфланцовку) можно выполнять на фланцегибочных станках с поворачивающейся плитой (рис. 36, *а*) или перемещающимся валом (рис. 36, *б*). На столе станка лист зажимают плитой в необходимом положении, а выступающую его часть отгибают поворачивающейся плитой или перемещающимся в вертикальных направляющих валом.

Наиболее совершенным оборудованием для гибки листов с углами слома является вертикальный кромкогибочный пресс гильотинного типа. У него вместо нижнего ножа установлена сменная матрица, а вместо верхнего ножа — специальный сменный гибочный нож-пуансон.

Основным видом оборудования для холодной гибки листов одинарной и двоякой кривизны на судостроительных заводах речного флота являются листогибочные станки типа ЛГС. Листы на станках этого типа гнут, прокатывая их между ведущим валком и нажимным диском под большим давлением. В станках можно применять два принципа гибки: свободную гибку и гибку в упор.

Свободную гибку выполняют на двух опорах с последовательным перемещением прокатываемого листа. В процессе свободной гибки лист приобретает одинарную кривизну. По этому принципу на оснастке с радиусным ручьем изгибают листы простой погиби, на оснастке с угловым ручьем отфланцовывают листы, а на оснастке с фигурным ручьем гофрируют листы.

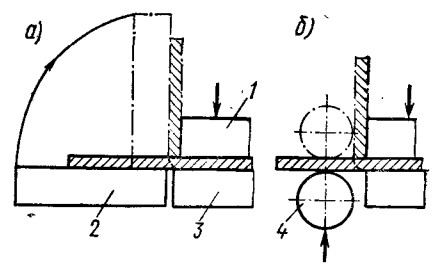


Рис. 36. Схемы фланцегибочных станков:

а — с поворачивающейся плитой; *б* — с перемещающимся валом; *1* — зажимная плита; *2* — поворачивающаяся плита; *3* — стол станка; *4* — перемещающийся вал

При гибке в упор происходит местная вытяжка волокон, распространяемая во всех направлениях

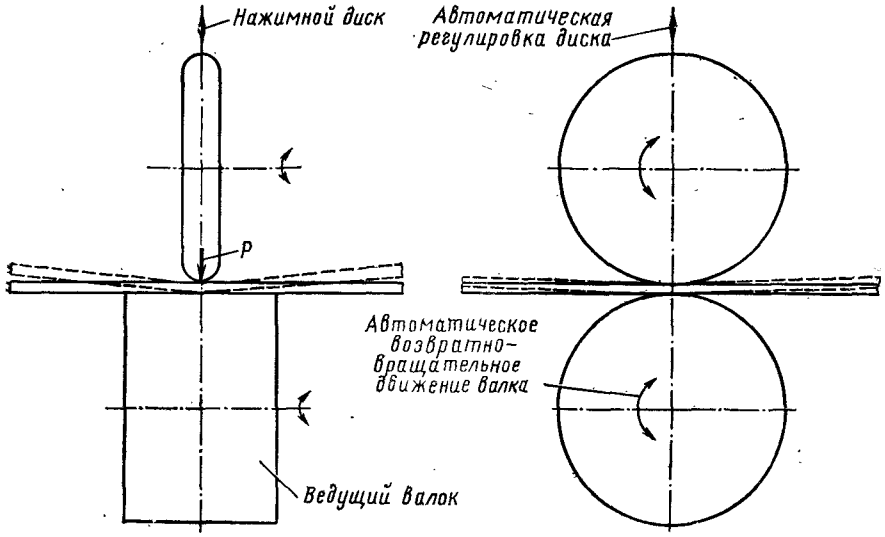


Рис. 37. Схема гибки листа сложной кривизны на станке типа ЛГС

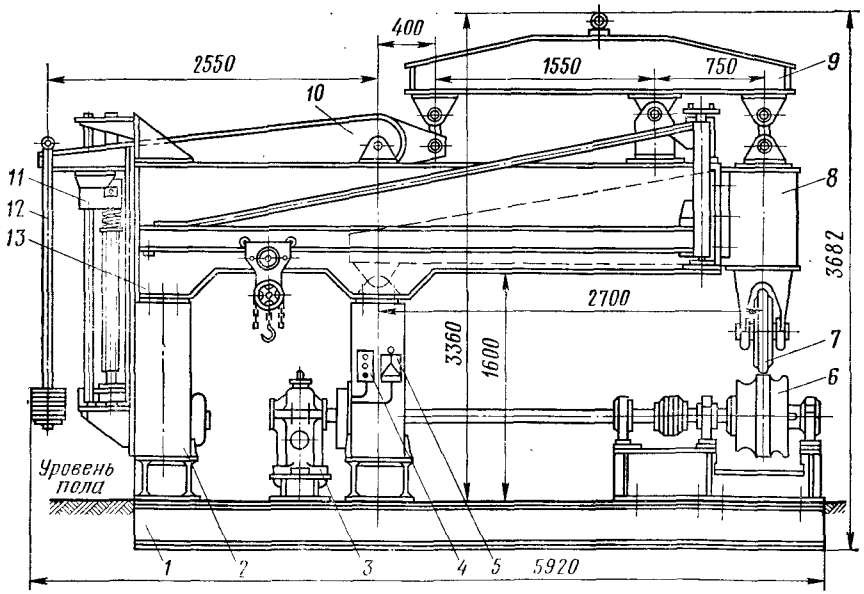


Рис. 38. Листогибочный станок ЛГС-2М:

1 — рама; *2* — стойка; *3* — электропривод ведущего валка; *4* — пульт управления грузоподъемным устройством; *5* — пульт управления вращением ведущего валка; *6* — ведущий валок; *7* — нажимной диск; *8* — траверса; *9, 10* — рычаги; *11* — грузоподъемное устройство; *12* — груз; *13* — продольная балка

(меньше вдоль и больше поперек нажимного диска); лист приобретает двоякую кривизну (рис. 37). Основываясь на этом принципе, на цилиндрической оснастке без ручьев гнут листы сложной погиби.

Станок модели ЛГС-2М (рис. 38) имеет станину, на которой смонтированы ведущий валок с реверсивным электроприводом и поворотная траверса со свободно вращающимся на оси ее кронштейна нажимным диском. Траверса системой рычагов связана с грузом, создающим давление на уложенный на валок лист. Давление регулируют винтовым грузоподъемным устройством. На ведущий валок и нажимной диск станка устанавливают быстросъемную оснастку различной конфигурации: цилиндрическую, с радиусным, угловым или фигурным ручьем.

Включение и реверсирование ведущего валка осуществляют с пульта, а включение и выключение привода грузоподъемного устройства — кнопками.

Станок модели ЛГС-3 (рис. 39) отличается от предыдущего тем, что давление на нажимной диск в нем создает поршень гидравлического цилиндра, работающего от гидропривода.

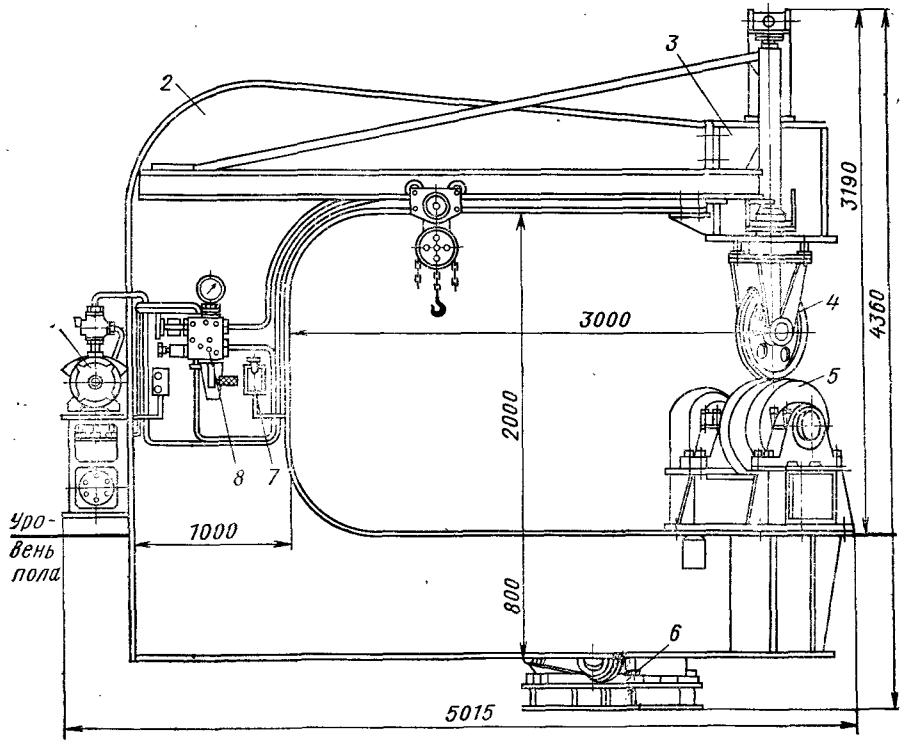


Рис. 39. Листогибочный станок ЛГС-3:

1 — гидропривод нажимного диска; *2* — станина; *3* — гидравлический цилиндр; *4* — нажимной диск; *5* — ведущий валок; *6* — электропривод ведущего валка; *7* — пульт управления вращением валка; *8* — распределитель управления работой гидропривода

Цилиндр закреплен в верхней части скобообразной станины. При большей мощности станка такая форма станины позволила уменьшить вес станка.

Гибку листов сложной погиби на станках типа ЛГС выполняют пооперационно. Вначале прокаткой в поперечном направлении — создают продольную погибь листа, несколько превышающую требуемую (размер перегиба устанавливают опытным путем в зависимости от характера поперечной погиби и габаритов листа). Затем прокатывают лист в продольном направлении до создания необходимой поперечной погиби.

Гибку листов знакопеременной кривизны (типа дейдвудных), имеющих простую или сложную погибь, выполняют раздельно. Сначала указанным ранее способом гнут одну часть листа до линии перегиба, затем лист переворачивают и таким же способом изгибают оставшуюся часть.

Гибку деталей из профильного металла выполняют на кольцегибочных роликовых станках и прессах различных конструкций. Горизонтальный гибочный пресс был приведен на рис. 18. Однако в процессе холодной гибки на таких прессах профили получают ненужные деформации (образование гофр, скручивание) и с трудом поддаются правке. Кроме того, на этих станках трудно механизировать вспомогательные операции.

Возможна гибка профильного металла в специальных штампах на гидравлическом прессе.

Детали с малым радиусом кривизны полкой наружу гнут на станках типа ЛГС прокаткой полки.

§ 13. ОРГАНИЗАЦИЯ КОРПУСНОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Современные судостроительные заводы изготовляют корпусные детали на поточных линиях, где соответствующее оборудование для выполнения рассмотренных выше операций расставлено в технологической последовательности производства работ, а передвижение материалов, полуфабрикатов и деталей по поточной линии осуществляют по самоходным рольгангам в принудительном ритме.

В связи со специфичными условиями корпуснозаготовительных цехов заводов Минречфлота РСФСР (небольшие площади цехов, небольшой объем переработки металла, смешанная программа судостроения и судоремонта) при организации поточных линий исходят из следующего:

передвижение материалов,полуфабрикатов и деталей по поточной линии осуществляют главным образом с помощью кранов, оснащенных быстросъемными электромагнитными или вакуумными захватными приспособлениями;

все основные виды обрабатывающего оборудования (листоправильные вальцы, гильотинные ножницы, пресс-ножницы и др.) оснащают поддерживающими рольгангами для облегчения труда рабочих в процессе обработки деталей;

у каждого рабочего места предусматривают оборудованную площадку для деталей, ожидающих обработки.

Схема организации поточной линии, разработанная для корпуснозаготовительного цеха одного из заводов Минречфлота РСФСР (рис. 40), может служить типовой. По этой схеме склад металла расположен в непосредственной близости к цеху. Листы хранят в пакетах на площадках *49*, а профили — на стеллажах *48*. Склад обслуживает слиповый кран *1*.

На первом участке поточной линии правят, очищают, пассивируют, олифят и сушат листовую сталь. Здесь установлены листоправильные вальцы *5*, кантователи *7* и *11*, дробеметная установка *8* и установка для консервации *9*. Управляют работой всех агрегатов с пульта *4*. Транспортируют лист на этом участке по рольгангам *2*, *3* и *6*.

На втором участке поточной линии вырезают детали с криволинейными кромками из толстолистовой стали. Здесь установлены разметочные столы *15*, газорезательный автомат *19*, раскройный стол *16* для ручной и полуавтоматической газовой резки и стол *17* для зачистки кромок деталей от грата. У стен цеха на этом участке размещены стеллажи *14* для разметочных шаблонов и копир-щитов, в центре — площадки *10* для складирования ожидающих обработки деталей, а в конце поточной линии — площадка *20* для комплектации готовых деталей. Участок обслуживает кран *18*.

На третьем участке поточной линии вырезают все листовые детали с прямолинейными кромками и детали с криволинейными кромками из тонколистовой стали. Здесь установлены гильотинные ножницы *44* и и пресс-ножницы *42*,оснащенные поддерживающими рольгангами *45*. На этом участке расположены площади *43* и *47* для складирования ожидающих обработки деталей. Участок обслуживают поворотный кран *13*, мостовой кран *41* и рольганг *46*.

На четвертом участке поточной линии гнут листовые детали. Здесь установлены кромкогибочный станок *40*, гидравлический пресс *38*, листогибочные вальцы *35* и листогибочный станок ЛГС-2М *33*, вблизи которых соответственно расположены площадки *34*, *36*, *37* и *39* для складирования ожидающих обработки деталей.

На пятом участке поточной линии изготовляют детали из профильной стали. Здесь установлены разметочный стол-рольганг *23*, комбинированные пресс-ножницы *25*, гибочно-рихтовальный станок *29*, оснащенный поддерживающими рольгангами *28*, плита *30* для ручной правки деталей, стол *26* для ручной газовой резки и сверлильный станок *31*. На этом участке расположены площадки *22*, *24* и *27* для складирования ожидающих обработки деталей. Транспортируют профильный металл на участок на самоходной рельсовой тележке *12*.

Четвертый и пятый участки поточной линии обслуживает мостовой кран *32*. Транспортируют изготовленные детали на участок предварительной сборки на самоходной рельсовой тележке *21*.

Все краны оснащены траверсами с вакуумными присосами для транспортировки одиночных листов и захватами для транспортировки профилей.

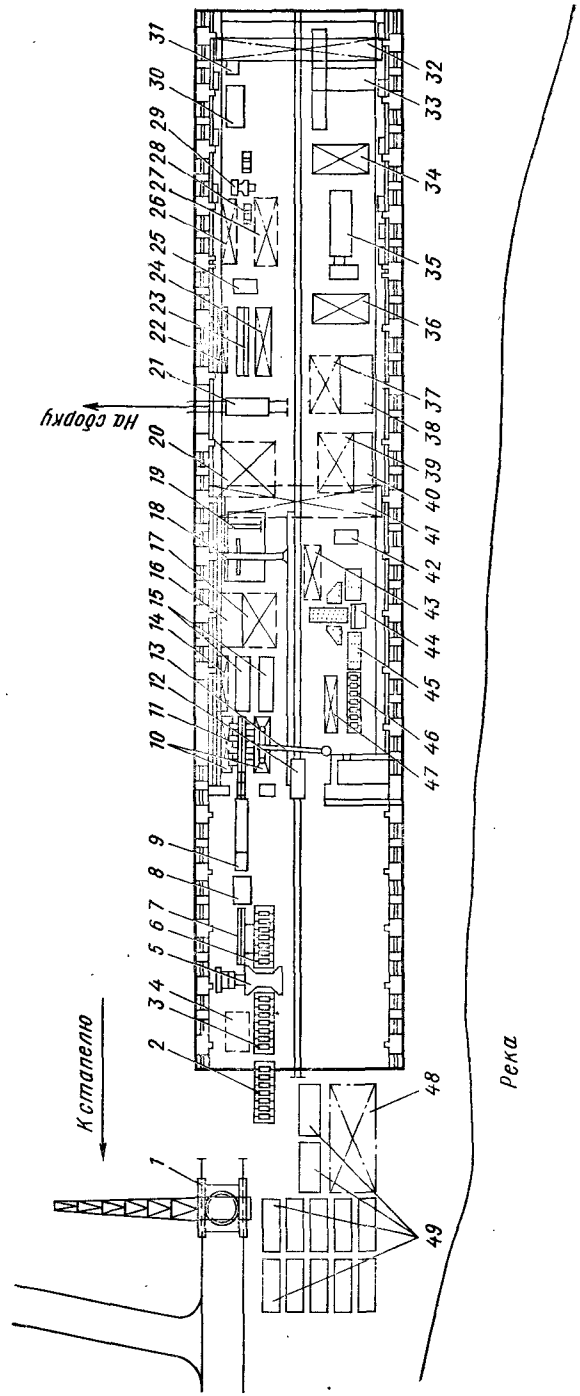


Рис. 40. Схема поточной линии корпусозаготовительного цеха

Глава IV

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ СБОРКА И СВАРКА КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

§ 14. ЭЛЕМЕНТЫ СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА ДЛЯ ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ

Сборочно-сварочные процессы состоят из следующих элементов (операций или их составляющих частей):

основных: разметки мест установки деталей; первичного наведения деталей и проверки их положения; причерчивания для удаления припусков; совмещения кромок и закрепления деталей на прихватки или механическим способом; сварки швов и контроля их качества.

дополнительных: тепловой резки или пневматической рубки при подгонке для удаления припусков; проверки положения и контроля установки деталей и узлов; правки конструкций после сварки.

Трудоемкость этих элементов зависит от сложности сочетаний формы кромок или поверхностей собираемых деталей. Эти сочетания проф. В. Д. Мацкевичем названы *сопряжениями*. Цель сборки корпусных конструкций — промежуточное (до сварки) закрепление собираемых частей конструкции (исполнение сопряжений).

Сопряжения могут быть *простыми* — закрепление стыковых, угловых и тавровых соединений по одной базовой кромке (поверхности), а также *комбинированными* — закрепление соединений по нескольким базовым кромкам одновременно. За базовую кромку принимают ту, с которой не удаляют припуск. Примеры сопряжений деталей изображены на рис. 41.

Основные элементы процесса сборки при изготовлении узлов и секций перечислены в табл. 4. В зависимости от конструктивных типов они могут иметь по трудоемкости разное удельное значение.

Таблица 4

Элементы процесса	Удельная трудоемкость, %		
	Сборка прямых тавровых балок	Сборка плоских полотнищ	Установка набора на полотнище
Установка и ориентирование (включая и разметку)	14	27	10
Первичное наведение и проверка положения	6	16	6
Совмещение и стягивание сопряжения	34	20	49
Проверка и корректировка формы	6	2	1
Закрепление на электроприхватки	40	35	34

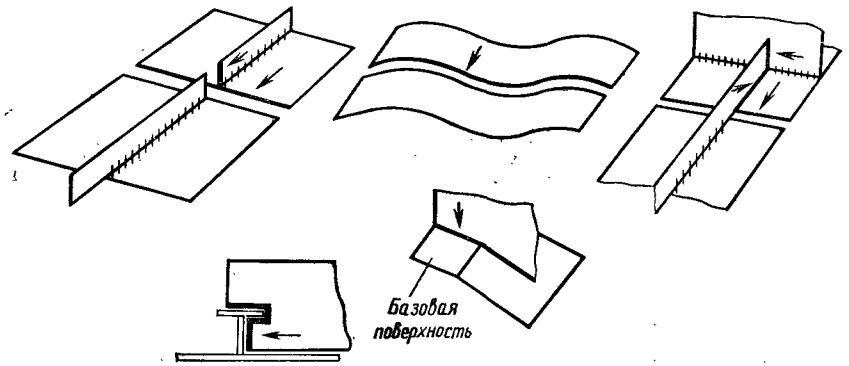


Рис. 41. Типовые сборочные сопряжения

При предварительной сборке блоков секций к основным операциям относят:

подачу секций с наведением и временным закреплением;

проверку положения секций в блоке по крену, дифференту и т. п.;

прирезку и зачистку припусков с доводочными перемещениями секций;

подгонку и обжатие сопряжений в монтажных соединениях.

Наиболее трудоемки операции проверки положения и доводочные перемещения, которые состоят из подготовки приспособлений и перемещений секций в трех направлениях.

Операции резки и подрубки при сборке блоков перешли из дополнительных в основные, так как при малой точности изготовления секций по контуру и при наличии припусков их удельное значение резко возрастет.

Рассмотрим более подробно некоторые операции сборочно-сварочных процессов.

Разметку мест установки деталей можно выполнять простейшими способами (по эскизам или чертежам, по шаблонам и рейкам) и более прогрессивными механизированными методами (фотопроекционным, разметочными машинами с программным управлением и др.). В первом случае в качестве инструмента и приспособлений применяют линейки и стальные рулетки, меловую нитку и отвес, чертилки и кернеры. Во втором случае на крупногабаритных секциях ее выполняют с помощью фотопроекционной установки типа ЭДН-456, а в узлах — автоматической маркировочной установкой (АМУ), снабженной чертилкой вместо пневмокернера.

При создании механизированных поточных линий, сборочно-сварочных агрегатов и станков, совершенных типов сборочной оснастки разметку мест установки стараются исключить совсем за счет применения фиксаторов, прижимов, упоров и других средств. Трудоемкость обычной ручной разметки можно значительно снизить, если постели, кондукторы и сборочные стенды оборудовать специальными базовыми указателями и упорами, снабженными контрольными рисками установочных и базовых линий.

Причерчивание по месту для последующего удаления припуска по одной из стыковых кромок выполняют при помощи специальных циркулей, позволяющих повторить конфигурацию «чистой» кромки на смежной кромке детали с припуском.

Пневматическую рубку выполняют для удаления припусков и при подгонке деталей. Для этого используют поршневые машины ударного действия — пневматические рубильные молотки.

Кроме удаления припусков, пневматическую рубку применяют для зачистки кромок после газовой резки, вырубки корня сварных швов, вырубки дефектных участков сварных швов, зачистки сварных швов после сварки.

Зачистку под сварку кромок выполняют в тех случаях, когда кромки деталей предварительно не очищены. При зачистке удаляют окалину, ржавчину, краску и масляные пятна непосредственно перед сваркой. Зачищают при помощи переносных шлифовальных машин с ротационным двигателем. Для зачистки кромок листов при изготовлении полотнищ шлифовальные машины устанавливают на специальные ручные тележки, перемещаемые за рукоятку вдоль соединений. Инструментом для зачистки служат шлифовальные круги или металлические щетки.

Совмещение кромок и стягивание сопряжений — наиболее ответственные и трудоемкие операции сборки, в особенности в тавровых соединениях. При выполнении этих операций необходимы усилия, обеспечивающие соответствующие перемещения деталей без деформаций.

Сборочные усилия зависят от типа сопряжений и геометрических характеристик элементов конструкции, от точности изготовления подаваемых на сборку узлов, но определяющим фактором являются зазоры между сопрягаемыми деталями и характер закрепления участков деталей вблизи сопряжений.

При появлении в процессе сбора деформаций возникает необходимость увеличения этих усилий.

Типовые случаи стягивания сопряжений при сборке:

стягивание кромок двух смежных листов;

совмещение кромок листов или набора в одну плоскость;

подтягивание листа к набору.

При сборке узлов и секций необходимы усилия для перемещения элементов вдоль опорной поверхности (например, листа по плите), подгонки сопряжений с небольшими деформациями и корректировки формы узла, получившего искажение во время сборки.

При стапельной сборке усилия необходимы для доводочного перемещения секций после обрезки припусков, для подгонки и обжатия сопряжений.

Для проектирования сборочных приспособлений значения сборочных усилий можно определять расчетом или опытными замерами. Приложение их может быть осуществлено по двум схемам (рис. 42): замкнутой или открытой, отличающимся условиями восприятия реакций усилия. При открытой схеме реакции воспринимают опорные

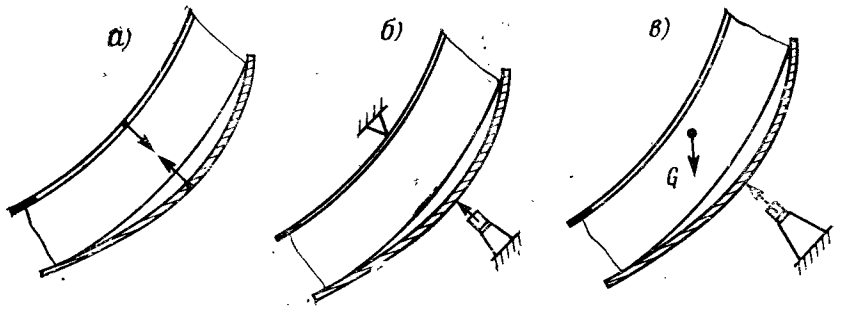


Рис. 42. Схема приложения сборочных усилий:
а — замкнутая; *б, в* — открытая

устройства плит или постели, а в замкнутой схеме реакции воспринимают участки самой конструкции.

В практике чаще всего находит применение замкнутая схема, хотя она и обладает существенными недостатками, так как стягивающие приспособления (скобы и обухи) приходится закреплять к собираемым элементам электроприхватками. На постановку электроприхваток и их удаление затрачивают дополнительную трудоемкость, появляются дефекты в виде вырывов металла или подрезов. Применение присосов (вакуумных или электромагнитных) устраняет указанные недостатки, но требует громоздкого и дорогостоящего оборудования. Держащая сила вакуумных присосов составляет 34—56 кгс, электромагнитных 50—90 кгс на 1 кг их массы. Усовершенствовать электромагнитные приспособления можно за счет уменьшения площадей опорных поверхностей и увеличения держащей силы, а также применения постоянных магнитов.

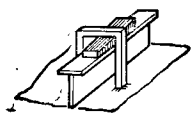
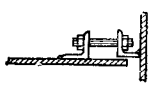
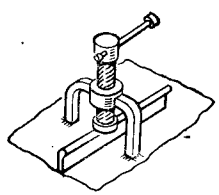
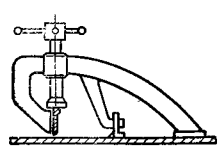
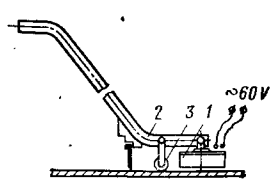
В табл. 5 приведены схемы некоторых универсальных приспособлений для прижима набора в секциях и их характеристики.

В агрегатах и сборочно-сварочных станках применяют открытую схему. На рис. 43 показано создание прижимного усилия в агрегатах ССА-1 для панельной сборки плоскостных секций.

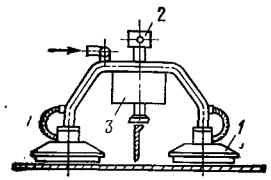
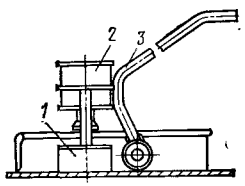
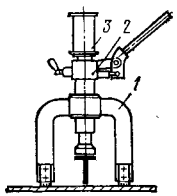
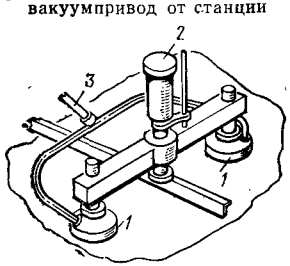
Закрепление деталей при сборке под сварку чаще всего выполняют постановкой электроприхваток (*жесткое соединение*). Размеры и положение электроприхваток зависят от толщины деталей, длина электроприхваток колеблется от 15 до 40 мм, расстояние между ними — от 200 до 400 мм, катет — от 3 до 6 мм. Для предупреждения сварочных деформаций детали закрепляют с помощью сборочных гребенок, струбцин, прижимов или болтов (эластичные соединения). В этом случае возможна некоторая подвижность деталей относительно друг друга.

Гребенки при сборке применяют значительно реже, чем электроприхватки. Целесообразно ставить гребенки при сборке монтажных межсекционных соединений, а также при сварке швов одновременно с двух сторон («дуга в дугу»). При однопроходной сварке стыковых швов под флюсом автоматами типа ТС-32 собирают только на гребенках, которые снимают при приближении автомата, обеспечивая проход ножевого кронштейна в зазоре стыка.

Таблица 5

Приспособление	Способ крепления	Способ создания усилий	Максимальное усилие, тс
Скоба с клином 	Приваркой скобы к листу	Клином	1
Угольники с болтом 	Приваркой угольников	Болтом	1
Скоба с винтом 	Приваркой скобы к листу	Винтом	3
Приспособление «рыбий хвост» 	Приваркой сменного обуха	Винтом	3
Сборочный лом с электромагнитом: *1* — электромагнит; *2* — ломик; *3* — опорный ролик 	Электромагнитом	Ломиком-рычагом	2

Продолжение табл. 5

Приспособление	Способ крепления	Способ создания усилий	Максимальное усилие, тс
Пневмовакуумное приспособление: *1* — присосы; *2* — регулировочный винт; *3* — пневмоцилиндр 	Эжекторными вакуумными присосами	Пневмоцилиндром	1
Пневмомагнитное приспособление: *1* — электромагнит; *2* — пневмоцилиндр; *3* — тележка 	Электромагнитами	Пневмоцилиндром	2,5
Гидроприжим: *1* — скоба; *2* — ручной насос; *3* — гидроцилиндр 	Приваркой скобы	Гидроцилиндром	5—10
Гидродомкрат с вакуумными присосами: *1* — присосы; *2* — гидродомкрат; *3* — вакуумпривод от станции 	Вакуумными присосами	Гидроцилиндром	2,5

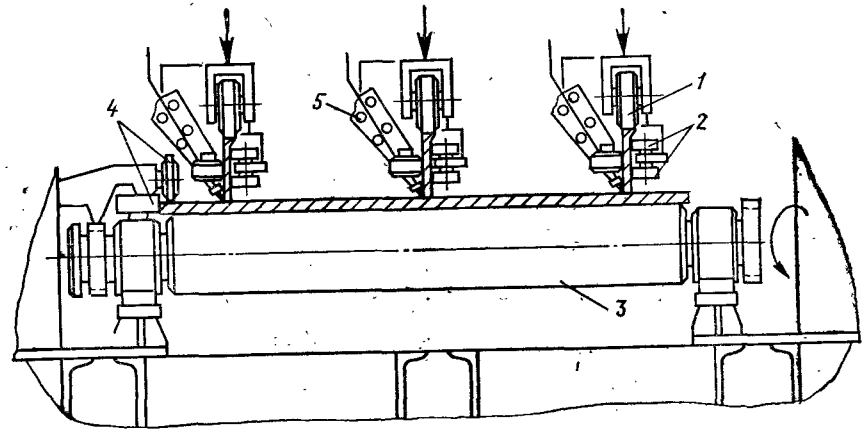


Рис. 43. Схема работы силовых головок на агрегате ССА-1:
1 — прижимной ролик; *2* — направляющие ролики; *3* — опорный вал; *4* — фиксирующие ролики; *5* — сварочная головка

Гребенки (рис. 44) изготовляют из листовых отходов штамповкой. Приваривают их к деталям угловыми швами с одной стороны, чтобы облегчить удаление. После удаления гребенок место приварки их нужно зачистить; не допускаются подрезы, ослабляющие сечения листов.

Сварку соединений в конструкции выполняют в основном механизированными способами (автоматическая сварка под слоем флюса, полуавтоматическая сварка в среде CO_2 и порошковой проволокой, электрошлаковая, односторонняя сварка с формированием обратного шва).

Проверку положения (контроль) деталей и узлов выполняют на различных этапах сборки и сварки с помощью

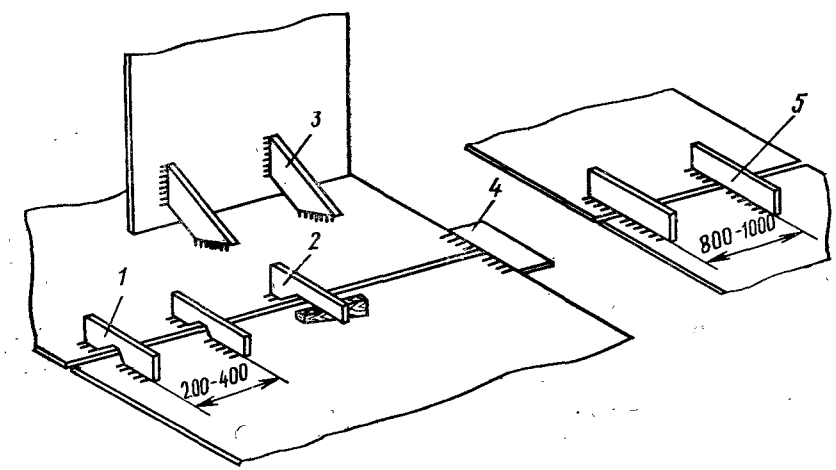


Рис. 44. Гребенки для эластичного соединения деталей:
1 — соединительная; *2* — выравнивающая; *3* — угловая; *4* — выходная; *5* — комбинированная

приспособлений, а также стандартных мерительных инструментов (отвесов, шланговых ватерпасов, угломеров, бухтиномеров и др.).

Правка конструкций после сварки является вынужденной операцией. Правильно спроектированный технологический процесс должен обеспечивать минимальные деформации конструкций и, следовательно, небольшие трудовые затраты на эту операцию.

Правку можно выполнять как механическим *деформированием внешними силами*, так и *тепловым деформированием*.

При деформировании внешними силами в зоне шва создают пластические деформации *растяжения*. Это приводит к выравниванию длины волокон в конструкции и, следовательно, к снятию напряжений и деформаций. Внешние силы, необходимые для растяжения волокон, возникают при вальцовке, штамповке и проковке на плите в холодном состоянии или с нагревом.

При тепловом деформировании выравнивание длин волокон в конструкции происходит за счет создания дополнительных зон *укорочения*. Природа их возникновения при неравномерном нагреве конструкции такая же, как и сварочных укорочений. Нагревать можно газокислородным пламенем, электрической дугой, плазменной струей.

Тепловой способ наиболее распространен, так как не требует громоздкого оборудования, не вызывает повреждений поверхности элементов конструкции, достаточно эффективен и применим при любых размерах конструкции. Однако применение его в конструкции из легированных сталей и алюминиевых сплавов ограничено.

Образование укорочений при тепловом методе можно форсировать искусственным охлаждением (водой, воздухом) или ударами вокруг зоны нагрева. Практика выработала определенные способы нагрева конструкций:

прерывистыми линиями (косыми или параллельными) — при правке ребристости или волнистости свободных кромок;

сплошными линиями (однорядными или двухрядными) — при правке бухтин с большими стрелками прогиба;

треугольниками — при правке балок и волнистости свободных кромок;

пятнами — при правке неподкрепленных больших пластин и полотнищ.

§ 15. УЗЛОВАЯ СБОРКА И СВАРКА

Наиболее простыми элементами предварительной сборки корпуса являются *узлы* — технологически законченные части конструкции, из которых в последующем собирают и сваривают секции или корпус судна.

Узлы состоят из двух и более деталей, составляющих балочные, фундаментные, рамные и бракетные конструкции, а также листовые полотнища. Изготовление их сравнительно легко поддается механизации и автоматизации, в особенности для корпусов плоскодонных судов с большой цилиндрической частью.

Для изготовления узлов, в зависимости от степени механизации, существуют следующие способы:

свободная сборка и сварка;

кондукторная сборка и сварка;

станочная сборка и сварка;

сборка на поточных линиях.

Виды узлов и их изготовление приведены в табл. 6.

Свободную сборку узлов можно выполнять на универсальных сборочных плитах или просто на ровных площадках цеха.

Целесообразность такой сборки может быть оправдана только экономическими соображениями — при очень малой серии строительства судов. В большинстве же случаев свободную сборку следует заменять на кондукторную или станочную, при которых экономия труда составляет более 40%.

При свободной сборке все операции выполняют вручную.

В процессе свободной сборки выполняют следующие операции:

разметку установочных линий;

установку деталей по рискам разметки;

стягивание сопряжений для обеспечения сварочных зазоров;

проверку и корректировку положения деталей;

прихватку деталей друг с другом.

Процесс сварки узлов связан с кантовкой их в удобное для сварки положение.

Узлы, имеющие сложные обводы (рамки, бракеты, скелетный набор и др.), проверяют при сборке по шаблонам или рабочему плазу, однако точность изготовления при этом невысока. При свободной сборке для повышения производительности труда и качества применимы временные переносные приспособления (упоры, фиксаторы, струбцины и др.). При свободной сборке и сварке допускаются следующие отклонения: смещение стенок и ребер ± 2 мм на 1 м длины, перекос поясков 4 мм, волнистость стенок ± 2 мм на 1 м длины, изменение длины и ширины узла ± 2 мм; неперпендикулярность элементов ± 3 мм при высоте стенки до 0,5 м и ± 4 мм — при большей высоте; отклонение криволинейных кромок от шаблона ± 2 мм.

Наиболее применимые приемы уменьшения сварочных деформаций:

придание обратных «выгибов» (изгиб узла в сторону, обратную ожидаемым деформациям);

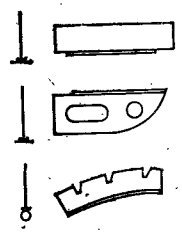
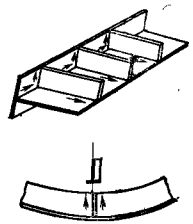
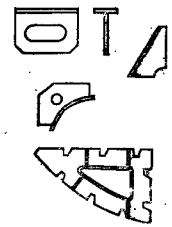
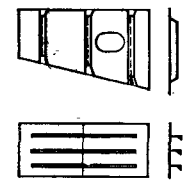
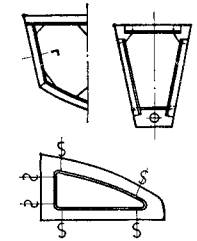
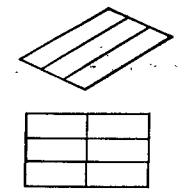
закрепление к жесткой плите при сварке;

назначение оптимального порядка выполнения сварки (одновременная работа нескольких сварщиков, сварка «вразброс» или обратноступенчатыми швами, от середины к концам и др.).

Кондукторную сборку узлов, как правило, выполняют без разметки и прихватки элементов; при этом устраняется необходимость удерживать детали при наведении и проверке положения.

Кондуктор — это приспособление или устройство, позволяющее закреплять детали узла относительно друг друга в нужном положении, стягивать и удерживать их от свободного перемещения во время сварки; строго контролировать геометрические параметры узла.

Таблица 6

Наименование	Вид узла: Балки прямолинейные и малой кривизны	Балки с поперечными ребрами	Короткие бракеты, тавры и киицы	Широкие полосы и паиели	Рамки из полос и профилей	Листовые полотнища
Эскиз узла						
Технологические особенности	Сваривать можно в удобном положении	Затруднение в сварке под флюсом из-за наличия вертикальных швов	Механизировать сварочный процесс сложно	Узлы имеют не только общие, но и местные деформации	Трудно механизировать процесс изготовления	Может быть изготовлен как узел, идущий на последующую сборку, или как базовый узел при сборке секции
Способы сборки	Свободная сборка. Сборка в кондукторе. Сборка на станках	Свободная сборка. Сочетание станочной и свободной сборки	Свободная сборка. Кондукторная сборка	Свободная сборка. Станочная сборка	Свободная сборка на рабочем плазе. Кондукторная сборка	Свободная сборка. Сборка на магнитных стендах
Механизированные способы сварки	Сварка под флюсом. Ручная сварка наклонным электродом	Сварка под флюсом и в среде CO_2	Сварка под флюсом, в среде CO_2 и порошковой проволокой	Автоматическая и полуавтоматическая сварка в CO_2 и под флюсом	Полуавтоматическая сварка в среде CO_2	Автоматическая сварка под флюсом за один или несколько проходов

При сборке в кондукторе уменьшаются сварочные деформации на 20—30% по сравнению с свободной сборкой и сваркой узлов.

При больших сериях строительства судов используют специализированные кондукторы, при малых — универсальные и быстро переналаживаемые.

На рис. 45, *а* изображена кондукторная сборка тавровых балок с применением простых винтовых прижимов. Более совершенны кондукторы, снабженные электромагнитами для удержания стенок узла пневматическими или гидравлическими прижимами для стягивания сопряжений стенок с поясками (рис. 45, *б*).

В условиях мелкосерийного производства целесообразно иметь быстропереналаживаемые кондукторы, позволяющие собирать и сваривать разнотипные узлы.

Для поворота узлов у некоторых типов кондукторов предусмотрены устройства — кантователи и манипуляторы.

Сварочные деформации при кондукторной сборке и сварке уменьшают:

созданием упругих обратных выгибов деталей;

жестким закреплением деталей к массивным конструкциям кондуктора;

рационально назначенной последовательностью сварки;

уменьшением погонной энергии при сварке.

Станочная сборка и сварка узлов является наиболее прогрессивной. Однако для ее осуществления требуются определенные условия и, прежде всего, достаточно большая серийность изделий. Станочное изготовление узлов отличается высокой производительностью, достигаемой за счет механизации операций, а также за счет совмещения сборки и сварки в единый процесс. Удельное значение механизируемых операций достигает 80%, что позволяет повысить по сравнению с кондукторной сборкой производительность более чем в 2 раза.

Примером станочной сборки и сварки узлов является изготовление сварных балок на станке СТС-2М (рис. 46) и панелей на агрегате ССА-1 (см. рис. 43).

При работе станка СТС-2М взаимная наводка и стягивание сопряжений производятся системой роликов. Нажимное усилие создают

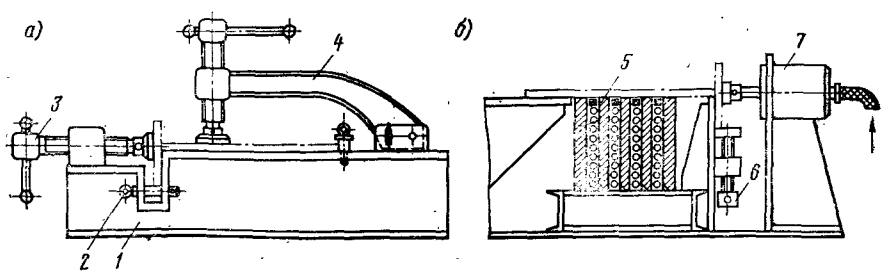


Рис. 45. Кондукторы для сборки тавровых балок:

а — с винтовыми прижимами; *б* — пневмоэлектромагнитный; *1* — основание; *2* — ограничитель; *3* — винтовой прижим; *4* — откидная струбцина; *5* — электромагнит; *6* — ограничитель винтовой; *7* — пневмоприжим

установкой пружинных и пневматических механизмов. Сваривают тавровую балку, две головки одновременно. Станок позволяет собирать и сваривать балки с небольшой кривизной. При этом за счет подъема и опускания концов балок на опорах специальных тележек создается наивыгоднейшее по условиям формирования шва положение балки относительно сварочных головок.

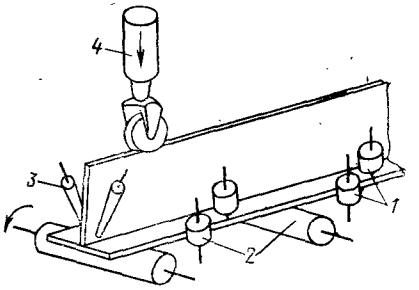


Рис. 46. Схема работы станка СТС-2М:

1 — направляющие ролики; *2* — приводные опорные ролики; *3* — сварочные головки; *4* — нажимной ролик

Агрегат ССА-1 обеспечивает сборку и сварку панелей, состоящих из двух листов и трех ребер жесткости. Панели являются узлами, из которых в дальнейшем формируют плоскостные секции. Установку и обжатие листов и ребер жесткости осуществляет роликовый прокатный механизм. Сварку под флюсом выполняют три автоматические головки типа А-874 одновременно при движении панели под порталом со скоростью сварки.

Сборка и сварка узлов на поточных линиях позволяет комплексно механизировать процессы, т. е. охватить механизацией все операции процесса (основные и вспомогательные) и, кроме того, создать согласованную по времени производительность звеньев в этой линии.

В судостроении разработаны и внедряются в сборочно-сварочное производство поточные линии для механизированной сборки и сварки тавровых балок (прямолинейных и криволинейных) и линии сборки и сварки плоских листовых полотнищ.

Типовая схема комплексно-механизированной линии изготовления прямолинейных и криволинейных тавровых балок составлена из станков СТС-2М, рольгангов и направляющих тележек для подачи узла в станки, правильного пресса и специальных перегружателей для его обслуживания, укладчиков и транспортных манипуляторов для установки балок в кассеты.

Значительный объем работ при узловой сборке и сварке падает на изготовление полотнищ из листов. Полотнища, как правило, изготовляют на комплексно-механизированных поточных линиях, состоящих из пяти позиций.

Такая линия позволяет в 2,5 раза увеличить производительность и повысить уровень механизации до 85%. Работа на отдельных позициях характеризуется следующими операциями.

I позиция. С помощью специального листоукладчика с вакуумными присосами комплектуют и раскладывают листы на плите по упорам; разглаживают, обжимают кромки при помощи катучих балок с пневмоприжимами и прихватывают; для предупреждения дефектов швов на концах соединений устанавливают выходные планки.

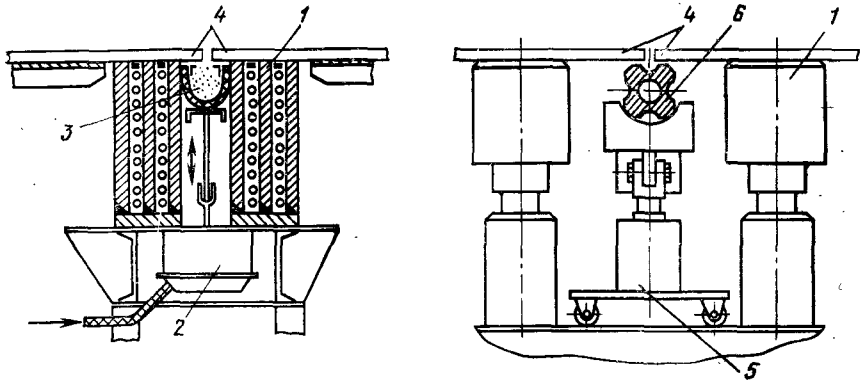


Рис. 47. Формирующие устройства магнитных стендов:
1 — магниты; *2* — пневмоподъемник; *3* — флюсовая подушка; *4* — свариваемые листы; *5* — гидроподъемник; *6* — формирующая медная подкладка

II позиция. Выполняют автоматическую сварку пазовых соединений листов. Для предупреждения вытекания металла из сварочной ванны эта позиция имеет флюсовые подушки (рис. 47, *а*) или формирующие (рис. 47, *б*) медные подкладки. Полотнища на эту позицию подают роликовым рольгангом.

Подкладку для формирования обратного шва применяют на магнитных стендах и значительно реже на стендах с механическими устройствами для совмещения кромок и прижатия их к подкладке.

При сварке полотнищ появляются местные деформации — бухтиноватости и «домики» (угловые деформации по концам сварных соединений). Для уменьшения этих деформаций рекомендуется установка вдоль соединения технологических грузов, закрепление концов сварных соединений к сборочным плитам (коротышами, клиньями или струбцинами), назначение рациональной последовательности сварки и др.

Деформацию полотнищ устраняют правкой.

III позиция. У полотнищ, состоящих из нескольких листов в одном ряду, прирезают стыковые кромки газорезательной переносной машиной. Затем сваривают стыки автоматов на флюсовой подушке.

IV позиция. Полотнище перемещают на кантователь и кантуют.

V позиция. Контролируют швы на непроницаемость (промазыванием керосином) и выявляют внутренние дефекты гамма-и рентгенографированием, ультразвуком и т. д.

Рассматривая технологические процессы узловой сборки, нетрудно видеть, что даже при постройке судов малыми сериями на участке узловой сборки можно организовать комплексно-механизированные линии, т. е. экономически целесообразно применять более совершенные механизмы и автоматы, что в сочетании с унификацией элементов конструкции создает предпосылки для перехода к централизованному изготовлению однотипных узлов, к расширению кооперирования между заводами.

§ 16. СБОРКА И СВАРКА СЕКЦИЙ

Сборка и сварка секций корпуса и надстроек — основные процессы постройки судна. Трудоемкость изготовления секций составляет более половины от общей трудоемкости сборки и сварки корпуса.

Технологическая оснастка для изготовления секций. Расчленение корпуса на секции и установка их в удобное для сборки положение определили потребность в такой технологической оснастке, которая бы создавала базовую опору и фиксировала сложные обводы судового корпуса, обеспечивала взаимозаменяемость всех изготовляемых на ней секций. Основными видами оснастки для изготовления секций являются стенды, постели и кондукторы, снабженные различными приспособлениями и переносными средствами механизации. Их сложность и конструктивные особенности определяют прежде всего опорные поверхности секции. Если эта поверхность плоская, то для сборки и сварки секций достаточно иметь *ровные площадки* или *плиты*, позволяющие устанавливать на них различные приспособления (упоры, фиксаторы и др.).

Для сборки секций с неплоскими опорными поверхностями необходимы *стенды* и *постели*, снабженные лекалами (сменными или постоянными) с формой обводов соответствующих шпангоутов и продольных сечений корпуса.

При сборке объемных секций с очень сложными обводами в качестве опорных устройств применяют *кондукторы*, воспроизводящие также форму обводов корпуса.

Сборочные плиты изготовлены в виде ровных металлических поверхностей, образованных листовым или профильным прокатом, возвышающихся на 500—600 мм над уровнем пола цеха. За последние годы стали применять сборочные плиты с железобетонным основанием, что позволяет экономить металл.

Пазы сборочных плит используют для установки приспособлений и инструмента, применяемых при сборке. Часто на плитах устанавливают подкладки и упоры для образования определенных обводов собираемых секций. Тогда плита превращается в простейшую постель для сборки и сварки секций одного типа.

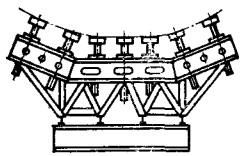
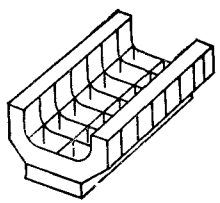
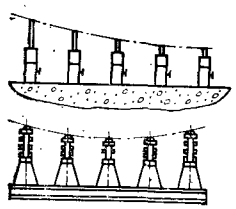
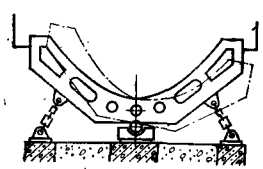
Постели являются сложными и металлоемкими изделиями. Поэтому перед проектированием обосновывается экономическая целесообразность применения того или иного вида постели: при крупносерийной постройке судов конструкции постелей более массивные, предназначенные для многократного использования; при малосерийной постройке — облегченные и универсальные.

В табл. 7. даны характеристики основных видов постелей.

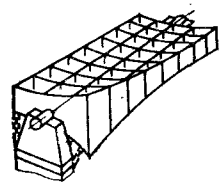
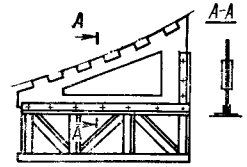
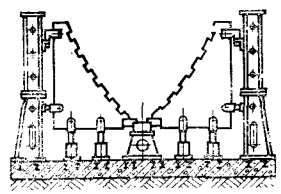
Кроме рассмотренных в табл. 7, в практике судостроения могут встретиться и другие виды постелей. Основное направление при их проектировании: унификация, сокращение расходов металла, достижение быстроты переналадки и уменьшение трудоемкости при изготовлении.

Кондукторы и стапель-кондукторы предназначены для сборки и сварки объемных секций оконечностей и бло-

Таблица 7

Наименование и эскиз	Способ образования рабочей поверхности	Особенности конструкции
Универсальная постель 	С помощью винтовых домкратов с опорными призмами	Постель состоит из блоков, перемещаемых по продольным рельсам и закрепляемых к ним башмаками
Постель с постоянными лекалами 	Из постоянных лекал, изготовленных из листов или профиля для одного типа секций	Постель состоит из лекал поперечного и продольного набора, смонтирована на общей металлической раме
Стоечные и коксовые постели 	Из сменных или подвижных стоек (коксов), быстро переналаживаемых	Стойки закрепляют либо на постоянных местах на плитах, либо делают переносными на металлических тумбах
Качающаяся постель 	Из постоянных лекал	Постель может наклоняться на 20—30° для удобства сварки

Продолжение табл. 7

Наименование и эскиз	Способ образования рабочей поверхности	Особенности конструкции
Поворотная двусторонняя постель 	Из постоянных лекал, которые создают конфигурацию секции левого и правого бортов	Лекала сварены в общую конструкцию, по центру тяжести которой приварены цапфы из труб для поворота
Постель кассетного типа 	Из сменных поперечных лекал	Лекала при замене вкладывают в кассеты (пазы) каркасного основания постели
Разборная постель с унифицированными элементами 	Из сменных поперечных лекал	Постель состоит из базовых колонн, средних подбалочных опор, кронштейнов, подлекальных домкратов, продольных балок, на которых закреплены лекала

ков секций. Кондукторы воспроизводят требуемые (лекальные) обводы, а также обеспечивают возможность установки и контроля узлов, плоскостных секций и подсекций, из которых собирают объемные конструкции. Кондукторы, предназначенные для сборки объемных секций форпика и ахтерпика, оборудованы специальными устройствами для центровки вертикальных и горизонтальных струн, представляющих осевые линии валопровода и баллеров рулей, а также для проверки вертикальности форштевня. В кондукторах устанавливают значительно меньшее число лекал, образующих базовую поверхность, так как подаваемые на сборку узлы, секции и подсекции имеют значительную жесткость и в большом количестве опор не нуждаются.

На рис. 48 изображен универсальный стапель-кондуктор для сборки блоков секций. Такой кондуктор обеспечивает установку бортовых

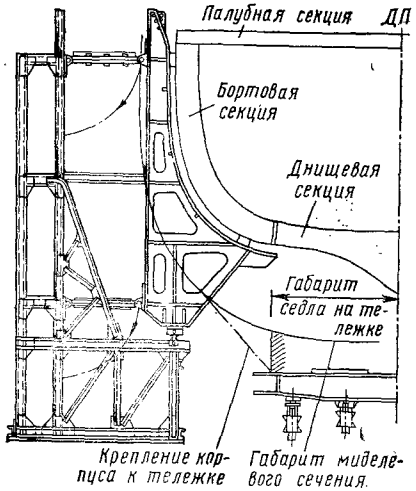


Рис. 48. Стапель-кондуктор

секций блока на днищевые, которые подаются на специальных тележках. Кондуктор состоит из ферм-лекал, опирающихся и укрепленных на стойках и опорах башни. Ферма-лекало при помощи серег соединяется шарнирно с вертикальными стойками башни—это позволяет убирать фермы за габариты секции опусканием фермы вниз и в сторону.

Приспособления, которыми оснащают сборочные плиты, постели и кондукторы, бывают постоянные и переносные. Постоянные приспособления обеспечивают прижим и фиксацию положения кромок листов (рис. 49, *а*), прижим концов набора (рис. 49, *б*) и фиксацию положения концов набора относительно кромок обшивки (рис. 49, *в*). К этим приспособлениям также относятся ограничительные упоры (бобышки), разметочные планки и др.

Переносные приспособления обеспечивают стягивание сопряжений внутри секций. Для прижима набора используют приспособления, указанные в табл. 5. Для подтягивания обшивки к лекалам стенда применяют винтовые или гидравлические талрепы с приварными обухами.

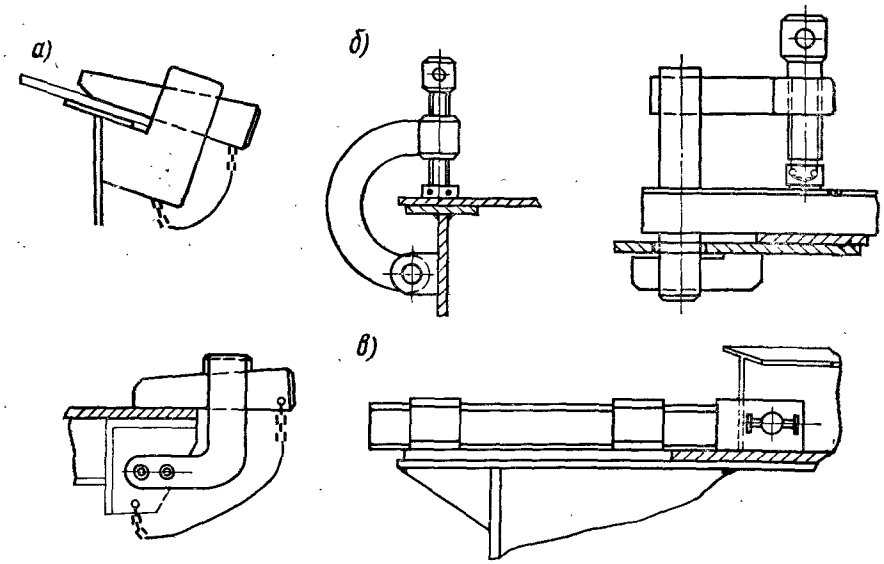


Рис. 49. Приспособления сборочных плит и постелей

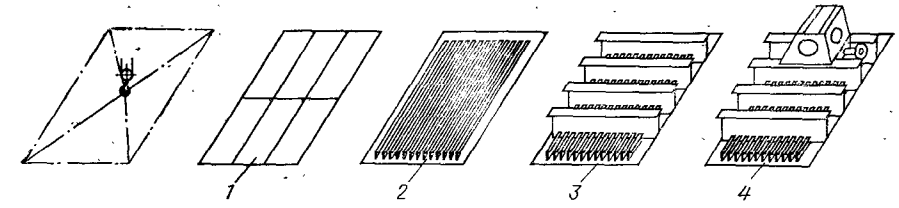


Рис. 50. Схема раздельной сборки и сварки секций:

1 — сборка и автоматическая сварка полотнища; *2* — сборка и автоматическая сварка набора главного направления; *3* — сборка и полуавтоматическая сварка набора второго направления; *4* — насыщение секции

Изготовление плоскостных секций. Возможность механизированного изготовления плоскостных секций определяется формой базовой поверхности (плоской или лекальной) и схемой набора (одного или двух направлений).

Наиболее удобно механизировать сварку плоскостных секций без погиби или с незначительной погибью (типа палубных) — плоских секций. Для изготовления таких секций применяют:

раздельный метод сборки и сварки;

метод «протаскивания» набора главного направления;

метод одновременной установки набора двух направлений.

Раздельный метод предусматривает последовательное (раздельное) выполнение сборки и сварки: сначала набора главного направления, а затем—перекрестного (рис. 50).

Такая последовательность приварки набора к обшивке увеличивает объем автоматической сварки и, кроме того, позволяет снизить сварочные деформации. Конструкция поперечного набора должна предусматривать свободное «надевание» его сверху на ребра жесткости.

Метод «протаскивания» набора главного направления состоит в том, что вначале на полотнище устанавливают рамный набор и приваривают его автоматом, затем протаскивают набор главного направления через вырезы в рамном наборе, выполненные по профилю ребер, и приваривают его к обшивке полуавтоматом в среде углекислого газа или под слоем флюса.

Метод одновременной установки набора двух направлений при изготовлении плоских секций является наименее совершенным, так как применение высокопроизводительных сварочных автоматов ограничено. В этом случае предусматривается ручная или полуавтоматическая сварка набора между собой и к полотнищу. Метод применим на секциях, имеющих высоту балок набора главного направления, одинаковую с перекрестными балками.

Секции с поверхностью сложной кривизны условно называют *лекальными секциями*. Их сборку и сварку трудно механизировать; как правило, это выполняют на том же стенде, где собирают всю секцию. Подваривают полотнища после окончательной сборки и сварки набора в секции. Набор по разметке устанавливают одновременно по двум направлениям.

Чтобы увеличить объем автоматической сварки, лекальные секции собирают на качающихся постелях. Но при этом лишь отдельные

участки сваривают автоматом, продолжение швов приходится сваривать вручную или полуавтоматом в среде CO_2 (например, в скуловых секциях).

В табл. 8. приведен типовой технологический процесс изготовления лекальных секций.

Для сборки и сварки плоских секций в последние годы все чаще организуют поточные линии. Рассмотрим в качестве примера (рис. 51) действующую на заводах поточную линию для изготовления плоских секций с продольным и поперечным набором.

Линия состоит из шести позиций, объединенных общей сборочно-сварочной плитой и обслуживаемых четырьмя порталами.

На I позиции листы комплектуют и раскладывают в полотнища с помощью листоукладчика, оснащенного вакуумными захватами.

На II позиции в пазах плиты установлены перемещающиеся продольные и поперечные флюсовые подушки, позволяющие сварить пазы и стыки полотнища автоматом тракторного типа.

На III позиции устанавливают и прихватывают продольные ребра жесткости, обжимают их при сборке гидроприжимом, перемещающимся на портале в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

На IV позиции приваривают ребра жесткости четырехдуговым сварочным агрегатом, установленным на портале. Агрегат может разворачиваться на 180° и перемещаться вдоль портала, что исключает холостые пробеги.

На V позиции устанавливают, прихватывают и приваривают рамный набор. Обжим и удержание при прихватке набора обеспечивает гидроприжим на портале.

На VI позиции подваривают стыки и пазы после кантовки секций с помощью цехового крана. Здесь же контролируют качество швов.

Перемещение полотнища и секции по линии осуществляют с помощью приводных рольгангов, встроенных в сборочно-сварочную плиту линии.

К недостаткам рассмотренной поточной линии следует отнести необходимость кантования и подваривания стыков и пазов при изготовлении секции, а также несовершенство средств механизации для прижима набора.

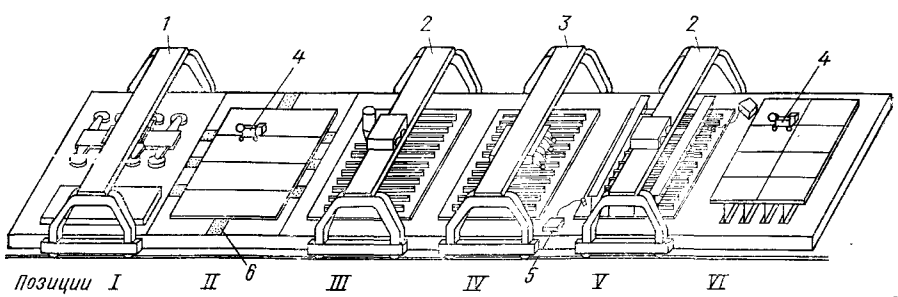


Рис. 51. Поточная линия сборки и сварки плоскостных секций:
1 — листоукладчик; *2* — порталы с гидроприжимом; *3* — четырехдуговой сварочный портал; *4* — сварочный трактор; *5* — шланговый полуавтомат; *6* — флюсовая подушка или медная подкладка

Таблица 8

Очередность операций и переходов	Оснастка и приспособления	Технические требования
1. Раскладка листов полотнища	Постель, кран, механические захваты	Неприлегание листов к рабочей поверхности не более 2 мм по контуру и до 6 мм в остальных местах. Возвышение кромок листов при сборке в соединении не более 1 мм
2. Сборка листов на электроприхватках по стыкам и пазам	Пневмозубило, газовый резак, сварочный пост	
3. Сварка стыковых пазов на «весу»	Автомат, полуавтомат, сварочный пост	
4. Разметка линий установки набора и линии ДП	Шнур меловой, рейка с плаза, разметочные планки постели	При разметке линий набора отклонение от теоретических не должно превышать ±1 мм
5. Установка по разметке низких балок набора главного направления	Кран, захваты, сборочные приспособления, газовый резак	Смещение продольного и поперечного набора от линии разметки не более ±2 мм
6. Последовательная установка поперечных и продольных высоких балок	Кран, захваты, сборочные приспособления, газовый резак	Несовпадение стенок набора, разделяемых перекрестными стенками, не более половины их толщины
7. Последовательно-ячейковая сварка набора между собой и к полотнищу	Полуавтомат, пост ручной сварки	
8. Кантование секций и вырубка контрольных канавок швов	Захваты, специальные стропы, пневмозубило	При кантовании не допускается местное деформирование или вырывы на местах приварки обухов. Не допускаются подрезы сварных швов
9. Подварка стыков и пазов	Автомат, полуавтомат, пост ручной сварки	
10. Правка местных деформаций	Газовая горелка, шланги водяного охлаждения	
11. Контроль швов	Лупа, гамма-или рентгеноустановки	

При изготовлении плоскостных секций возникают сварочные деформации (общий изгиб и бухтиноватость). У лекальных секций они меньше вследствие большой жесткости криволинейных листов, у плоских секций, как правило, превосходят допустимые пределы. Поэтому приходится разрабатывать и применять особые технологические мероприятия по предупреждению деформаций.

К их числу относят:

1) придание опорной поверхности постели обратных выгибов; развал постели, если ожидается прогиб середины секции и задирание концов; прогиб середины постели, если ожидается выгиб секции выпуклостью вверх;

2) придание набору обратного выгиба, который компенсирует сварочную деформацию изгиба секций. Выгиб набора также способствует созданию в полотнище растягивающих усилий, что приводит к уменьшению бухтиноватости. Недостаток этого мероприятия — при сборке полотнище секции отходит от опорной поверхности и ухудшает теплоотвод от зоны шва;

3) назначение оптимального порядка сварки набора между собой и к полотнищу. При сварке секций с набором двух направлений следует применять последовательно-ячейковый способ, при котором вначале выполняют швы в пределах одной ячейки, образованной перекрещивающимся набором, затем переходят к следующей. Выдерживается общее направление перемещения сварщика от середины к концам секции. При таком способе укорочение конструкции от отдельных швов происходит более равномерно. Вертикальные швы пересечения высоких балок рекомендуется сваривать в направлении от полотнища к пояску, чтобы компенсировать общий изгиб, полученный при приварке набора к полотнищу;

4) применение грузов для предотвращения угловых деформаций обшивки. Грузы следует располагать по возможности ближе к швам.

Точность изготовления плоскостных секций во многом определяется точностью подаваемых на сборку деталей, а также оснащенностью стендов и постелей средствами контроля контура секции и положения концов набора. Существующие методы обработки деталей и методы сборки очень редко обеспечивают изготовление даже плоских секций «в чистый размер». После окончания сварки плоскостные секции приходится контурировать, чтобы обеспечить последующую сборку их на стапеле без подгонки по контуру. Контурование осуществляют по шаблонам или контрольным точкам, построенным по данным плаза. Припуски удаляют переносными газорезательными секаторами или ручными резаками.

Контуровка секций на участке предварительной сборки значительно сокращает трудоемкость работ на стапеле.

Иногда вместо контуровки целесообразно изготовлять секции, предварительно стыкуя их со смежными. В этом случае рабочую поверхность постели готовят сразу же для размещения на ней двух секций: на одной половине постели собирают секции, на другой — сваривают. Количество рабочих устанавливают из расчета, чтобы циклы сборки

и сварки были одинаковыми. После сборки первой секции ее передвигают по постели на рабочее место для сварки. На освободившейся части постели закладывают вторую секцию и стыкуют ее с первой на временных прихватках или на гребенках. Сварив первую секцию, ее отделяют от второй, а собранную вторую секцию перемещают для сварки. Освободившееся место на постели от второй секции используют для сборки третьей секции и т. д.

При таком предварительном стыковании секции не обезличиваются если они даже являются однотипными. На стапель должны поступать смежные секции, прошедшие этап предварительного стыкования. Недостатки метода — увеличение площади, занимаемой под постель, и трудность в достижении одинакового цикла сборки и сварки.

Изготовление полуобъемных секций. Полуобъемные секции могут быть замкнутыми, например секции днища со вторым дном, и открытые плоские или лекальные (секции машинного отделения или секции днища оконечностей).

Технологическая оснастка для изготовления этих секций мало отличается от оснастки для сборки плоскостных секций. Технологические процессы сборки и сварки тоже близки по характеру к процессам изготовления плоскостных секций. Однако полуобъемные секции обладают большой жесткостью и устранить появляющиеся при изготовлении их общие деформации изгиба становится невозможно (без разрезов). Поэтому при разработке технологического процесса следует расчетом определить ожидаемые сварочные деформации. Если расчет показывает, что чередованием сборки и сварки существенно уменьшить сварочные деформации невозможно, то следует придавать секции обратный выгиб за счет «искажения» лекал постели или основания стенда. При этом обратный выгиб обеспечивают за счет зазоров при сборке.

Наиболее трудоемко изготовление замкнутых секций. При сборке и сварке в малых замкнутых отсеках создаются крайне неблагоприятные гигиенические условия для исполнителей, поэтому такие отсеки необходимо обеспечивать достаточно мощной вентиляцией.

Технологические процессы сборки и сварки днищевых секций отличаются методом изготовления полотнищ и способом соединения набора. Сборку днищевых секций можно начинать с укладки либо полотнища днищевой обшивки, либо настила второго дна («вверх килем»).

Наиболее благоприятные варианты с точки зрения уменьшения сварочных деформаций показаны на схемах рис. 52. В этих вариантах на соответствующих этапах набор с наружной обшивкой и с настилом второго дна крепят эластичными соединениями, так как при сварке вертикальных швов перекрытий возникают большие поперечные укорочения. После сварки и установки элементов насыщения производится при необходимости правка бухтин и волнистости кромок, контролируются швы и устраняются дефекты. Затем секции контуруют и удаляют припуски.

Изготовление объемных секций. Объемные секции формируют из отдельных деталей, узлов, плоскостных и полуобъемных секций. Существуют два принципиально различных способа сборки объемных

секций: на плоских опорных поверхностях стендов или постелей и на лекальных опорных поверхностях в кондукторах.

В первом случае форму обводов создает сама конструкция, составленная из продольного и поперечного набора секции (она может быть искажена за счет сварочных деформаций); во втором случае — опорная поверхность кондуктора. Недостаток второго метода — большая стоимость и металлоемкость кондуктора. Кроме того, при больших отклонениях погиба листов, подаваемых на сборку, возникают затруднения в установке их в кондуктор. Добившись стягиванием прилегания листов к поверхности кондуктора, после сварки обшивки много усилий тратят на установку набора на деформированную в процессе сварки поверхность. Практически приходится вести двойной процесс сборки сопряжений обшивки: сначала с лекалами кондуктора, затем — с набором самой секции.

Объемные секции с плоскими базовыми поверхностями собирают, как правило, вверх килем на простейших стендах в тех случаях, когда количество судов в серии невелико и секции ограничены достаточно жесткими сборочными элементами (переборками, рамным набором и др.) При этом соблюдают следующие условия:

поперечный набор собирают и сваривают предварительно в замкнутые рамки и полурамки;

первой при сборке укладывают плоскостную базовую секцию;

первые швы стыковых соединений обшивки выполняют со стороны набора (для создания удобства вырубки контрольной канавки снаружи);

при сварке набора с обшивкой в нижнем положении секцию «подкантовывают» с помощью крана.

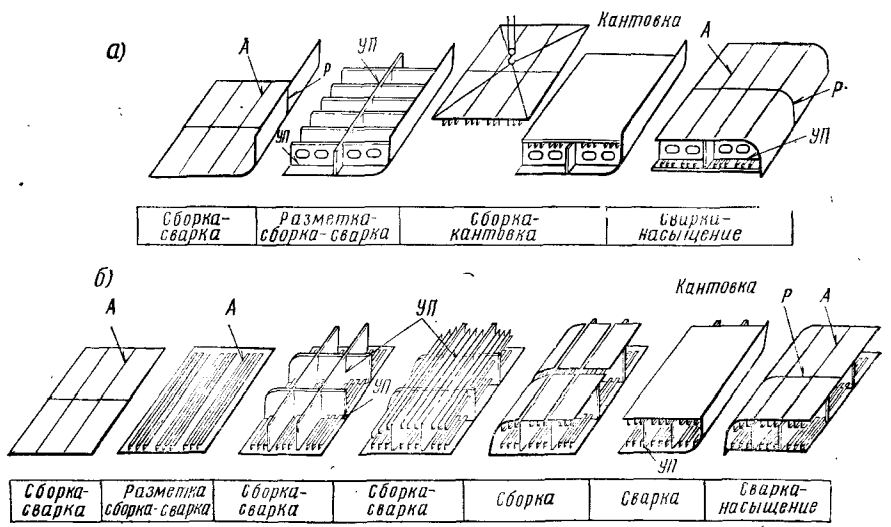


Рис. 52. Схемы сборки и сварки днищевых секций:
а — на днищевой обшивке; *б* — на настиле второго дна; *А* — автоматическая сварка под флюсом; *УП* — сварка в среде углекислого газа; *Р* — ручная дуговая сварка

Наиболее сложными объемными секциями, которые собирают на участках предварительной сборки, являются секции форпика (рис. 53) и ахтерпика. Принципиальную технологию сборки и сварки этих секций можно проследить на примере изготовления секции форпика буксира-толкача в положении «вверх килем». Процесс состоит из операций:

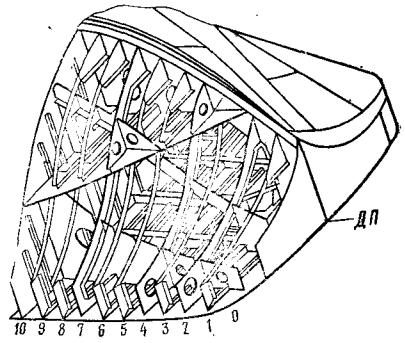


Рис. 53. Сборка объемной секции вверх килем

установки предварительно собранных полотнищ палубы и сварки их между собой;

разметки мест расположения набора на палубе;

установки полурамок набора, переборок и платформ;

сварки соединений набора, переборок и платформ между собой;

приварки и набора и переборок к настилу ячейковым способом;

установки листов наружной обшивки и форштевня на набор;

разделки кромки в соединении форштевня с обшивкой и сварки пазов обшивки;

кантовки секций и установки на временные опоры;

вырубки контрольных канавок в соединении полотнищ палубы и листов обшивки;

сварки соединений набора, платформы и палубы с наружной обшивкой и форштевнем;

подварки соединений полотнищ палуб и листов обшивки;

правки местных деформаций;

испытания на непроницаемость и устранения дефектов.

Для уменьшения сварочных деформаций особое внимание при сварке секций обращают на последовательность выполнения сварочных швов, соблюдая общее направление сварки от середины в нос и в корму, от ДП к бортам.

При сборке секций типа форпика и ахтерпика возникают большие затруднения по применению средств механизации. Применяют лишь переносные приспособления. Поэтому уровень механизации работ при изготовлении этих секций самый низкий.

Изготовление блоков секций. Для сокращения стапельных работ, увеличения объема насыщения деталями, узлами и агрегатами механического оборудования судна отдельные плоскостные или полуобъемные секции и узлы собирают (формируют) в блоки секций.

К этому типу также относятся и блоки надстроек, формируемые из плоскостных секций, выгородок и палуб. Сборку и сварку блоков секций выполняют на опорных устройствах типа кильблоков или клеток, на стапельных тележках и в стапель-кондукторах.

Сварочных швов при изготовлении блоков сравнительно мало, поэтому сварочные деформации незначительны. Появляются в основном местные деформации («домики») в районе монтажных стыков. Для их

предупреждения листам либо придают обратный выгиб (в наружную сторону корпуса), либо устанавливают дополнительные ребра жесткости поперек стыка.

Технологический процесс изготовления блоков состоит из операций:

установки днищевой секции с проверкой ее до ДП, по высоте, на крен и дифферент;

установки и закрепления на гребенках поперечных и продольных переборок с проверкой их на перпендикулярность и по ДП.

установки бортовых секций и закрепления электроприхватками;

установки выгородок, фундаментов и других узловых конструкций;

установки и закрепления палубной секции с проверкой ее положения по ДП и линии палубы;

общей проверки расположения конструкций блока и контроля подготовки соединений к сварке;

сварки монтажных соединений блока (вначале — продольных, а затем поперечных);

установки изделий доизоляционного насыщения;

контуровки блока по монтажным стыкам;

сдачи блока и испытания на непроницаемость.

Методы проверки положения секций при сборке блока аналогичны стапельным проверочным работам, о которых будет изложено в гл. V.

При сборке блоков, как и при изготовлении отдельных секций, стремятся выполнить возможно больший объем по насыщению их различными приварными деталями, узлами оборудования и трубопроводами.

Установка изделий доизоляционного насыщения состоит из сборки деталей и узлов, которые обычно приваривают к корпусным конструкциям до испытания на непроницаемость. К ним относятся переборочные стаканы, приварыши, шпильки, узлы, подкрепления, кабельные проходные коробки, подвески труб, обухи и др.

Значительно сокращается трудоемкость и повышается качество работ, если установку доизоляционного насыщения производят по так называемым совмещенным чертежам, разрабатываемым для отдельных помещений независимо от конструктивной принадлежности деталей.

Разметку мест установки изделий насыщения можно выполнять по данным чертежа и плаза при помощи обычного измерительного инструмента. Более рациональна разметка по щитам (фанерным, пластмассовым или из легких сплавов) или при помощи световых изображений, проектируемых на размечаемую поверхность специальной установкой ФТП-451. Установка состоит из фотокамеры, осветителя и штатива. Она позволяет фотографировать установку изделий насыщения на головном судне, а затем проецировать изображения на соответствующие поверхности с прозрачного диапозитива. Диапозитивы могут быть изготовлены и по масштабным чертежам расположения изделия насыщения.

Расчетный метод проверки формы постелей. Рабочую опорную поверхность постелей и кондукторов создают, как было указано выше, при помощи лекал. Проверить правильность положения больших лекальных поверхностей шаблонами сложно. Для этих целей может быть использован метод проверки формы произвольно лежащей секции. Метод основан на сравнении теоретических и фактических ординат отдельных точек поверхности, отложенных от горизонтальной базовой плоскости (рис. 54), которая проходит через наиболее поднятую точку шпангоута.

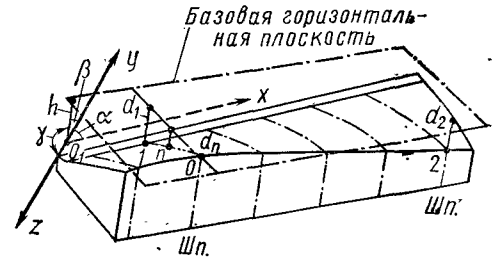


Рис. 54. Схема проверки лекал постели

Уравнение базовой плоскости в основных осях координат судна имеет вид:

$$x \cos \alpha + y \cos \beta + z \cos \gamma = 0.$$

Расстояние от точки, лежащей на обшивке секции, до базовой плоскости будет равно:

$$d_n = x_n \cos \alpha + y_n \cos \beta + z_n \cos \gamma - h, \qquad (24)$$

где x_n, y_n и z_n — координаты n-й точки в основных плоскостях прсекции судна; эти координаты можно снять с плаза;

h — длина перпендикуляра, опущенного из точки O_1 на базовую плоскость;

α, β, γ — углы, составленные перпендикуляром h и основными осями координат.

Имея фактические замеры расстояний d_n, можно вычислить расчетную полуширoту y_n для точки n из выражения (24):

$$y_n = \frac{1}{\cos \beta}(d_n - x_n \cos \alpha - z_n \cos \gamma + h). \qquad (25)$$

Сравнив полученное значение с плазовым, определяют значение погрешности формы. Расстояние d_1, d_2, d_3, ..., d_n можно замерять с помощью шлангового ватерпаса или теодолита.

Для определения неизвестных углов α, β, γ, а также длины перпендикуляра h составим уравнение вида (24) для нескольких точек O, *1* и *2*. При этом точка *1* лежит в той же плоскости шпангоута, в которой лежит базовая точка O_1, и плоскость $O_1 z$ координатной системы тоже совпадает с той же плоскостью шпангоута.

В этом случае имеем $x_0 = x_1 = d_0 = 0$.

Тогда уравнения для выбранных точек примут следующий вид:

$$\begin{aligned} h &= y_0 \cos \beta + z_0 \cos \gamma; \\ d_1 &= (y_1 - y_0) \cos \beta + (z_1 - z_0) \cos \gamma; \\ d_2 &= x_2 \cos \alpha + (y_2 - y_0) \cos \beta + (z_1 - z_0) \cos \gamma. \end{aligned} \qquad (26)$$

Известно также, что

$$\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1.$$

Имеем четыре уравнения с четырьмя неизвестными. Эти уравнения можно решить совместно методом подстановки и последовательного исключения неизвестных. Однако это сделать сложно. Более простое решение этих уравнений может быть получено, если считать параметр известным. Косинусы углов определяют из системы трех уравнений с помощью определителей 3-го порядка.

Координаты точек *О* и *1* соответственно $(y_0; z_0)$ и $(y_1; z_1)$ снимают с плаза.

Глава V

СБОРКА КОРПУСА СУДНА НА СТАПЕЛЕ

§ 17. ТИПЫ СТАПЕЛЬНЫХ МЕСТ И СПОСОБЫ СБОРКИ КОРПУСА

Стапельным местом называют специально оснащенную площадку, где строят судно. Стапельные места часто оборудуют устройством для спуска судов на воду (наклонные поперечные и продольные стапели, строительные доки, слипы).

Для постройки судов внутреннего плавания, малых и средних морских судов используют горизонтальные стапели, расположенные в крытых эллингах или на открытых площадях.

Сборка и сварка корпуса на стапельных местах составляет около 20—25% от всего объема корпусных работ. Характерными видами стапельных корпусных работ являются: сборочные (30%), сварочные (30%), проверочные (18%), пневматическая рубка и тепловая резка (15%).

Корпус судна можно формировать из секций и блоков на одном месте или передвигать по мере готовности с одного места на другое — по позициям технологического потока. В первом случае фронт работ значительно сужен, затруднена организация работ. Во втором случае создаются балагоприятные условия для применения поточных методов постройки судов: поточно-позиционного и конвейерного.

Поточно-позиционный метод организации постройки судов является наиболее типичным для современного судостроения, так как позволяет подразделять весь объем работ по постройке судна на отдельные этапы, выполняемые последовательно друг за другом на определенных позициях потока. На каждой позиции работы выполняют специализированные бригады, что способствует повышению производительности труда и ускорению выпуска судов.

Распределение объемов работ (в%) при различных методах сборки корпусов судов дано в табл. 9.

При секционном способе сборки на стапельном месте корпус формируют из отдельных плоскостных и объемных секций. По мере готовности замкнутых отсеков и помещений корпуса производят испытания

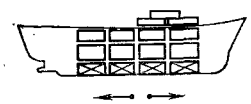
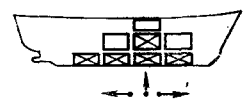
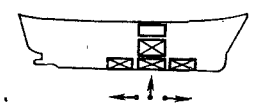
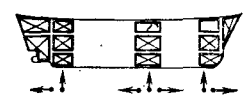
Таблица 9

Работы	Этапы выполнения	Распределение трудоемкости, %, при различных способах сборки		
		подетальном	секционном	блочном
Корпусные	Предварительная сборка	10—15	50—70	50—60
	Сборка блоков	—	—	25—35
	Стапельная сборка	65—75	30—50	10—15
	На плаву	15—20	—	—
Механомонтажные	Предварительная сборка	—	6—8	6—8
	В блоках	—	—	70—80
	На стапеле	20—30	85—88	10—15
	В достроечный период	70—80	3—5	3—5

на непроницаемость, а затем устанавливают механизмы и оборудование, выполняют обстройку и отделку.

Существует несколько способов формирования корпуса судна из секций (табл. 10).

Таблица 10

Способ формирования	Схема формирования	Достоинства	Недостатки
По горизонтали		Расширение фронта работ	Значительные сварочные деформации корпуса
Пирамидальный		Ранняя готовность судна для монтажа	Трудности в организации поточно-позиционной сборки
По отсекам		Ранняя готовность отсека для монтажа и обстройки	Узкий фронт стапельных работ
Островной		Расширение фронта работ	Наличие забойных элементов при формировании корпуса

Минимальную продолжительность сборки обеспечивает блочный способ. В этом случае все работы можно вести параллельно в различных блоках. Упрощается при этом также погрузка механизмов и оборудования на судно. На стапеле блоки лишь стыкуют между собой, заваривают монтажные швы, испытывают корпус в районе монтажных соединений на непроницаемость. Однако блочный метод требует дополнительных производственных площадей.

§ 18. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА ДЛЯ СТАПЕЛЬНОЙ СБОРКИ КОРПУСА

Стапельные работы в судостроении сравнительно мало механизированы (10—15%) и относятся к виду трудно механизируемых работ.

Рассмотрим подробнее основные виды оснастки и оборудования.

Опорные устройства служат для опоры и поддержания в заданном положении отдельных частей и корпуса в целом, а также для наведения секций и блоков при стыковании. При постройке судна с передвижкой по позициям очень часто стапельные тележки являются одновременно и опорными устройствами.

Простейшими опорными устройствами на стапеле являются кильблочные металлические тумбы, которые снабжены опорными деревянными клиньями. Последние позволяют осуществить вертикальное перемещение секции и блоков при стыковании.

Количество тумб должно быть таким, чтобы давление на поверхность кильблоков не превышало 5 кгс/см². Взамен недолговечных и сминающихся деревянных клиньев следует применять специальные металлические клиновые опоры.

Кильблоки опорных устройств могут быть быстроразборными (рис. 55, *а*). Для разборки таких кильблоков достаточно выбить клин запорного устройства. Для постройки небольших судов применяют винтовые домкратные тумбы (рис. 55, *б*), головка домкратов которых служит опорой для брусьев, укладываемых в продольном и поперечном направлениях на стапеле. Для облегчения регулировки положения секций по высоте (в пределах 100—300 мм) на некоторых заводах применяют гидродомкратные стапельные тумбы (рис. 55, *в*). На сферическом конце плунжера гидродомкрата смонтирован самоустанавливающийся наголовник с площадкой для укладки на нем деревянного бруса.

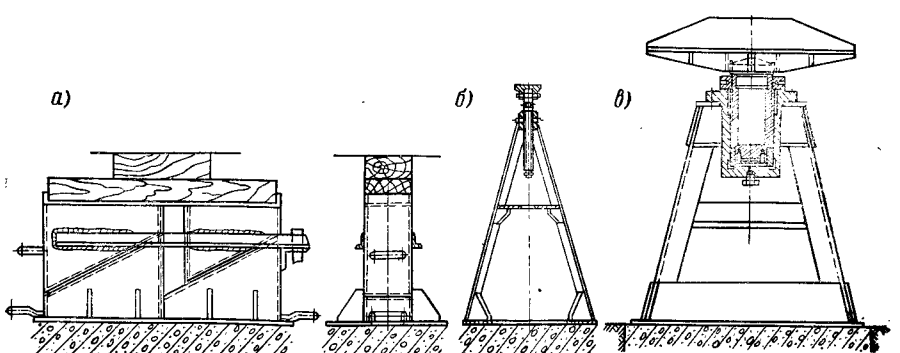


Рис. 55. Виды опорных устройств:
а — клиновый кильблок; *б* — винтовая домкратная тумба; *в* — гидродомкратная тумба

При постройке судов поточно-позиционным методом стапельное место оборудуют несамоходными и самоходными транспортными тележками грузоподъемностью 75—150 т. Подъемные платформы этих тележек позволяют также регулировать секции по высоте. При этом платформа может наклоняться за счет сферической опоры и обеспечивать возможность сборки корпусов со сложными обводами.

Гидродомкратные тумбы, работающие от общей гидронасосной системы, образуют механизированный стапель.

Наиболее совершенными являются стапели, оборудованные автоматической системой дистанционного контроля за положением корпуса и с дистанционным управлением механизированными опорными устройствами. Такой стапель снабжен по длине и ширине несколькими датчиками, фиксирующими положение корпуса в различных его точках. Регистрация показаний датчиков производится на приборах, установленных в насосной станции, обслуживающей гидравлические опорные устройства.

При постройке судов большими сериями для формирования оконечностей применяют стапель-кондукторы с постоянными или съемными лекалами, которые служат опорой и одновременно средством контроля формируемых обводов. При подготовке стапелей к закладке судна стапель-кондукторы устанавливают на опорные устройства и тщательно проверяют их положение.

Сборочные приспособления, применяемые для стапельной сборки, обеспечивают, главным образом, доводочное перемещение секций при стыковании, а также выравнивание и совмещение монтажных кромок относительно друг друга. Перемещение секций можно выполнять с помощью различных стяжек (талрепов) и домкратов: винтовых, гидравлических и пневмогидравлических. Примеры применения этой оснастки изображены на рис. 56.

Для совмещения кромок листов обшивки применяют приспособления, принцип действия которых виден из рис. 57. По степени механизации эти приспособления можно разделить следующим образом:

с ручным гидронасосом (см. рис. 57, *а*):

с раздельным исполнением гидронасоса и рабочего силового элемента (см. рис. 57, *б*);

универсальные пневмогидравлические (см. рис. 57, *в*);

электромагнитные с ручными прижимами или малогабаритными домкратами (см. рис. 57, *г*);

немеханизированные (гребенки с клиньями, скобы с крюковыми захватами, винтовые прижимы и т. д.).

Установка лесов и трапов. Каждое стапельное место должно быть оборудовано судостроительными лесами: наружными, установленными с наружной стороны корпуса, и внутренними, используемыми для работы в отсеках судна.

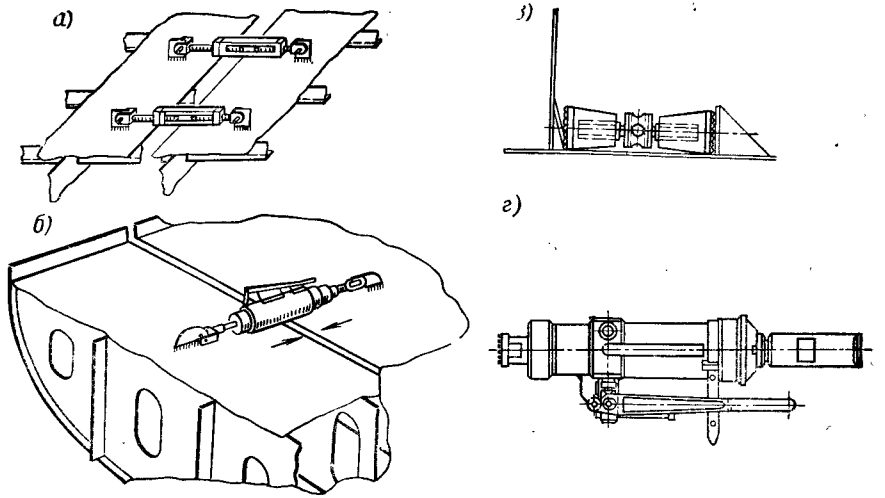


Рис. 56. Приспособления для доводочных перемещений:
а — винтовые талрепы; *б* — гидростяжка; *в* — винтовой распор; *г* — гидравлический распор

Конструкция лесов должна обеспечивать: достаточную прочность, удобство и безопасность работы, быстроту сборки и разборки.

В зависимости от стапельного места, формы обводов, размерений и количества строящихся судов применяют следующие типы лесов:

стационарные наружные леса по всей длине судна;

универсальные разборные стапельные леса (из отдельных деталей и узлов);

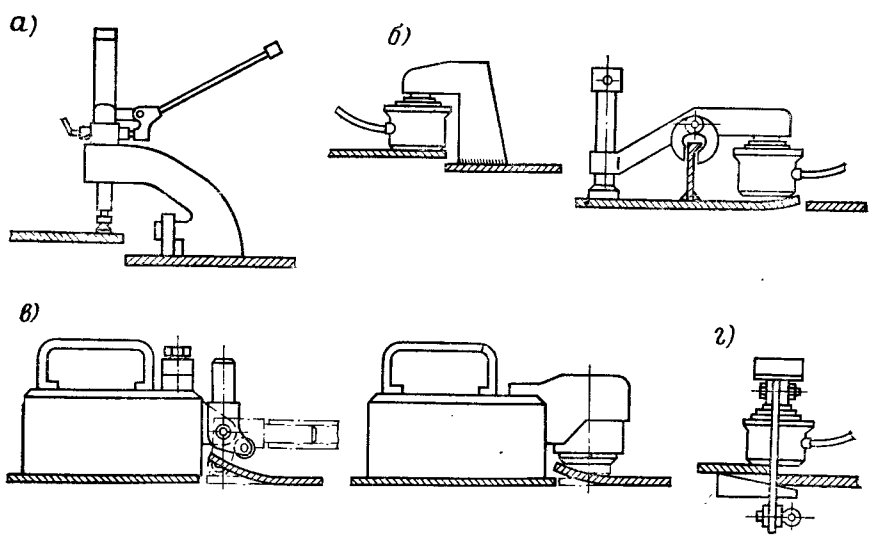


Рис. 57. Приспособления для совмещения кромок листов

передвижные стапельные леса из секций;

подвесные леса и люльки;

механизированные площадки.

Для прохода людей служат маршевые трапы, которые устанавливают на специальных консолях или монтируют в секциях лесов.

§ 19. СЕКЦИОННАЯ СБОРКА КОРПУСА

Постройка судна на стапеле из плоскостных и объемных секций включает комплекс установочно-проверочных работ. Установочные работы состоят из операций по раскреплению и перемещению секций, проверочные — по проверке положения конструкции.

Установочно-проверочные работы составляют от 15 до 27% от всех стапельных работ. Значительная трудоемкость этих работ объясняется наличием технологических припусков, которые на стапеле необходимо размечать (причерчивать) и обрезать. Размер припуска принят для прямолинейных кромок 20 мм, для криволинейных — 50 мм. Схема припусков при формировании корпуса из секций изображена на рис. 58.

Наличие припусков по монтажным кромкам заставляет при сборке корпуса на стапеле дважды устанавливать и проверять положение каждой секции (для причерчивания и для стыкования после обрезки припуска.)

Изготовление секции без припусков (в допусках) может быть обеспечено при выполнении:

сборки двух смежных секций разных типов на общей постели с подгонкой кромок монтажного соединения;

сборки однотипных секций «цепочкой» на двухпозиционной постели (одна позиция — для сборки, вторая — для сварки) с подгонкой секций по монтажным стыкам;

предварительной контуровки секций в чистый размер после их изготовления;

сборки и сварки секций с учетом расчетных ожидаемых деформаций и укорочений;

сборки и сварки секций в контуре, строго ограничивающем монтажные кромки.

Контуровка секций является наиболее прогрессивным способом.

Установка секций на стапеле без монтажных припусков позволяет снизить трудоемкость сборочных работ на 20—40% и проверочных — на 10—32%. Наиболее благоприятными для отказа от припусков являются межсек-

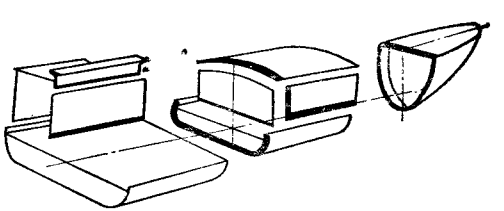


Рис. 58. Схема припусков при секционной сборке

ционные соединения впритык, а они составляют 55% от общей протяженности.

Последовательность сборки и сварки корпуса судна секционным способом изображена в табл. 11.

Таблица 11

Этапы сборки	Последовательность установки секций	Последовательность сварочных работ
I этап 	1. Базовые днищевые секции 2. Примыкающие днищевые секции 3. Переборки и фундаменты 4. Бортовые секции 5. Палубные секции 6. Секции надстроек	Стыки и пазы днищевых секций 2. Стыки набора днища 3. Обшивка и набор борта 4. Переборки и фундаменты 5. Секции надстроек 6. Испытание на непроницаемость
II этап 	1. Днищевые секции 2. Переборки 3. Бортовые секции 4. Палубные секции 5. Надстройка	1. Стыки и пазы днищевых секций 2. Стыки набора днища 3. Бортовые секции 4. Палубные секции 5. Надстройка 6. Испытание на непроницаемость
III этап 	1. Килевые секции 2. Секции ахтерштевня 3. Форпик и ахтерпик 4. Полубак и полуют 5. Рубки и фальшборт	1. Килевые секции 2. Ахтерштевень 3. Форпик и ахтерпик 4. Надстройка, рубка 5. Фальшборт 6. Испытание на непроницаемость

Типовой технологический процесс стыкования днищевых секций состоит из операций:

установки базовой секции на опорные устройства и проверки ее положения;

предварительной установки примыкающих секций и причерчивания; отвода примыкающей секции и обрезки припуска;

окончательной установки примыкающей секции и проверки ее положения;

соединения на электроприхватках стыков листов и на гребенках — пазов обшивки;

совмещения концов набора с обеспечением зазора;

сварки основных швов по наружной обшивке и по настилу второго дна (вначале сваривают стыки);

прихватки и сварки стыков набора;

проверки качества сварки и положения кромок.

Как видно из приведенного перечня операций, чередование сборки и сварки должно быть таким, чтобы обеспечить свободное перемещение элементов при образовании поперечных укорочений в монтажных стыках. Рациональная схема сварки межсекционных соединений определяется схемой: стыки обшивки — стыки продольного набора — соединение набора с обшивкой.

Типовой процесс установки переборок с припуском по нижней кромке состоит из операций:

разметки мест установки переборок на настил второго дна или обшивки;

предварительной установки и закрепления переборки;

проверки положения переборки;

причерчивания переборки по настилу второго дна или по обшивке;

подъема переборки и обрезки припуска;

окончательной установки переборки и проверки ее положения;

подгонки кромок переборки ко второму дну или обшивки и прихватки;

сварки переборки с настилом второго дна или с обшивкой;

проверки качества сварных швов.

Типовой процесс установки бортовых и палубных секций состоит из операций:

установки секций на место и временного закрепления их;

проверки положения секций;

причерчивания по прилегающим кромкам;

отведения секций в сторону и обрезки припусков;

окончательной установки секций, проверки их положения;

прихватки по стыкам и сборки на эластичные соединения пазов обшивки и настила палубы;

совмещения концов продольного и поперечного набора;

сварки обшивки или настила палубы;

прихватки и сварки набора между собой;

сварки набора с обшивкой;

проверки качества сварных швов.

В технологическом процессе сборки особое место занимают проверочные работы, которые выполняются для совмещения линий шпангоутов, ДП, стыкуемых секций и стапеля, определения вертикального и горизонтального положений. Проверочные работы выполняются не только в период формирования корпуса, но и перед закладкой судна (проверка разметки стапеля), а также после постройки корпуса (контроль упругой линии судна и главных размерений).

Перед закладкой судна на стапельном месте размечают контрольные и базовые линии. Для разметки и нанесения этих линий стапель оснащают закладными планками, реперами[1] и бортовыми стойками.

[1] Репер — стойка с выдвижным подпружиненным штоком, острие которого упирается в днище судна.

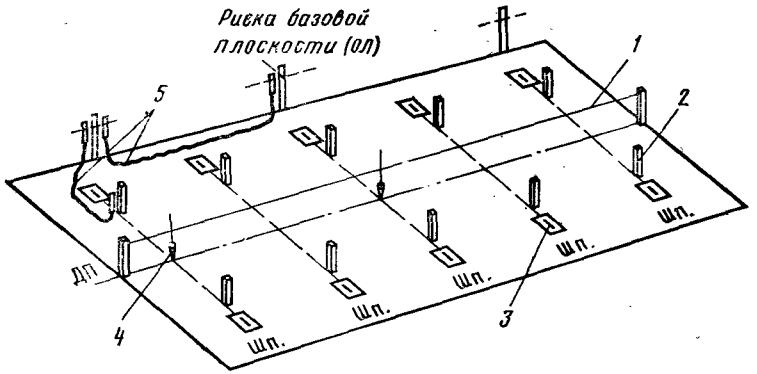


Рис. 59. Разметка стапельного места:
1 — струна (стеклиить); *2* — реперные стойки; *3* — металлические планки; *4* — отвес; *5* — шланговый ватерпас

Наиболее проста разметка и проверка стапельного места с помощью рулетки и метра, веска и шланговых ватерпасов. Схема разметки стапельного места изображена на рис. 59. Закладные планки обычно бетонируют в основании стапеля и на них наносят линию ДП (по струне или стеклиню) и линии шпангоутов. Риски базовой горизонтальной плоскости наносят с помощью шлангового ватерпаса на бортовых стойках.

Разметка с помощью простейшего проверочного и измерительного инструмента не дает достаточной точности, поэтому переходят к разметке с помощью оптических приборов (теодолитов, визирных труб, нивелиров и др.)

Схема использования теодолита для разметки и проверки стапельного места изображена на рис. 60. Горизонтальность базовой плоскости проверяют теодолитом, настроенным на режим нивелирования, при котором зрительная труба устанавливается строго горизонтально и вращается вокруг вертикальной оси. На бортовых стойках наносят риски положения базовой плоскости; риски реперов или нулевые положения

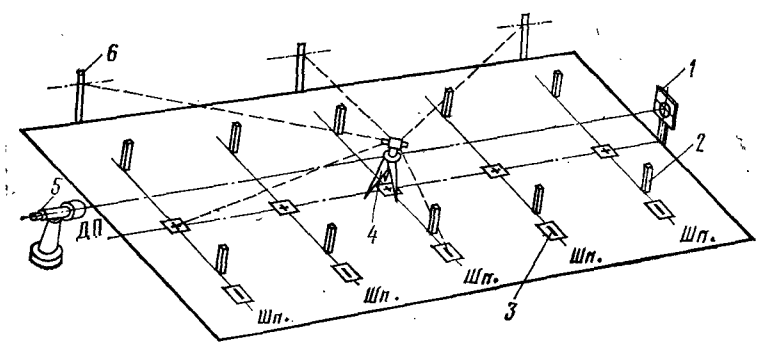


Рис. 60. Применение теодолнта при разметке стапельного места:
1 — мишень; *2* — реперные стойки; *3* — закладные планки; *4* — теодолит; *5* — визирная труба; *6* — бортовые стойки

их шкалы намечают при помощи визирования и специальных реек с делениями. Для проверки рисок ДП и мидель-шпангоута теодолит центрируют в точке пересечения линии ДП и мидель-шпангоута. Риски на закладных планках для других шпангоутов наносятся металлической рулеткой. Перпендикулярность к ДП других шпангоутов можно проверить теодолитом, перенесением и центрированием его в точках пересечения линий этих шпангоутов с линией ДП.

При пользовании визирной трубой применяют специальные прозрачные оптические мишени для нахождения точек, лежащих в ДП или на соответствующих реперах.

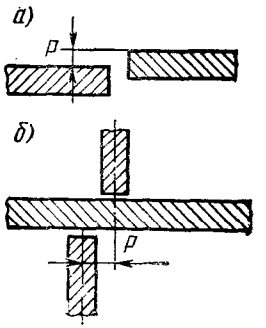


Рис. 61. Схема замера отклонений в монтажных соединениях

При сборке монтажного стыка проверяют:

совмещение кромок — замером линейкой, метром или щупом; разностенность (рис. 61, *а*) кромок полотнищ смежных секций не должна превышать 0,5 мм при толщине до 4 мм и 1 мм при толщине от 4 до 10 мм;

прямолинейность набора — замером по нитке или шергеню, установленным в плоскости шпангоута;

несовпадение связей, разделенных листом, — замером при помощи метра (рис. 61, *б*);

монтажную шпацию — замером рулеткой или метром.

При установке на стапеле днищевых секций их проверяют (рис. 62):

по длине — совмещением линий шпангоутов, нанесенных на наружной обшивке секции с рисками на планках стапеля *а*;

по полуширотe — совмещением линии ДП, нанесенной на наружной обшивке секции, с линией ДП на планках стапеля *b*;

по высоте — совмещением основной линии секции с рисками базовой плоскости, вынесенной на бортовые стойки *с*;

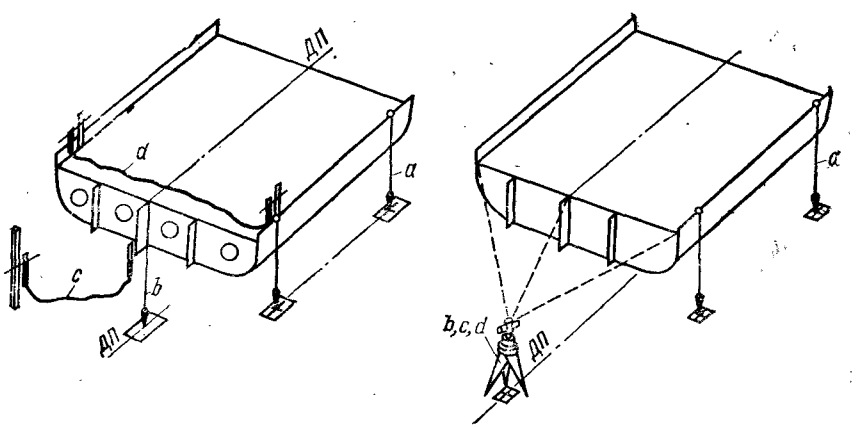


Рис. 62. Проверка положения днищевых секций

по крену — совмещением в одной плоскости горизонтальных контрольных линий, нанесенных на обшивке *d*, например линий настила второго дна.

При установке на стапеле бортовых секций их проверяют (рис. 63):

по длине — совмещением шпангоутов борта и днища или совмещением контрольных линий шпангоутов, нанесенных на днищевой и бортовой секциях *a*;

по полушироте — совмещением линии верхней палубы с соответствующей линией полушироты, нанесенной на закладных планках или поперечном шергене *b*;

по высоте — совмещением контрольной линии, нанесенной на наружной обшивке секции по крайним шпангоутам, с соответствующими рисками бортовых рисок стапеля *c*.

При установке на стапеле поперечных переборок их проверяют (рис. 64):

по длине — совмещением нижней кромки переборки с линией разметки соответствующего ей шпангоута, нанесенного на настиле второго дна или на наружной обшивке *a*;

по полушироте — совмещением линий ДП, нанесенных на переборке и днищевой секции *b*;

по высоте — совмещением горизонтальной линии, нанесенной на переборке с соответствующей риской бортовой стойки стапеля *c*;

на вертикальность — параллельностью плоскости переборки с плоскостями шпангоутов *e*.

При установке на стапеле палубных секций их проверяют:

по длине — совмещением контрольных линий шпангоутов, нанесенных на палубе и на наружной обшивке бортов, а также совмещением бимсов с бортовыми шпангоутами *a*;

по полушироте — совмещением при помощи веска линий ДП, нанесенных на настиле палубы и на настиле второго дна (или на днищевой обшивке *b*);

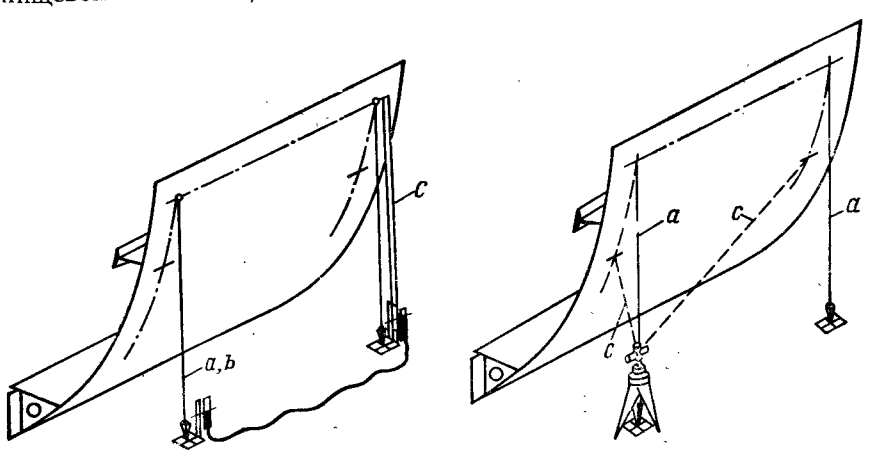


Рис. 63. Проверка положения бортовых секций

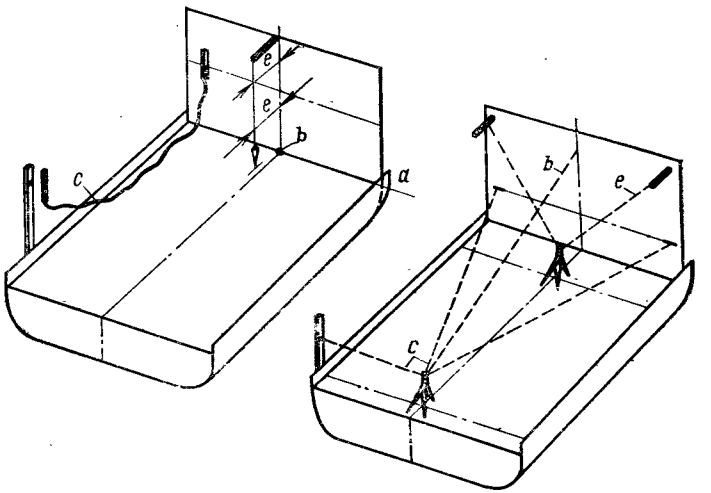


Рис. 64. Проверка положения переборок

по высоте — совмещением бортовых кромок палубной секции с теоретической линией палубы, нанесенной на секциях бортов, *c*.

Весьма сложные проверочные работы приходится выполнять при стыковании с основным корпусом кормовой объемной секции, имеющей тоннельные обводы и дейдвудные устройства. Положение этой секции должно быть координировано относительно осевой линии валопровода и, кроме того, проверено по длине, высоте и на крен.

Оптические приборы особенно удобны для контроля и корректировки положения формируемого корпуса в целом. При установке очередных секций или при погрузке механизмов происходит обминание опор и частичное проседание корпуса, кроме того, в ходе сварочных работ происходит образование общих деформаций продольного изгиба корпуса. Все это приводит к изменениям упругой линии корпуса, которые могут быть определены с помощью теодолита и нивелира.

Отклонение килевой линии судна с достаточной точностью можно наблюдать ежедневно по движкам реперов, острия которых прижаты к поверхности корпуса судна снизу по ДП. При проседании корпуса в месте установки репера движок его опускается по рейке, закрепленной неподвижно к основанию стапеля. Значение опускания находят по делениям на рейке.

Если обнаружено значительное отклонение корпуса от теоретического положения, подклинивают опорные устройства и регистрируют исправление в построечном журнале судна.

Когда весь корпус судна сформирован и закончены сварочные работы, замеряют фактическую длину, ширину и высоту корпуса. Отклонение этих размеров от проектных не должно превышать следующих значений: длина между перпендикулярами $\pm 5\,m$ —30 мм, где m — количество секций по длине; ширина ±25 мм — для крупных судов, ±20 мм — для средних судов, ±10 мм — для малых судов; высота борта ±20 мм — в средней части корпуса крупных и средних судов

и ±15 мм — малых судов. Проверку размерений корпуса выполняют при помощи рулетки и весков.

Перед спуском судна на воду на наружной обшивке размечают грузовую ватерлинию, а также наносят ватерлинию, соответствующую водоизмещению порожнем. В оконечностях и у мидель-шпангоута размечают марки углубления, служащие для определения осадки судна. Для нанесения грузовой ватерлинии и марок углубления устанавливают горизонтальные шергени[1], выверенные по базовой плоскости. При помощи реек высоты или рулетки от поверхности шергеня откладывают точки ватерлинии и марок углубления.

§ 20. БЛОЧНАЯ СБОРКА КОРПУСА

При блочном способе формирование корпуса начинают с установки закладного блока, в состав которого входит машинное отделение судна, где необходимо произвести большой объем механомонтажных работ. В нос и корму от закладного блока последовательно пристыковывают остальные блоки. Формирование корпуса из плоскостных секций по отсекам является разновидностью блочного метода постройки. В качестве закладного также принимают наиболее насыщенный механизмами и системами отсек судна. Последующие блоки-отсеки формируют в нос и корму, присоединяя секции к закладному.

Типовой технологический процесс блочной сборки корпуса буксира-толкача изображен на рис. 65. Процесс сборки состоит из:

установки закладного блока *1* на опорные устройства стапеля;

проверки закладного блока по длине, полушироте, высоте и на крен;

подачи и установки блоков *2* и *3* на расстоянии от закладного 50—150 мм;

проверки положения блоков *2* и *3*, причерчивания и подрезки кромок;

сближения блоков *2* и *3* с закладным, окончательной проверки положения блоков, подгонки кромок и прихватки;

сварки изнутри и снаружи наружной обшивки и палубы;

сварки набора блоков между собой и приварки его к обшивке;

подачи и установки носового *5* и кормового *4* блоков;

разметки мест установки машинного капа и блока надстройки *6*;

установки блока надстройки *6* и капа;

проверки блока надстройки по длине, полушироте, высоте, на крен и дифферент;

причерчивания монтажных кромок стенок и выгородок блока надстройки;

подъема на высоту 150—200 мм от палубы и обрезки припусков кромок;

подгонки соединений, поджима и сборки на электроприхватках;

сварки всех соединений капа и надстройки;

установки блока надстройки и блока рулевой рубки *8*, проверки их положения и прихватки;

[1] Деревянные бруски, уложенные на стояки горизонтально поперек судна.

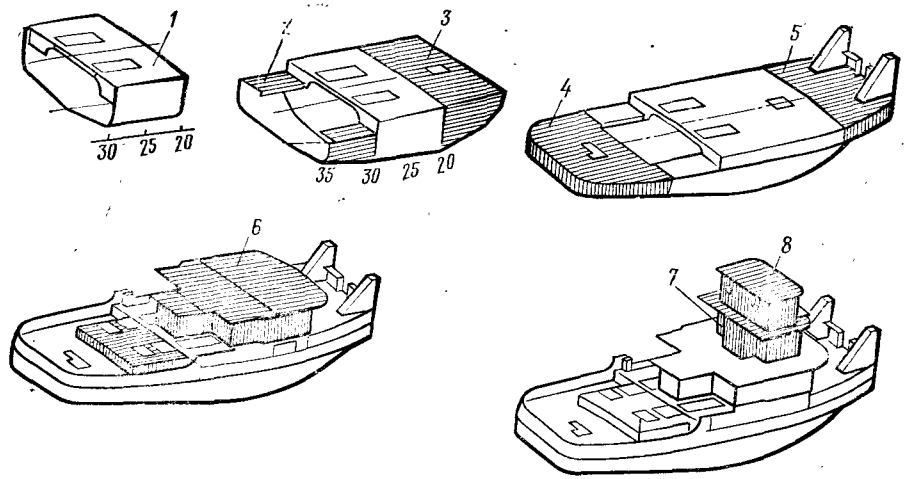


Рис. 65. Этапы сборки корпуса блочным методом

сварки блоков *6*, *7*, *8* между собой;

испытания корпуса и надстроек на водонепроницаемость и устранения обнаруженных дефектов.

Закладные блоки изготовляют в размер без припусков, остальные блоки — с припусками только по кромкам, обращенным к закладным или ранее установленным блокам корпуса. Причерчивают стыки смежных блоков по чистым кромкам закладного или ранее пристыкованного блока после проверки правильности положения блоков на стапеле.

При выполнении сварочных работ вначале заваривают недоваренные в блоках пазы обшивки, затем — монтажные стыки палубы и наружной обшивки (по возможности одновременно в направлении от ДП к бортам), далее — стыки настила второго дна, платформ, продольных переборок и выгородок, в последнюю очередь — стыки набора между собой и с обшивкой. Указанная последовательность сварки на рис. 66 обозначена арабскими цифрами.

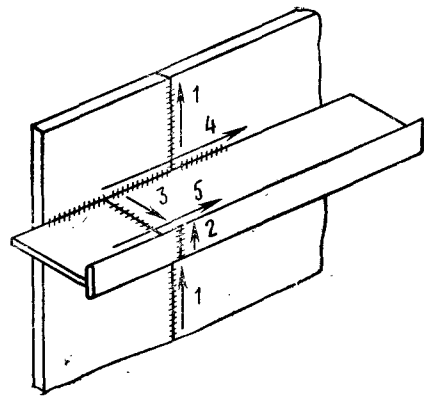


Рис. 66. Последовательность сварки обшивки и набора в монтажном стыке

Положение блоков при формировании корпуса контролируют. При этом проверяют:

совмещение теоретических линий шпангоутов, образующих монтажную шпацию;

крен блока на крайних шпангоутах;

отклонение по полушироте крайнего шпангоута бортовой секции;

отклонение по высоте теоретической линии палубы в месте ее пересечения с крайним шпангоутом;

отклонение расстояния от основной плоскости до настила палубы в ДП.

Если закладной блок проверяют по длине, как и днищевую секцию, на совмещение теоретической линии крайнего шпангоута с контрольной риской этого шпангоута на планке стапеля, то проверку положения последующих блоков по длине выполняют только по размерам монтажной шпации. Такое упрощение проверочных работ объясняется тем, что положение днищевых секций при секционном методе влияет не только на длину, но и на положение смежных бортовых и палубных секций, а положение блоков — лишь на длину судна.

Крен блока следует проверять на совмещение в одной вертикальной плоскости линии ДП на палубах, платформах и на наружной обшивке либо на совмещение в одной горизонтальной плоскости контрольных линий, нанесенных на бортах или поперечных переборках.

Продолжительность стапельной сборки и трудоемкость корпусных работ можно сократить (почти до 30%), если производить предварительную контуровку блока.

В настоящее время разработаны способы контуровки кромок блоков корпуса, обеспечивающие хорошую сходимость кромок в монтажном стыке и необходимые для сварки зазоры. Способы основаны на применении оптических приборов: теодолитов или лазерной установки в сочетании с пентапризмой, предназначенной для преломления визирного луча на 90° и вращения его на 360°. Эти приборы позволяют выполнять точные угловые построения и вертикальное нивелирование при нанесении линий контуровки.

Варианты установки теодолита при нанесении линий контуровки изображены на рис. 67. Вначале восстанавливают перпендикуляр к ДП блока. На линии этого перпендикуляра должен быть установлен теодолит. Перпендикуляр восстанавливают либо в плоскости контуровки (рис. 67, *а*), либо вне ее (рис. 67, *б*). Для восстановления перпендикуляра поступают следующим образом. Определив положение плоскости контуровки в месте пересечения ее с ДП, полученную точку с помощью отвеса проектируют на поверхность сборочной площадки и отмечают риской. Над этой риской устанавливают и центрируют теодолит. Чтобы установить ось трубы в плоскости ДП, с линии ДП противоположного конца блока опускают шнуровой отвес и совмещают шнур с вертикальной риской перекрестия зрительной трубы. Корпус теодолита поворачивают на 90°, на закладной планке сборочной площадки на расстоянии 15—20 мм от ДП намечают проекцию вертикального штриха перекрестия зрительной трубы и наносят риску. Теодолит переносят и устанавливают над этой риской. Зрительную трубу наводят на риску проекции плоскости контуровки в ДП, после чего корпус теодолита закрепляют от вращения вокруг вертикальной оси. Поворачивая трубу теодолита вокруг горизонтальной оси, наносят на обшивке блока след плоскости контуровки. Точки визирования располагают не реже чем через 1000 мм на прямой части и через 100 мм на криволинейной поверхности. После удаления припуска по наружной обшивке размечают след плоскости контуровки по палубам и набору. Контуровку другого борта, если теодолит установлен в плоскости контуровки, выполняют в том же порядке.

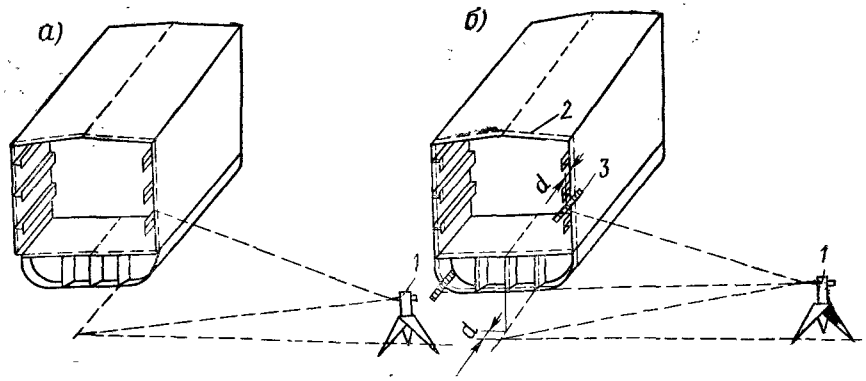


Рис. 67. Разметка контура блоков с помощью теодолита:
1 — теодолит; *2* — контурная линия; *3* — линейка

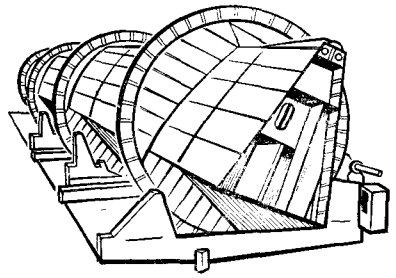


Рис. 68. Кольцевой кантователь

Если теодолит установлен вне плоскости контуровки (рис. 67), след этой плоскости наносят с помощью линейки, учитывая расстояние между плоскостями установки теодолита и контуровки.

Существуют и другие варианты установки теодолита: на настиле второго дна блока или на сборочной площадке в плоскости ДП на некотором расстоянии от плоскости контуровки (разметка с помощью линейки).

Наиболее рационален поточно-позиционный способ блочной постройки судов. Он позволяет организовать ритмичное производство.

При строительстве судов применяют также смешанные секционно-блочный, секционно-подетальный и новые способы. Например, корпуса буксиров длиной до 53 м изготовляют из двух половин, разделенных по ДП. При сборке блоков (из двух-трех секций) ДП является базовой плоскостью (сборка «бортом вверх»). На стапеле обе половины с помощью кранов устанавливают в требуемое положение и сваривают по линии монтажного стыка. Суда небольшого водоизмещения собирают из максимально укрупненных элементов корпуса или моноблочным методом с помощью кольцевого кантователя (рис. 68).

§ 21. ПОДГОТОВКА КОРПУСА И НАДСТРОЕК К МЕХАНОМОНТАЖНЫМ И ОБСТРОЕЧНЫМ РАБОТАМ

Сокращение сроков строительства судов зависит от готовности корпуса для выполнения работ по монтажу механического оборудования изоляции, обстройке и оборудованию помещений, отделке и др.

Перенесение части работ по подготовке корпуса со стапеля на участки предстапельной сборки в секции и блоки является основным решением этой задачи.

Подготовка корпуса к механомонтажным работам связана с установкой фундаментов под главные двигатели и базовых конструкций валопроводов, баллеров рулей и др.

Пробивка осевых линий. При установке фундаментов под главные двигатели и подшипники валопроводов, концевых кронштейнов, гельмпортовых труб, мортир, дейдвудов и других базовых конструкций выполняют сложную и трудоемкую работу при пробивке осевых линий.

Положение опорных поверхностей базовых конструкций строго контролируют относительно осей, поэтому пробивка осевых линий их должна быть выполнена с максимальной точностью.

Пробивка осевых линий вала на стапеле при секционной постройке судна допускается только в том случае, если закончены основные сборочно-сварочные работы по корпусу в кормовой оконечности и в районе машинно-котельного отделения, а также проведены гидравлические испытания отсеков на непроницаемость.

Осевую линию пробивают между двумя точками: начальной, расположенной на носовой переборке машинного отделения, и конечной, находящейся сзади кормового торца кронштейна гребного вала. Пробивку линии вала можно выполнить натягиванием струны (стеклиня) по оси валопровода. При большой протяженности валопроводов линии пробивают с помощью светового луча или визирования оптическими трубами.

Кормовую стойку для мишеней (или шергень) устанавливают на стапеле по координатам с плаза или чертежа, не связывая с корпусом, поскольку последний может деформироваться от технологических или температурных напряжений.

При пробивке световым лучом на переборках, через которые будет проходить валопровод, вначале намечают точки пересечения их с осевой линией и вырезают отверстия диаметром 50 мм. На носовой стойке (рис. 69) закрепляют мишень с отверстием 2—2,5 мм, а за ней — металлический ящик с источником света (лампа 500—1000 Вт).

Процесс пробивки световой линии заключается в наведении отверстий мишеней промежуточных стоек на световой луч, проходящий через отверстия крайних мишеней. Работу выполняют двое рабочих: один перемещает мишень по команде другого, наблюдающего за появлением луча в отверстии кормовой мишени. Наводить мишень следует со средней промежуточной стойки, тогда уменьшаются погрешности.

Пробивка осевой линии с помощью светового луча имеет ряд недостатков: рассеивание луча, необходимость работать в темное время и др.

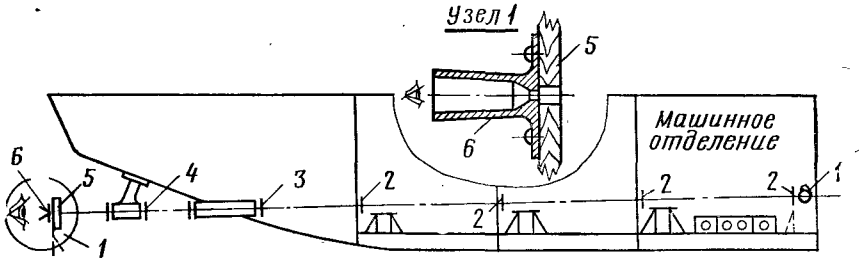


Рис. 69. Схема пробивки линии валопровода световым лучом:
1 — источник света; *2, 3, 4* — мишени; *5* — шергень; *6* — визир

Этих недостатков лишены оптические способы пробивки осевой линии с помощью нивелира, теодолита и специальной визирной трубы ВТ-4. Трудоемкость работ сокращается в 3—4 раза.

Труба нивелира или теодолита, установленных за кормой, вначале должна быть сцентрирована с мишенью на кормовой стойке с помощью центрователя, надетого на оправу объектива, затем с носовой мишенью. Промежуточные мишени устанавливают в направлении от носа к корме путем совмещения их перекрестий с перекрестием трубы. После закрепления мишеней по осевой линии натягивают струну, продетую через отверстия мишеней. Натяжение струны создает груз массой около 15 кг.

Провисание струны от собственного веса можно проверить по формуле

$$y = \frac{qx}{2Q}(l - x), \qquad (27)$$

где y — стрелка провисания струны, которая не должна превышать 0,5 мм;
q — вес 1 м струны, кгс/м;
x — расстояние рассматриваемой точки от точки закрепления струны, м;
l — длина струны между точками закрепления, м;
Q — вес груза, применяемого для натяжения струны, кгс.

Установка фундаментов. Большинство фундаментов, в том числе и под главные двигатели, устанавливают в секциях и блоках вместе с узлами набора. На стапеле устанавливают только те фундаменты, которые попадают в монтажную шпацию или положение которых задано относительно конструкций, устанавливаемых на стапеле. Большинство фундаментов предусматривает возможность монтажа механизмов заранее собранными в агрегаты. С этой целью фундаменты выполняют из двух частей — основной и переходной. Основную часть фундамента устанавливают при сборке секций и блоков или в период стапельной сборки корпуса. Переходная часть фундамента вначале поступает в цех на монтаж механизмов в агрегаты, а затем, вместе с агрегатом, — на стапель, где ее приваривают к основной.

В технических требованиях на изготовление и установку фундамента под главные судовые двигатели должны быть указаны допуски на:

отстояние фундамента от ближайшей поперечной переборки;
длину и ширину фундамента;
разницу в высоте опорных бобышек (планок);
расстояние от оси линии вала до опорной поверхности фундамента (по высоте и ширине).

После предварительной проверки положения фундамента причерчивают и удаляют припуски по кромкам. После зачистки кромок фундамент устанавливают на место, тщательно проверяют его положение и прихватывают. Сваривают в последовательности, обеспечивающей минимальные деформации фундамента. После сварки, в зависимости от требований, опорные поверхности зачищают шлифовальной машиной или обрабатывают переносным фрезерным станком.

Фундаменты под опорные и упорные подшипники валопровода устанавливают в том же порядке, что и фундаменты под главные двигатели.

Установка кронштейнов гребных валов и мортир. Их изготовляют в виде стальных отливок или сварных изделий, обработанных предварительно на станках таким образом, чтобы внутренний диаметр отверстий имел припуск 20—30 мм. Базовой линией при выполнении проверочных работ служит осевая линия вала, пробитая тем или иным способом.

Проверку положения кронштейнов и мортир выполняют дважды: при установке их для причерчивания и при сборке под сварку. При подготовке кронштейнов и мортир практичнее использовать осевую линию, материлизованную струной. Окончательную проверку следует выполнять оптическим способом, как более точным. Положение кронштейнов и мортир по длине проверяют совмещением их торцевых кромок с соответствующей риской продольной рейки, уложенной вдоль оси вала. В процессе сварки кронштейнов гребных валов и мортир наблюдают за их положением относительно осевой линии вала. При необходимости последовательность сварки меняют.

При коротких валопроводах часто устанавливают окончательно обработанные концевые кронштейны и мортиры по специально изготовленным полым фальшвалам. Фальшвалы позволяют более точно ориентировать положение кронштейнов и мортир как по длине, так и относительно оси вала. Если внутри фальшвала установить оптические мишени с перекрестиями, тогда его положение можно будет сцентрировать с помощью визирной трубы. Установка окончательно обработанных кронштейнов и мортир сокращает сроки монтажа валопровода. Наиболее сложно в этом случае приваривать их к корпусным конструкциям без нарушения соосности. С этой целью на период сварки оставляют приспособления для центровки осевой линии и непрерывно следят за положением базовых деталей.

Установка элементов якорного устройства. Якорные ниши, клюзы, клюзовые трубы и фундаменты устанавливают в секциях или на стапеле. Процессу установки этих элементов предшествуют подготовительные работы на плазе, где макетируют в масштабе 1 : 1 или 1 : 5 и 1 : 10 участок носовой оконечности с якорной нишей, клюзом, клюзовой трубой, брашпилем и цепными стопорами. Макет изготавливают из

дерева, и на нем отрабатывают подъем якоря и втягивание его в клюзах при любом положении лап.

При малых сериях постройки судов для сокращения расходов макеты не изготовляют и всю работу по уточнению координат элементов якорного устройства выполняют на головном судне, используя готсвую оконечность и деревянные модели клюзов, труб и др.

Существуют также аналитические расчетные методы определения и уточнения координат и формы клюзов, обеспечивающие приемлемую для практики точность.

Испытание помещений и отсеков на непроницаемость и герметичность. Эта операция является заключительным этапом подготовки корпуса и надстроек к механомонтажным и обстроечным работам.

Непроницаемость — это способность конструкций не пропускать воду и другие жидкости. Герметичность — это способность конструкции не пропускать газообразные продукты. Испытание на непроницаемость регламентировано требованиями ГОСТ 3285—65, в соответствии с которым при изготовлении узлов и секций производятся предварительные испытания, а на стапеле и на плаву производятся основные испытания. Предварительные испытания конструкций, в которых полностью закончены сборочно-сварочные работы в секциях или блоках (кроме монтажных соединений), считаются одновременно и основными испытаниями, если методы и нормы этих испытаний совпадают. На стапеле проверяют лишь непроницаемость монтажных соединений.

Отсеки и цистерны для постоянного хранения жидкостей, форпик, насадки, рули испытывают на непроницаемость на головных судах наливом воды под давлением, а на серийных судах — также наливом воды или наддувом воздуха.

Для испытания большинства других отсеков и конструкций применяют один из следующих способов:
налив воды без давления;
смачивание швов керосином;
обдув струей сжатого воздуха;
поливание струей воды под давлением;
поливание рассеянной струей воды.

Двери, люки, горловины, иллюминаторы и другие устройства для закрытия отверстий после установки испытывают на непроницаемость вместе с отсеками, если последние предусмотрены для хранения жидкостей; в прочих отсеках могут быть испытаны отдельно.

ГОСТ предусматривает также контрольные испытания на непроницаемость отсеков и цистерн для постоянной перевозки жидкости, форпиков и ахтерпиков (если их используют в качестве балластных отсеков) после полного окончания всех монтажных работ. Эти испытания производят наддувом воздуха.

Перед испытанием на непроницаемость проверяют качество сварных швов и соединений, поэтому корпусные конструкции не окрашивают, не цементируют, не покрывают мастиками, асфальтом и другими покрытиями.

При гидравлических испытаниях о дефектах судят по контрольной поверхности испытываемых конструкций, если на ней появляются течи, потеки и капли.

Эффективность этих испытаний определяется соотношением количества воды, вытекающей за время испытания, через неплотности. Делается допущение, что неплотности имеют форму узких цилиндрических трубок (рис. 70).

Секундный расход жидкости в таких трубках определяют по закону Пуазейля

$$q_т = \frac{\pi (p_1 + p_2) r^4}{8\eta l}, \qquad (28)$$

где p_1; p_2 — давление на концах трубки;
r — радиус трубки;
η — коэффициент вязкости жидкости;
l — длина трубки.

Для определения минимальных неплотностей, которые могут быть обнаружены по каплям воды, собираемым на контролируемой поверхности, закон Пуазейля можно представить в следующем виде:

$$r_{min} = \sqrt[4]{\frac{8\eta l Q_{min}}{\pi \Delta p t}}, \qquad (29)$$

где Q_{min} — минимальное количество воды, образующее каплю, визуально обнаруживаемую на поверхности;
Δp — разность давлений на концах канала;
τ — время движения воды по каналу.

На поверхности сварного шва объем минимальной капли, обнаруживаемой визуально, равен 0,014 см^3, тогда $r_{min} = (5 \div 9) \times \times 10^{-4}$ см.

При испытаниях наддувом воздуха за характеристику (степень) непроницаемости отсеков принимают относительную площадь неплотностей, приходящуюся на единицу объема отсека f/V, где f — суммарная площадь неплотностей, V — объем отсека.

Определить отношение f/V во времени испытаний невозможно, поэтому о степени непроницаемости отсеков судят по падению давления воздуха за время испытания $\Delta p_в$. Зависимость между степенью непроницаемости отсеков и падением давления сжатого воздуха в отсеке выражается формулой

$$\Delta p_в = -\frac{t}{B\varepsilon_п}\frac{f}{V}, \qquad (30)$$

где t — время испытаний;
B; $\varepsilon_п$ — постоянные времени для заданного испытательного давления и температуры воздуха, могут быть определены в зависимости от условий испытания.

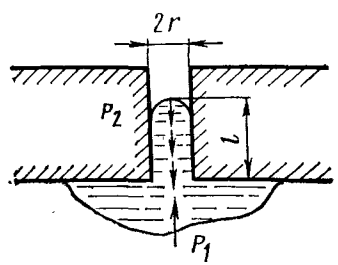


Рис. 70. Схема сил, действующих при движении воды по каналу неплотности

Герметичность помещений и отсеков можно проверить:
испытанием амилацетатом — резко пахнущей жидкостью, пары которой создают в помещении определенную концентрацию воздуха; помещение тщательно обследуют снаружи на запах амилацетата;
испытанием сжатым воздухом при постоянном давлении во время испытаний (контроль по расходу воздуха или давлению в помещении) или без дополнительной подачи воздуха в помещение во время испытаний (контроль по падению давления).

Глава VI

МОНТАЖ МЕХАНИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

§ 22. ПРЕДМОНТАЖНАЯ СБОРКА

Оборудование современных судов внутреннего плавания становится все более сложным и мощным. Оно чрезвычайно разнообразно и весьма многочисленно. Это главные двигатели, валопроводы, вспомогательные механизмы главных двигателей и систем, электростанции, котельные установки, теплообменные аппараты, средства связи и навигации и др.

Трудоемкость монтажных работ составляет 7—12% от общей трудоемкости постройки судов. Большую часть оборудования при секционном методе постройки устанавливают на стапеле. Лишь при блочном способе постройки до 60% этих работ выполняют на участках предварительной сборки.

Наиболее прогрессивным методом организации и технологии монтажа оборудования является предмонтажная сборка, при которой часть работ выполняют в цеховых условиях до начала монтажа на судне.

Предмонтажная сборка особенно эффективна в сочетании с агрегатированием механического оборудования. Сущность агрегатирования заключается в том, что оборудование вместе с арматурой, приборами и трубопроводами собирают в цехе в один агрегат. Главное в агрегатировании — достижение высокой цеховой готовности оборудования перед поступлением на монтаж. Агрегат должен быть полностью собран и испытан на стенде под нагрузкой. На судне его запуск должен производиться без дополнительной проверки и регулировки. Агрегатируют также системы, обслуживающие главные двигатели, например топливную, смазки и др.

Предмонтажная сборка механического оборудования тесно связана с возможностью предварительной заготовки узлов трубопроводов и, в особенности, панелирования, т. е. изготовления в цехе трубопроводов прямолинейных участков совместно с арматурой и устройствами на транспортабельных каркасных панелях, которые затем в сборе подают на судно для монтажа систем в целом.

Стремление установить на судах окончательно собранные механизмы и агрегаты диктуется преимуществами предмонтажной сборки оборудования и агрегатных конструкций, к которым относят:

улучшение условий выполнения сборки механизмов в цехе;

возможность проведения монтажных работ параллельно и независимо от производства других работ в том же районе судового помещения;

уменьшение протяженности трубопроводов, а также количества фундаментов;

уменьшение массы и габаритов оборудования и рациональное использование объемов судовых помещений;

повышение ремонтопригодности и удобств обслуживания.

Предмонтажная сборка механического оборудования на общих каркасах или рамах без изменения конструкции самого оборудования позволяет снизить трудоемкость монтажа на судне на 15—40% при резком сокращении длительности монтажа.

§ 23. МОНТАЖ ГЛАВНЫХ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Все операции технологического процесса монтажа главных судовых двигателей можно разбить на три группы:

1) обработка фундамента и погрузка двигателя;
2) центровка главных двигателей;
3) крепление двигателя на фундаменте.

Содержание и последовательность операций 1-й и 3-й групп во многом зависят от способа крепления главных судовых двигателей.

Содержание операций 2-й группы (центровка двигателей) зависит от установленной очередности монтажа двигателя и валопроводов — возможна центровка двигателя по базовым поверхностям подшипников валопровода (до установки валов) или прицентровка двигателя к смонтированным заранее валопроводам.

Операции 1-й группы начинаются с подготовки фундаментов и, в особенности, их опорных поверхностей.

Фундаменты перед погрузкой главных двигателей должны быть загрунтованы, а внутренние их поверхности окончательно окрашены.

По эскизам или по шаблону, снятому с лап двигателя, размечают места установки уравнительных планок на опорной поверхности фундамента. Обработанные с уклоном 1 : 50; 1 : 100 уравнительные планки тщательно подгоняют по фундаменту. Плотно прижатые специальной струбциной планки прихватывают, а затем приваривают к фундаменту. После сварки поверхности уравнительных планок пришабривают, добиваясь чистоты поверхности ∇ 5. Проверку подготовки планок производят на краску: на площади 100 × 100 мм должно быть не менее 15 пятен. Детали, мешающие погрузке двигателя, а также приборы, которые могут быть повреждены при погрузке, снимают с двигателя, отверстия закрывают деревянными заглушками. Для погрузки двигателей используют специальные приспособления. Приспособление должно обеспечить безопасность погрузки и удобство при учалке и перемещении двигателя внутри шахты машинного отделения. Погрузку двигателя выполняют цеховым или стапельным краном, иногда при погрузке приходится производить значительные горизонтальные перемещения (до 3 м). Для этой цели сооружают деревянные или металлические подкрепления — пути.

Двигатель устанавливают на деревянные прокладки, уложенные под лапами на опорные поверхности фундамента с таким расчетом, чтобы лапы были выше стальных штатных установочных прокладок или клиньев.

При центровке для перемещения двигателя в отверстия с резьбой на его лапах устанавливают отжимные болты, обеспечивающие вертикальные перемещения, а также специальные скобы — для горизонтальных перемещений. Вместо скоб часто к полкам фундаментов временно приваривают упоры с отжимными болтами, расположенными на уровне лап двигателя.

Центровку главных двигателей выполняют двумя способами: оптическим — до монтажа валопроводов, по замерам изломов и смещений фланцевых соединений двигателя с валопроводом, если монтаж валопровода закончен раньше. Наиболее прогрессивным является первый способ, хотя и он не лишен некоторых недостатков. Его применяют для судов с расположением машинного отделения в средней части и при блочном способе постройки.

При центровке двигателя добиваются совмещения осей валопровода и главного двигателя с тем, чтобы обеспечить надежную работу комплекса винт — валопровод — двигатель.

Для оптической центровки применяют визирные трубы, представляющие собой переоборудованные зрительные трубы стандартных геодезических приборов (теодолитов, нивелиров).

Визирная труба (рис. 71) состоит из зрительной трубы *1*, центрирующих колец *2*, *3* и угловой призмы *4*, позволяющей наблюдать сетку мишени под углом 90° к оси трубы. Для защиты оптических деталей от повреждений труба заключена в специальную оправу. Ось центрирующих колес совмещена с оптической осью трубы — это определяет положение оптической оси в приспособлении. Визирная труба

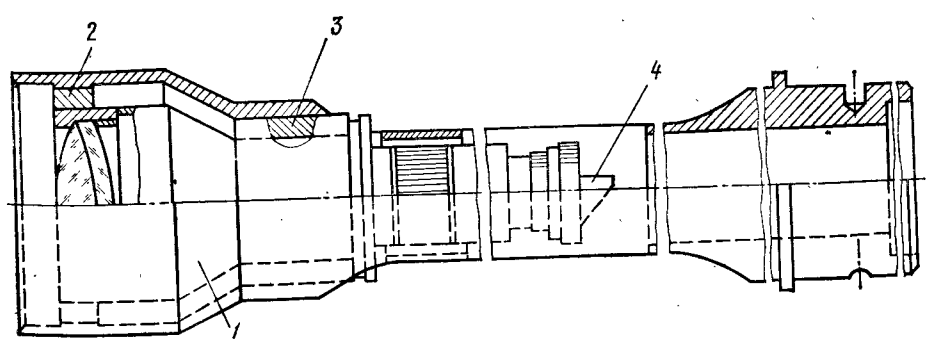


Рис. 71. Визирная труба в оправе приспособления

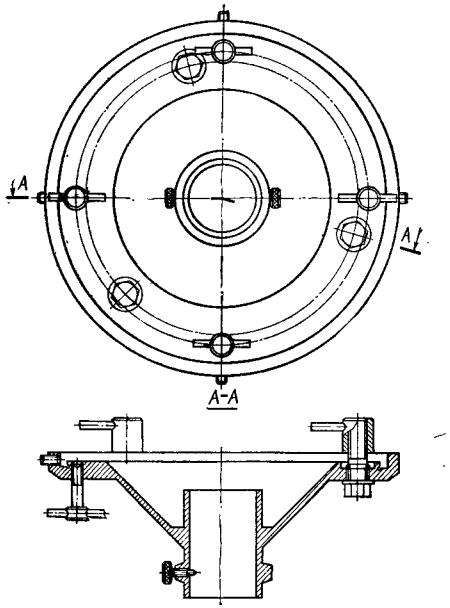


Рис. 72. Соединительная полумуфта для закрепления визирной трубы

снабжена сеткой, сцентрированной с оптической осью и имеющей перекрестие из двух взаимно перпендикулярных линий. При визировании сетка нитей зрительной трубы хорошо видна на фоне просматриваемого предмета или поверхности мишени.

Чтобы закрепить визирную трубу на фланце вала двигателя, применяют специальное приспособление, изображенное на рис. 72. С помощью этого приспособления обеспечивается возможность смещения и наклона визирной трубы относительно оси коленчатого вала двигателя.

В местах фиксации точек оптической оси (в подшипниках, яблоке концевого кронштейна, в дейдвудной трубе, на кормовом шергене) устанавливают мишени, изготовленные из пластин неорганического стекла с нанесенными на них перекрестиями из двух взаимно перпендикулярных линий (рис. 73).

Положение мишеней находят при непосредственном наблюдении через окуляр зрительной трубы. Возможно также применение специальных проекционных насадок, с помощью которых световым лучом сетку визирной трубы проецируют на непрозрачные мишени и определяют положение перекрестия мишени относительно сетки визирной трубы.

Схемы расположения мишеней при центровке двигателей до монтажа валопроводов изображены на рис. 74, *а*. При центровке двигателя с помощью одной визирной трубы (рис. 74, *б*) необходимо предварительно установить положение кормовой выносной мишени по разметке осевой линии на переборках (см. гл. V).

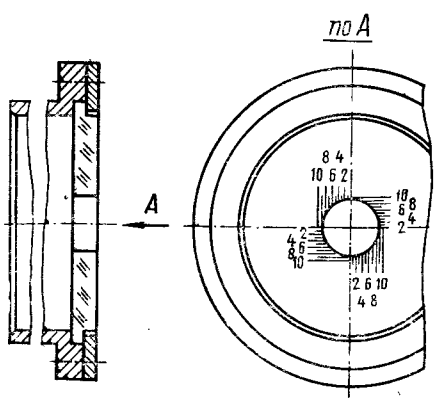


Рис. 73. Мишень

Первой операцией при оптической центровке двигателя является центровка оптической трубы на валу двигателя для совмещения оптической оси трубы с осью вращения вала. Эту операцию выполняют с помощью двух мишеней, одну из которых устанавливают на расстоянии

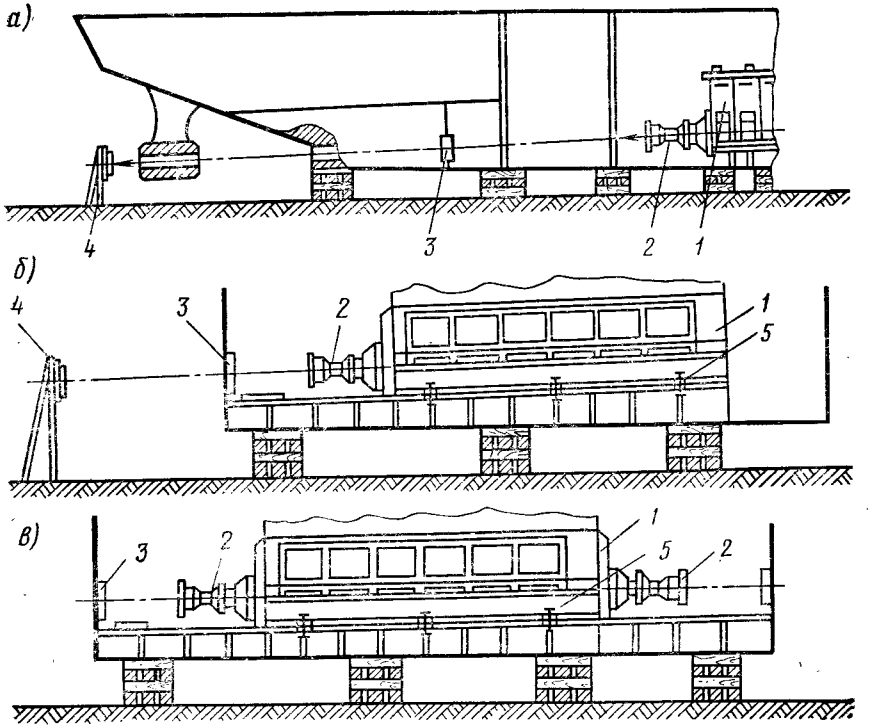


Рис. 74. Схема оптической центровки двигателей:
а — в готовом корпусе; *б, в* — в блоках; *1* — двигатель; *2* — оптический прибор; *3* — мишень; *4* — кормовой шергень; *5* — регулировочные болты

2 м от визирной трубы, а вторую — на расстоянии не менее 7 м. Операции выполняют в следующем порядке:

визирную трубу фокусируют сначала на ближнюю, а затем на дальнюю мишень; каждая мишень подводится до совмещения ее перекрестия с перекрестием сетки трубы;

вал двигателя вместе с трубой поворачивают на 180° и определяют размер смещения сетки трубы относительно перекрестий обеих мишеней в горизонтальной и вертикальной плоскостях;

замеренные значения смещений делят пополам и на полученное значение делают подцентровку визирной трубы при помощи регулировочных винтов приспособления (см. рис. 72): по дальней мишени устраняют наклон оси визирной трубы, по ближней — смещение оси;

после подцентровки трубы на половину значения смещения обе мишени перемещают до совмещения их перекрестий с сеткой трубы.

Операцию повторяют 2—3 раза для обеспечения высокой точности.

При центровке двигателей в блоках иногда применяют менее точный способ центровки оси визирной трубы с осью вращения вала двигателя. В этом случае центр перекрестия визирной трубы на переборке в двух взаимно противоположных положениях отмечают карандашом. Полученные два центра соединяют линией, и расстояние между ними

делят пополам. Полученная новая точка является искомым центром оси вращения вала. С этим центром совмещают ось визирной трубы, наклоняя ее до полного совмещения перекрестия трубы.

После центровки трубы по оси вращения вала двигателя производят центровку дизеля по теоретической оси валопровода, зафиксированной двумя мишенями. Эту операцию выполняют аналогично описанной, с той только разницей, что для подцентровки от визирной трубы смещают в нужном направлении двигатель: по дальней мишени — изменением наклона двигателя, по ближней — вертикальным его перемещением.

Двигатель считается сцентрированным удовлетворительно при следующих отклонениях:

$$\left|\frac{\delta''-\delta'}{l}\right| \leqslant 0{,}15 \text{ мм/м}; \quad |\delta'| \leqslant 1 \text{ мм},$$

где δ'' и δ' — соответственно смещение центра дальней и ближней мишеней;

l — расстояние между мишенями.

В процессе центровки двигателя и крепления его фундаментная рама может сдеформироваться, что приведет к искривлению оси коленчатого вала. Поэтому в процессе центровки неоднократно (5—6 раз) замеряют и исправляют р а с к е п ы — разности замеров расстояний между щеками кривошипов до и после поворота вала на 90, 180 и 270°. При этом необходимо проверить прилегание шеек коленчатого вала двигателя к вкладышам рамовых подшипников. Для выполнения контроля составляют таблицу раскепов (табл. 12)

Таблица 12

№ мотыля	Значение замера при различных положениях кривошипов					
	в. м. т. (верх)	н. м. т. (низ)	Разность замеров (раскеп)	п. б. (правый борт)	л. б. (левый борт)	Разность замеров (раскеп)
1						
2						

Нумерацию кривошипов начинают с носа судна. Знак раскепа «плюс», если замеры в в. м. т. и л. б. больше, чем в н. м. т. и п. б. Знак раскепа «минус», если расстояние между щеками кривошипов в в. м. т. и л. б. меньше, чем в н. м. т. и п. б.

Измеряют раскепы с помощью специального штихмаса, снабженного индикаторной головкой.

Допускаемые значения раскепов y (в мм) могут быть подсчитаны по эмпирической формуле

$$y = \frac{\sigma_{пр} R (l + 1{,}5 R)}{5 \cdot 10^5 d}, \qquad (31)$$

где $\sigma_{пр}$ — предельное значение дополнительных напряжений в коленчатых валах от изгиба при монтаже (около 50 кгс/см²);

R — радиус колена, мм;

l — расстояние между щеками коленчатого вала, мм;

d — диаметр шатунной шейки, мм.

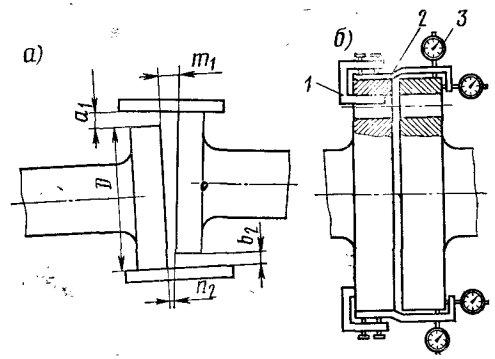


Рис. 75. Замеры изломов и смещений:
а — линейкой и щупом; *б* — парными стрелами; *1* — скоба крепления; *2* — стрелки; *3* — индикаторы

Контроль деформаций остова двигателя замером раскепов не является достаточно точным даже при одновременных замерах прилегания вала к вкладышам рамовых подшипников. Наиболее перспективным является метод контроля и сохранения качества стендовой сборки двигателя при его монтаже и центровке на судне, т. е. воспроизведение стендовых нагрузок от веса двигателя. Регулирование стендовых нагрузок по опорной поверхности фундамента обеспечивается с помощью ввернутых в лапы двигателя динамометров. Значения нагрузок на каждый динамометр должны быть зафиксированы при стендовой сборке на заводе-изготовителе и затем воспроизведены до окончательной подгонки прокладок на судне.

Центровку главных двигателей к окончательно смонтированному валопроводу выполняют способом замеров изломов и смещений; в этом случае не требуются сложные приспособления и приборы.

Для проверки соосности валопровода и коленчатого вала двигателя необходимо замерить соответствующие зазоры между фланцами (рис. 75). Затем по формулам определить фактические смещения δ (в мм) и изломы φ (в мм/м) в вертикальной и горизонтальной плоскостях:

$$\left.\begin{aligned} \delta &= \frac{(a_1 + b_1) - (a_2 + b_2)}{4}; \\ \varphi &= \frac{(m_1 + n_1) - (m_2 + n_2)}{2D_ф}, \end{aligned}\right\} \qquad (32)$$

где a_1 и a_2 — зазоры (смещения), замеренные на первой стреле в двух положениях (верх — низ или левый борт — правый борт), мм;

b_1 и b_2 — то же, на второй стреле, мм;

m_1 и m_2 — зазоры излома, замеренные на первой стреле в двух положениях, мм;

n_1 и n_2 — то же, на второй стреле, мм;

$D_ф$ — диаметр фланцев, м.

Допускаемые значения смещений и изломов можно определить расчетным путем. Для соединения гребного или промежуточного ва-

ла с валом двигателя установлены весьма жесткие допуски (0,1 мм по смещению и 0,15 мм/м по излому). При таких допусках можно избежать превышения допустимой дополнительной нагрузки на кормовой подшипник двигателя.

Крепление главных двигателей на судовых фундаментах можно выполнить двумя способами:

на металлических прокладках: сферических самоустанавливающихся, нерегулируемых и регулируемых клиньях (рис. 76);

на быстротвердеющих пластмассах.

Последовательность операций проследим на примере монтажа и крепления главного двигателя на сферических прокладках. После центровки главного двигателя определяют высоту сферических прокладок и передают размеры в цех для обработки прокладок. Обычно сферические прокладки заготовляют с припуском 10—20 мм и комплектуют на складе по типоразмерам. Поэтому, получив размеры, подрезают только верхнюю половину прокладки в специальном приспособлении. Верхняя половина сферической прокладки при монтаже самоустанавливается по нижней в соответствии с наклоном лапы механизма по отношению к опорной поверхности фундамента. Обработку прокладок ведут с чистотой ∇ 5.

Для замера толщины прокладки используют специальные пружинные штихмасы или приспособление — глубиномер.

Обработанные прокладки подгоняют по месту таким образом, чтобы пластина щупа 0,05 мм не проходила под прокладку. Установку прокладок выполняют одновременно с проверкой центровки главного двигателя и раскепов его коленчатого вала.

Убедившись в правильности центровки двигателя и в отсутствии деформаций от коленчатого вала, сверлят отверстия через лапы рамы главного двигателя в сферических прокладках и опорных поясках фундамента. При этом подрезают плоскости прилегания головок болтов и гаек. Диаметр части отверстий сверлят на 1 мм меньше, чтобы затем их развернуть под установку чистых калиброванных (призонных) болтов. Эту операцию делают после крепления двигателя на простых болтах и проверки его центровки. Призонные болты должны заходить в отверстие от легких ударов свинцовой четырехкилограммовой кувалды. Для облегчения заводки призонные болты целесообразно предварительно охлаждать с помощью жидкого азота или твердой углекислоты («сухого льда») в специальном охладителе.

Некоторые преимущества при креплении двигателя к фундаменту имеют регулируемые клиновые прокладки, представляющие собой два диска в виде клиньев с уклоном 1 : 20. Эти прокладки более просты в обработке, не требуют обточки торцов по замерам с места и обработки опорной поверхности фундамента с уклоном. Однако при регулировании они требуют большого навыка исполнителя. Установка главных двигателей на пласт-

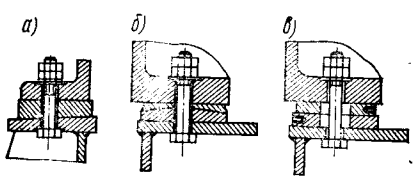


Рис. 76. Схемы крепления механизмов: *а* — на клиньях; *б* — на сферических прокладках; *в* — на регулируемых клиньях

массу ФМВ (формируемую малоусадочную волокнистую) не требует трудоемких ручных работ, связанных с подгонкой прокладок, их изготовлением и установкой на место.

Пластмассу запрессовывают в форму прокладки, размеры которой по толщине должны быть несколько больше, чем требуется после центровки двигателя. Этим будет учтена возможная усадка пластмассы. После центровки главного двигателя необходимо произвести некоторое смещение (подъем вверх) его над фундаментом при помощи отжимных болтов.

Значение смещения лежит в пределах 0,12÷0,23 мм и определяется расчетным путем по формуле

$$\delta_{см} = \frac{\sigma}{500},$$

где $\delta_{см}$ — смещение с учетом усадки прокладки из пластмассы ФМВ, мм;

$\sigma = \sigma_м + \sigma_б$ — суммарное напряжение сжатия в прокладке от веса механизма ($\sigma_м$) и от вытяжки болтов ($\sigma_б$), кгс/см^2.

Составляющие напряжения сжатия определяют по формулам:

$$\sigma_м = \frac{Q}{F_{пр}\, n} \quad \text{и} \quad \sigma_б = \frac{(0{,}6 \div 0{,}8)\, \sigma_т\, F_б}{F_{пр}},$$

где Q — вес главного двигателя, кгс;

$F_{пр}$ — опорная площадь прокладки, см^2;

n — количество прокладок;

$\sigma_т$ — предел текучести металла болта, кгс/см^2;

$F_б$ — площадь поперечного сечения болта (по внутреннему диаметру резьбы), см^2.

После смещения двигателя на расчетное значение производят повторную проверку раскепов коленчатого вала.

По размерам прокладок изготовляют и устанавливают неразъемные формы из листовой стали толщиной 2 мм. Высота формы зависит от расстояния между полкой фундамента и опорной лапой двигателя и должна быть меньше на 3—5 мм (рис. 77, *а*).

Пластмассу ФМВ приготавливают непосредственно на месте монтажа на судне.

Для этой цели служит переносная мастерская, оборудованная всем необходимым для хранения, взвешивания и приготовления смеси компонентов пластмассы из эпоксидной смолы ЭД-5 (основы), полиэтиленполиамина (отвердителя), дибутилфталата (пластификатора), асбеста и стекловолокна (наполнителя). Количество компонентов пластмассы рассчитывают в зависимости от размеров и количества прокладок по определенному нормами соотношению.

Приготовленную пластмассу запрессовывают через отверстие в лапе двигателя с помощью пневматического поршневого пресса (рис. 77, *б*). Отверстие лапы закрывают деревянной пробкой.

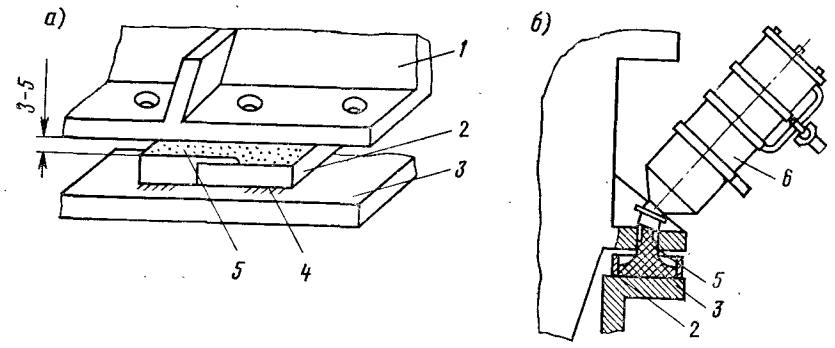


Рис. 77. Монтаж механизмов на пластмассе ФМВ:
а — формование прокладок; *б* — пресс для запрессовки; *1* — лапа двигателя; *2* — неразъемная форма; *3* — полка фундамента; *4* — электроприхватки; *5* — пластмасса ФМВ; *6* — пневматический пресс

Через 24 ч при температуре выше +16° С и через 72 ч при температуре ниже 16° С отжимные болты можно вывинтить и двигатель опустить на пластмассовые прокладки.

Сверловка отверстий, развертка части из них под призонные болты и крепление двигателя производятся аналогично описанному выше способу.

Перед запрессовкой пластмассы опорные поверхности лап и фундамента в местах установки прокладок смазывают тонким слоем технического вазелина или солидолом, поэтому в случае ремонта и замены двигателя прокладки легко удаляются при демонтаже.

§ 24. МОНТАЖ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

Большинство вспомогательных механизмов поступает на судно для монтажа сцентрованными на промежуточных фундаментных рамах, и лишь часть из них требует центровки непосредственно на судовых фундаментах. Механическое оборудование, состоящее из теплообменных аппаратов, фильтров, емкостей и др., не требует выполнения операций точной центровки, и его устанавливают на фундаментах по координатам чертежа.

При агрегатном методе монтажа работы на судне в основном сводятся к закреплению агрегатов на судовом фундаменте с соблюдением технических требований (в отношении горизонтальности и вертикальности, а также координат), указанных в чертеже.

Типовые технологические процессы монтажа вспомогательных механизмов состоят из тех же операций, что и монтаж главных двигателей.

Содержание операций и их последовательность, хотя и зависят от способов крепления на фундаменте, но выполняются по типовой структурной технологической схеме:



При монтаже механизмов и оборудования следует соблюдать технологические указания, отражающие особенности методов крепления.

Монтаж на стальных клиньях

1) Обработка поверхности фундамента под одну плоскость не обязательна, так как разность высот можно компенсировать толщиной клиньев при обработке по размерам с места.

2) Припуск на подгонку клиньев после обработки должен быть 0,1 мм по толщине, остальные размеры клиньев с отклонениями ±5 мм, чистота обработки ∇4; не допускается чеканка клиньев или лап механизма.

3) Отверстия для призонных болтов следует развертывать одновременно через раму механизма, клинья и полку фундамента; чистота обработки поверхности ∇5.

Монтаж на пластмассе БКД (бакелит — контакт — дерево)

1. Быстротвердеющая пластмасса БКД применяется взамен деревянных и стальных выравнивающих прокладок; состав пластмассы: жидкая бакелитовая смола, контакт Петрова (пластификатор) и просеянные древесные опилки (наполнитель).

2. На пластмассе БКД можно монтировать: агрегаты на общей раме, отдельные механизмы и оборудование, нецентрируемые со смежными.

3. При большой длине опорных фундаментов пластмассовые прокладки делят деревянными брусками на части; эти же бруски служат ограничителями при обжатии пластмассы.

Монтаж на деревянных прокладках

1. При изготовлении деревянных прокладок влажность древесины не должна превышать 12—15%; их выполняют из отдельных частей.

2. Прокладка не должна свисать с полки фундамента более чем на 10—15 мм, перед установкой ее необходимо проолифить и окрасить.

Монтаж непосредственно на опорную поверхность фундамента

1. Парусиновые прокладки устанавливают только при монтаже механизмов на открытой палубе.

2. Опорная поверхность фундамента должна быть приведена к одной плоскости; выхваты металла на поверхности допускаются только в отдельных местах.

Монтаж на амортизаторах типа КАС (корабельный амортизатор сварной)

1. Непараллельность опорных плоскостей амортизаторов и опорной поверхности фундамента допускается не более 3 мм на 1 м длины.

2. Усилия от затяжки болтов крепления механизма проверяют по значению крутящего момента, для чего используют динамометрический ключ.

3. Если в специальном расчете по выяснению достаточности силы трения от затяжки болтов для обеспечения полной неподвижности механизма при эксплуатации судна окажется, что эта сила недостаточна, то часть болтов крепления механизма следует делать призонными.

§ 25. МОНТАЖ СУДОВЫХ ВАЛОПРОВОДОВ

Монтаж судового валопровода состоит из работ, связанных с установкой опорных и упорных подшипников, гребных и промежуточных валов, соединительных муфт и гребных винтов.

Монтаж опорных подшипников промежуточных валов и упорных подшипников выполняют совместно с центровкой валопроводов, крепление их — после окончательной центровки.

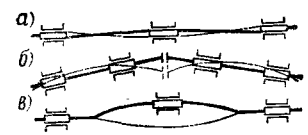
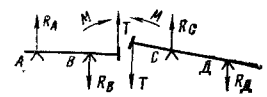
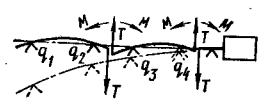
Технологический процесс монтажа состоит из трех групп основных операций: подготовки фундаментов и погрузки подшипников и валов в корпус судна, центровки валопровода и крепления подшипников к судовым фундаментам.

Наиболее трудоемки и сложны операции центровки валопроводов из-за жестких требований к точности монтажа.

В судовом валопроводе возникают напряжения от действия крутящего момента двигателя, упора винта и веса самого вала. Эти напряжения и нагрузки могут значительно возрастать при искривлениях валопровода, вызванных технологическими (монтажными) или эксплуатационными факторами. Учет этих факторов показал, что точное соблюдение прямолинейности валопровода для нормальной работы является отнюдь не обязательным.

В табл. 13 приведен анализ условий работы валопровода с учетом расцентровок, вызванных технологическими и эксплуатационными факторами.

Таблица 13

Причины расцентровки валопровода	Схема деформаций, сил и моментов, действующих на валопровод	Ненормальности в работе валопровода
1. Неточность обработки валов: шеек фланцев всего вала (изгиб)		Возникает значительная вибрация. Появляются небольшие дополнительные напряжения в валах
2. Местные деформации корпуса при постройке или при эксплуатации судна		Сильно увеличиваются нагрузки на подшипники. Вибрация не возникает
3. Смещение и излом при монтаже валопровода (T и M — силы и моменты, приложенные при сборке)		Появляются дополнительные нагрузки на подшипники от реакций на опорах, вызванных стягиванием концов вала
4. Провисание валов от собственного веса (при укладке валов поочередно без учета провисания получается изгиб оси валопровода)		Вибрация не возникает. Появляются дополнительные нагрузки на подшипники. Производят смещение двигателя или концевых кронштейнов
5. Износы вкладышей подшипников и остаточные изменения упругой линии корпуса при эксплуатации		Неисправности в работе валопровода такие же, как и в случаях 2 и 4

Теоретическими и экспериментальными исследованиями было установлено, что технологические процессы монтажа должны обеспечить такую точность центровки, при которой соблюдаются следующие условия:

$$|R| \leqslant 0{,}5P; \quad \sigma_{доп} \leqslant 300 \text{ кгс/см}^2,$$

где R — дополнительная нагрузка в подшипниках, вызванная неточностью центровки линии валопровода, кгс;

P — конструктивная нагрузка от веса валопровода, кгс;

$\sigma_{доп}$ — дополнительные изгибные напряжения в валах от неточности центровки, кгс/см^2.

Абсолютные значения расцентровок играют гораздо меньшую роль, чем их взаимное расположение.

Расчетное определение допускаемых смещений и изломов. Валопровод большой длины (рис. 78). Качество центровки незначительно зависит от несоосности концевых валов (гребного и вала двигателя) у валопроводов большой длины. Для определения допустимых расцентровок Д. Л. Гармашев предложил приемлемые для практического применения приближенные формулы, представляющие собой неравенства, в правой стороне которых даны значения постоянных величин для данного валопровода, а в левой — суммы замеренных расцентровок валов.

При установке любого вала на двух опорных подшипниках

$$|\varphi_1| + \frac{2000}{3l}|\delta_1| \leqslant 2{,}5\frac{l^3}{10^5(d^2+d_0^2)}. \qquad (33)$$

При установке любого вала на одном опорном и одном монтажном (временном) подшипнике

$$|\varphi_2| + \frac{2000}{3l}|\delta_2| \leqslant 1{,}25\frac{l^3}{10^5(d^2+d_0^2)}, \qquad (34)$$

где φ_1; φ_2; δ_1; δ_2 — изломы (в мм/м) и смещения (в мм) между сцентрированными валами;

d; d_0 — наружный и внутренний диаметры валов, см;

l — среднее расстояние между подшипниками в трех смежных пролетах, см.

Неравенства получены из решения уравнений упругого изгиба балок.

По приближенным формулам значения допустимых расцентровок подсчитывают для всех соединений, кроме соединения носового промежуточного вала с валом двигателя (для него установлены более жесткие допуски: 0,1 мм по смещению и 0,15 мм/м по излому). Полученные значения пригодны для оценки качества центровки на плаву; при проверке на стапеле расчетные допустимые смещения и изломы необходимо ужесточить вдвое.

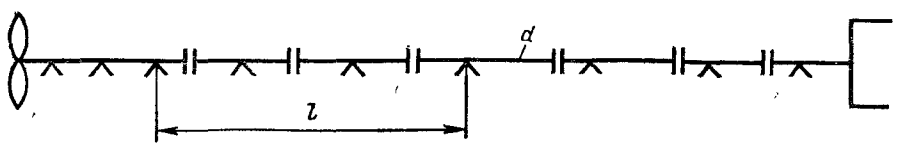


Рис. 78. Схема валопровода большой длины

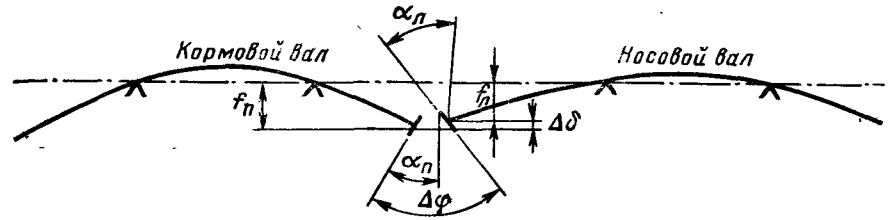


Рис. 79. Провисание концов валов

При замерах изломов и смещений и сравнении их значений с расчетными (допустимыми) необходимо вносить поправки на провисание и поворот концов валов от собственного веса.

Поправки рассчитывают по формулам:

$$\left.\begin{aligned}\Delta\delta &= f_л - f_п;\\ \Delta\varphi &= \alpha_л - \alpha_п,\end{aligned}\right\} \qquad (35)$$

где $\Delta\delta$ и $\Delta\varphi$ — поправки на смещение и излом; положительны при смещении левого конца носового вала вниз относительно кормового (рис. 79);

$f_л$; $f_п$ — стрелы прогиба концов левого и правого валов, мм;

$\alpha_л$; $\alpha_п$ — углы поворота левого и правого валов (положительны при повороте по часовой стрелке), мм/м.

Параметры провисания концов валов определяют по формулам упругого изгиба балок от действия равномерно распределенного веса валов и сосредоточенных грузов (муфт, шкивов и др.) по общеизвестным формулам. Поправки $\Delta\delta$ и $\Delta\varphi$ вычитают из замеряемых значений изломов и смещений.

Короткие валопроводы (рис. 80). Такие валопроводы состоят из гребных и промежуточных валов, имеющих только две опоры (рис. 80, *а*), или только из гребных валов (рис. 80, *б*).

Для коротких валопроводов, в отличие от валопроводов большой длины, несоосность вала двигателя и гребного вала более всего определяет качество центровки. Для уменьшения дополнительных напряжений в валах и дополнительных нагрузок на подшипники, возникающих из-за монтажных искривлений валопровода, сборку соединений валов выполняют раньше, чем устанавливают подшипники, подводимые затем к рабочим шейкам собранного валопровода.

Используя уравнения упругого изгиба, можно найти реактивные моменты M_1 и M_2, возникающие от стягивания фланцевых соединений несоосных валов (гребного и двигателя) в зависимости от значений изломов и смещений.

Эти моменты из условий допустимых нагрузок на подшипник соответствуют неравенствам

$$\left.\begin{aligned}M_1 = R_1 l_1 < 0{,}5Pl_1;\\ M_2 = R_2 l_2 < 3Fl_2,\end{aligned}\right\} \qquad (36)$$

где R_1 и R_2 — наибольшие допустимые нагрузки на подшипники гребного вала и двигателя, кгс;

F — площадь проекции вкладыша рамного подшипника двигателя, см^2.

По условиям допустимых изгибных напряжений в материале валов моменты должны находиться в следующем соотношении:

$$M_1 < W\ \sigma_{доп} > M_2. \qquad (37)$$

Из трех значений моментов, определяемых по формулам (36) и (37), можно найти наименьшее по абсолютному значению M и ввести его в расчетные формулы для допустимых расцентровок валов.

Приближенные зависимости для определения допустимых расцентровок имеют следующий вид:

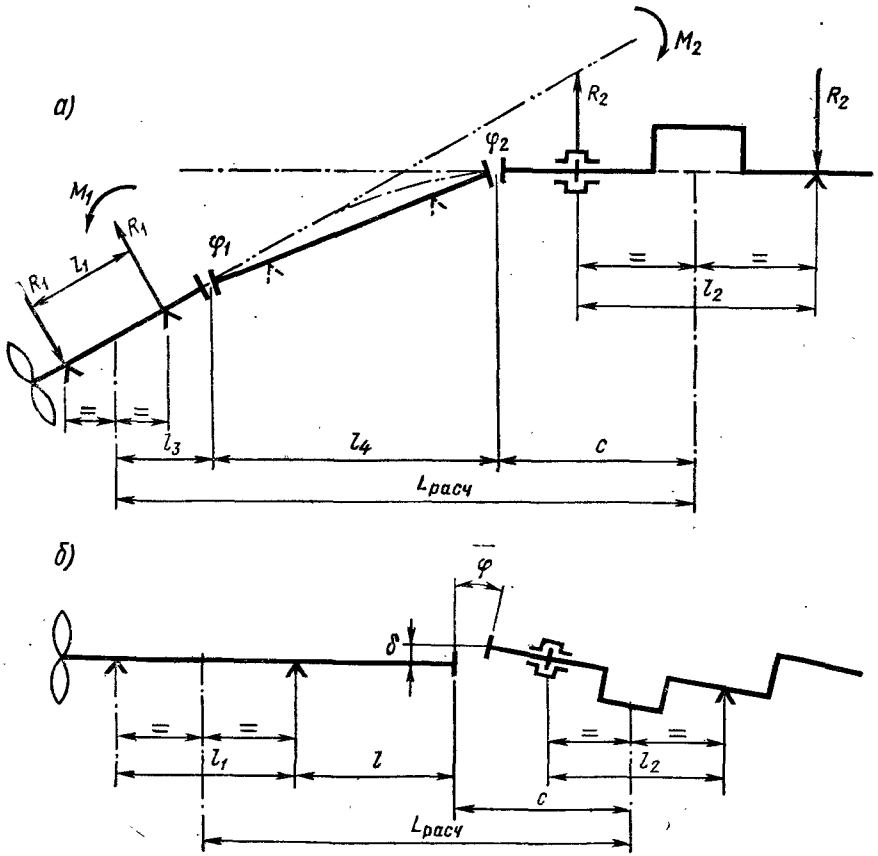


Рис. 80. Схемы коротких валопроводов:
а — с промежуточным валом; *б* — без промежуточного вала

при расцентровке коротких валопроводов с промежуточными валами по схеме рис. 80, *а*

$$\left.\begin{aligned} |\varphi_1(2L_{расч}-3l_3)+\varphi_2(3c-L_{расч})| &\leqslant \frac{ML^2_{расч}\cdot 10^3}{2EI};\\ |\varphi_1(3l_3-L_{расч})+\varphi_2(2L_{расч}-3c)| &\leqslant \frac{ML^2_{расч}\cdot 10^3}{2EI}, \end{aligned}\right\} \qquad (38)$$

при расцентровке коротких валопроводов без промежуточных валов по схеме рис. 80, б

$$\left.\begin{aligned} |300\delta+\varphi(3c-L_{расч})| &\leqslant \frac{ML^2_{расч}\cdot 10^3}{2EI};\\ |-300\delta+\varphi(2L_{расч}-3c)| &\leqslant \frac{ML^2_{расч}\cdot 10^3}{2EI}. \end{aligned}\right\} \qquad (39)$$

В формулах (36)—(39), кроме размеров, указанных на рис. 80, *б*, приняты следующие обозначения:

W — момент сопротивления валопровода в наименьшем сечении, см^3;

$\sigma_{доп}$ — составляет 300 кгс/см^2 в коротких валопроводах (см. рис. 80, *б*);

E — модуль упругости, кгс/см^2;

I — средний момент инерции сечения вала, определяемый по приближенной формуле

$$I = \frac{I_1 l_3 + I_2 l_4 + I_3 c}{L_{расч}},$$

где I_1; I_2; I_3 — соответственно моменты инерции гребного, промежуточного и вала двигателя.

Расчет дополнительной нагрузки на подшипники валопроводов по замерам динамометрами. Допустимые дополнительные нагрузки на подшипники рассчитывают по формулам табл. 14.

Таблица 14

Этапы	Допускаемые дополнительные нагрузки в вертикальной и горизонтальной плоскостях		
	на подшипники промежуточных валов	на носовую дейдвудную опору	на кормовой подшипник двигателя
Предварительная центровка для замеров клиньев	$\pm 0{,}05P$	—	—
Сдача центровки на стапеле	$\pm 0{,}25P$	$\pm 0{,}25P$	$\pm 0{,}5R_2$
Сдача центровки на плаву	$\pm 0{,}5P$	$\pm 0{,}5P$	$\pm R_2$

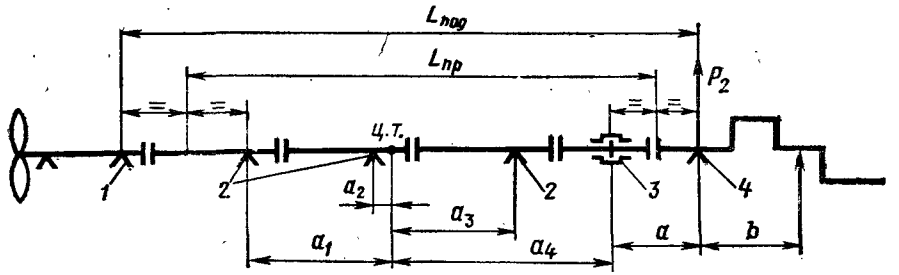


Рис. 81. Расчетная схема валопровода:
1 — носовой дейдвудный подшипник; *2* — промежуточный подшипник; *3* — упорный подшипник; *4* — кормовой подшипник двигателя

Значения P и R_2 в табл. 14 определяют по формулам:

$$P = \frac{Q}{n}; \tag{40}$$

$$\left.\begin{aligned} |R_1| &\leqslant 0{,}5P; \\ |R_2| &\leqslant 3F; \\ |R_2| &\leqslant \frac{5(a+b)\,d^3}{ab}, \end{aligned}\right\} \tag{41}$$

где P — средняя конструктивная нагрузка, кгс;
Q — вес промежуточных валов на длине $L_{пр}$ (рис. 81), кгс;
n — число подшипников на длине $L_{пр}$;
R_1 — дополнительная допускаемая нагрузка на дейдвудные втулки, кгс;
R_2 — дополнительная нагрузка на кормовой подшипник двигателя, рассчитанная по удельному давлению (но не более 3 кгс/см^2), и при отсутствии искривления коленчатого вала, кгс;
F — площадь проекции вкладыша кормового рамного подшипника, см^2;
d — диаметр шейки коленчатого вала в районе подшипника, см.
Остальные обозначения даны на рис. 81.

Фактические нагрузки на подшипники могут быть измерены при помощи специальных динамометров, установленных в лапы корпуса подшипника, как изображено на рис. 82. Положение подшипников по высоте можно регулировать с помощью этих динамометров и одновременно определить нагрузку.

Установить динамометры под кормовой подшипник двигателя и носовую дейдвудную опору невозможно, поэтому для определения нагрузки на эти подшипники динамометры устанавливают в разобщенные близлежащие фланцевые соединения, как показано на рис. 83.

Дополнительные нагрузки R на подшипники промежуточных валов по показаниям динамометров рассчитывают по формулам:

в вертикальной плоскости

$$R = (G_л + G_{пр} - q) - P; \tag{42}$$

в горизонтальной плоскости

$$R' = (G_л + G_{пр})\frac{C}{2h}, \tag{43}$$

где $G_л$; $G_{пр}$ — нагрузка динамометров на левой и правой лапах подшипников, тс;
q — вес подшипника, тс;
P — средняя конструктивная нагрузка, тс;
C; h — размеры, изображенные на рис. 82.

Расчет дополнительных нагрузок на дейдвудную опору R_1 и на кормовой подшипник двигателя R_2 в вертикальной (горизонтальной) плоскости по показаниям динамометров выполняют по формулам:

$$\left.\begin{aligned} R_1 &= \frac{P'_с\,(a_1+b_1)+P'_п D_1}{b_1}; \\ R_2 &= \frac{P''_с\,(a_2+b_2)+P''_п D_2}{b_2}, \end{aligned}\right\} \tag{44}$$

где $P'_с$; $P''_с$ — нагрузки динамометров, создаваемые для ликвидации смещений в вертикальной (горизонтальной) плоскости (положительны при направлениях сил вниз и к правому борту), тс;

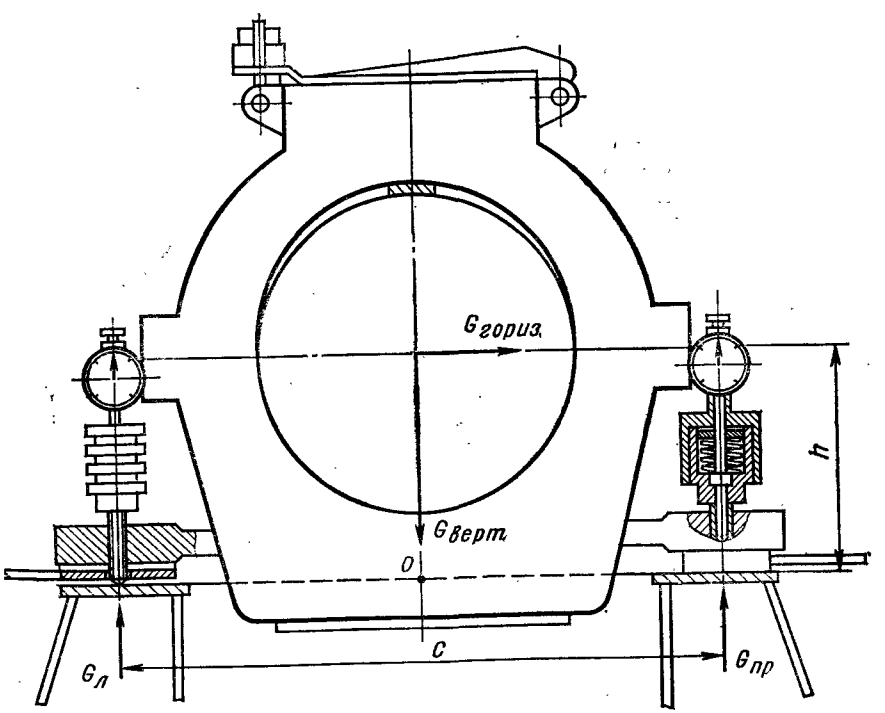


Рис. 82. Устаиовка дииамометров в лапах подшипиика

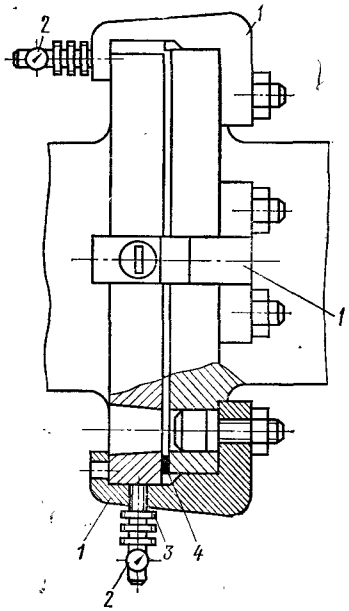


Рис. 83. Установка динамометров во фланцевых соединениях: *1* — скоба; *2* — динамометр для замера усилий при ликвидации изломов; *3* — динамометр для замера усилий при ликвидации смещений; *4* — мерная прокладка

$P'_п$; $P''_п$ — нагрузки динамометров, создаваемые для ликвидации изломов в вертикальной (горизонтальной) плоскости, положительны при зазоре между фланцами вверху и с левого борта, тс;

D_1; D_2 — диаметры фланцев у гребного вала и двигателя, см;

a_1; b_1; a_2; b_2 — размеры, изображенные на рис. 84, см.

Технология центровки по расчетным изломам и смещениям. 1. В зависимости от схемы валопровода рассчитывают допуски на излом и смещение, пользуясь формулами (33)—(39). Затем строят номограмму в координатах δ; φ. По номограмме определяют допуски в соединении промежуточных валов между собой и с гребным валом; для соединения валопровода с двигателем допускаемое смещение принимают 0,1 мм, излом — до 0,15 мм/м.

2. Размечают опоры гребного вала под расточку (с помощью визирной трубы, закрепленной на оси вала двигателя), затем растачивают опоры. На небольших судах эта операция отсутствует, так как кронштейны и дейдвудные трубы устанавливают заранее обработанными в чистый размер.

3. На фундаменты устанавливают подшипники и на них укладывают валы. Если на валах по схеме предусматривается только один штатный подшипник, то в качестве второй опоры подводят под вал монтажный подшипник.

4. Центрируют соединяемые между собой валы, перемещая подшипники в вертикальной и горизонтальной плоскостях при помощи отжимных болтов. Точность центровки должна соответствовать допускам на изломы и смещения, определенные расчетом.

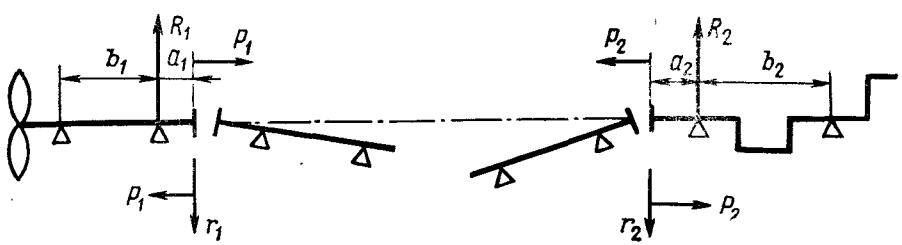


Рис. 84. Схема дополнительных нагрузок на дейдвудную опору и кормовой подшипник двигателя

5. Производят замеры прокладок под лапами подшипников при одновременной проверке масляных зазоров между валом и крышкой подшипника. Изготовляют и ставят по месту прокладки: стальные клинья, сферические саморегулирующиеся или регулируемые двухслойные. Сверлят и развертывают отверстия, ставят простые и призонные болты.

6. После закрепления подшипников на фундаментах замеряют изломы и смещения, сравнивают их с расчетными и производят сдачу центровки в расчетных допусках.

7. Если центровку валопровода выполняли на стапеле, то после спуска судна на воду изломы и смещения проверяют только в соединении с двигателем.

Неточность центровки исправляют перестановкой ближайшего опорного подшипника с заменой прокладок.

Технология центровки валопроводов по нагрузке на подшипники. 1. Перед центровкой валопровода рассчитывают среднюю конструктивную нагрузку на подшипники, допускаемые дополнительные нагрузки на подшипники промежуточного валопровода, носовую опору дейдвуда и кормового подшипника двигателя по формулам (40) — (42). Проверяют возможность центровки валопровода по нагрузкам на подшипники по формуле

$$| P (a_1 + a_2 - a_3 - a_4) | \leqslant 0{,}1 \, P \, L_{под}$$

(применительно к рис. 81). Если это условие не соблюдено, то корректируют задаваемые нагрузки за счет изменения их на подшипниках, близко расположенных к корме и носу. После корректировки сумма моментов сил задаваемых нагрузок на подшипники относительно ц. т. валопровода должна быть не более $0{,}1 \, P \, L_{под}$.

2. После окончания монтажа гребных валов и установки двигателя на фундаментах устанавливают подшипники валопровода и на них укладывают промежуточные валы.

3. Совмещают фланцы валопровода, перемещая подшипники по вертикали и горизонтали с помощью отжимных болтов в лапах, затем все фланцевые соединения валов собирают, в том числе соединения у двигателя и гребного вала.

4. Подшипники прижимают к шейкам валов, обеспечивая зазор в 1,5 раза больше масляного зазора. Для этой цели в подшипники закладывают мягкие промасленные прокладки из картона, паронита или прессшпана. Ширина их не более $^1/_6$ диаметра вала.

5. В каждой лапе подшипника в отверстия для болтов устанавливают динамометры, используя их в дальнейшем как отжимные болты для поднятия и опускания подшипников. Нагрузка от веса валопровода и подшипника передается на штоки установленных динамометров (см. рис. 82).

6. Разбирают фланцевые соединения у двигателя и гребного вала и монтируют по четыре скобы (см. рис. 83) с динамометрами для замера стягивания фланцев при ликвидации излома и смещения.

7. Рассчитывают дополнительные нагрузки на подшипники по показаниям динамометров в лапах подшипников и фланцевых соединений по формулам (42) и (43); расчеты ведут в табличной форме.

8. Если фактические дополнительные нагрузки на подшипники соответствуют допустимым значениям, фланцевые соединения у двигателя и гребного вала закрепляют. Проверив показания динамометров под подшипниками, изготовляют и ставят на место прокладки, сверлят и развертывают отверстия под фундаментные болты.

9. После пригонки и постановки прокладок подшипники приподнимают на динамометрах до появления между лапой подшипника и прокладкой зазора 0,1 мм, записывают показания и подсчитывают дополнительные нагрузки. Исправление в установке какого-либо подшипника выполняют с поднятием лишь двух смежных подшипников, а не всего валопровода.

10. Если фактические нагрузки на подшипники не выходят за пределы допускаемых для данного этапа постройки судна (на стапеле или на плаву), центровку считают принятой. Подшипники крепят на простые и призонные болты.

Центровка с подведением подшипников к собранному валопроводу. Этот способ применим главным образом при монтаже коротких валопроводов. Центровку ведут от гребного вала при неустановленном двигателе.

Последовательность операций такая:

1. Промежуточные валы собирают между собой и прицентровывают их к оси гребного вала, затем прицентровывают двигатель к промежуточному валу. Промежуточные валы устанавливают на две опоры (штатные или монтажные подшипники). Центровку главного двигателя производят с допусками 0,1 мм на смещение и 0,15 мм/м по излому с расчетными поправками на провисание валов от собственного веса.

2. Двигатель окончательно закрепляют на фундаменте, после чего проверяют качество центровки его с промежуточным валом и при необходимости подцентровывают в соответствии с допускаемыми расчетными значениями излома. При замере изломов провис валов от собственного веса учитывать не требуется.

3. Все фланцевые соединения полностью собирают на болтах.

4. Опорные подшипники устанавливают на фундаменты, в лапы ввертывают динамометры и с их помощью поджимают подшипники к шейкам валов с силой, равной половине веса двух смежных пролетов валопровода.

5. Изготовляют установочные прокладки и закрепляют подшипники на фундаменте.

При серийной постройке судов вместо динамометров контролировать силу прижатия подшипника к шейке вала можно с помощью индикаторной головки. Для этого на головном судне при поджатии с заданной силой подшипников (что проверяют динамометрами) с помощью индикаторной головки вымеряют значение поднятия валопровода в районе подшипника. Замеры поднятия вала используют на следующих судах серии.

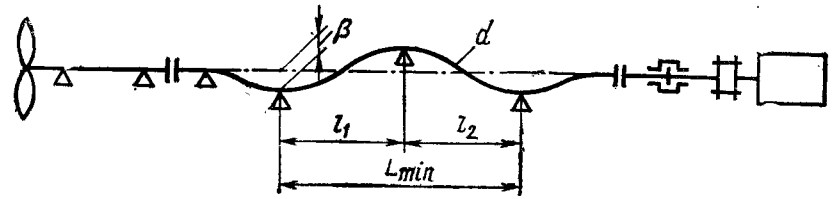


Рис. 85. Схема валопровода на подшипниках качения

Оптическая центровка валопроводов на подшипниках качения. Прогрессивной является оптическая центровка подшипников до укладки в них валов диаметром до 200 мм.

В этом случае подшипники, дейдвудные трубы и кронштейны устанавливают по оптической оси визирной трубы, закрепленной на валу двигателя или его редуктора по оси вращения вала. Оптическую ось валопровода можно использовать и для разметки отверстий кронштейнов и дейдвудов под расточку.

По оси визирной трубы, установленной на валу двигателя, центрируют опорные подшипники. Для этой цели в подшипниках зажимают фальшвалы, снабженные у торцов мишенями. Центры мишеней совмещают с осью визирования.

Прочность роликовых подшипников выше, чем подшипников скольжения, поэтому допуски центровки определяют в зависимости от напряжений в валах.

Допускаемые смещения β подшипников от оптической оси валопровода рассчитывают по формуле, выведенной для наиболее напряженного участка валопровода (участок с минимальными соседними пролетами валов на рис. 85 ограничен L_{min}):

$$\beta = \frac{l_1 l_2}{84 \cdot 10^2 d}, \qquad (45)$$

где l_1; l_2; d — размеры, изображенные на рис. 85.

По формуле (45) можно определить смещение лишь в случае, если $L_{min} \geqslant 156\sqrt{d}$. При меньшем значении L_{min} расчетные допускаемые значения должны быть пропорционально уменьшены.

После центровки опорных подшипников замеряют прокладки, изготовляют их и подгоняют по месту, сверлят отверстия и подшипники закрепляют на фундаментных болтах.

В закрепленные на фундаменты подшипники заводят промежуточные валы, а в кронштейны и мортиры — гребные валы. После спуска на воду центровку проверяют в соединении валопровода с двигателем. Иногда проверку центровки этого типа валопровода на стапеле производят по изломам и смещениям. Тогда рассчитывают допускаемые расцентровки по выражениям:

$$|\delta| = 2\beta; \quad |\varphi| = 3\beta.$$

§ 26. МОНТАЖ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО, РАДИО- И НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

По монтажу электромеханического и радиооборудования на ряде судов трудоемкость работ составляет 9—10% от общей трудоемкости по постройке судна.

Электромонтажные работы выполняют в зависимости от принятой технологии постройки судна:

параллельно и одновременно во всех помещениях; в этом случае должны быть достигнуты одинаковая готовность помещений и насыщение их приваренными доизоляционными деталями;

параллельно по отдельным районам судна; судно делят на два-три района для сокращения времени бухтования кабелей;

параллельно в блоках судна до их стыкования; при монтаже в блоках магистральные и местные кабели выкладывают в желобах и кассетах по всей длине блока без промежуточного бухтования;

выборочно; монтаж ведут только в помещениях судна, оказавшихся подготовленными к монтажу электрооборудования; способ является устаревшим, не удовлетворяющим требованиям современной технологии постройки судов.

При выполнении электромонтажных работ можно выделить четыре этапа, включающих: подготовительные работы, «внешний» монтаж (прокладка кабелей по отсекам), «внутренний» монтаж (оконцевание и подключение кабелей к электрооборудованию) и сдаточные испытания. Почти половина всей трудоемкости электромонтажных работ падает на долю внешнего монтажа, который ведут параллельно с корпусными, механомонтажными, трубопроводными и другими работами. Сложность кабельных работ при внешнем монтаже обусловливается необходимостью затяжки большого количества кабелей без сращивания. Наиболее сложна затяжка кабеля через все водонепроницаемые переборки или палубы.

Трудоемкость укладки кабелей сокращается при хорошей организации подготовительных работ в береговом электромонтажном цехе и совершенствовании технологии этих работ. В цехе изготовляют прямые и поворотные панели, различные скобы и крепления, обрезают и подготовляют кабель на специальные барабаны, маркируют и защищают концы от попадания влаги. Максимальная готовность панелей, скоб, кассет и мостов кабельных трасс позволяет сократить не только трудоемкость кабельных работ, но и подготовительных работ, проводимых на судне перед производством внешнего монтажа. Установку электрооборудования небольшой массы, монтаж переборочных и палубных сальников для прохода кабелей производят электромонтажники после окончания доизоляционных работ по насыщению.

Внутренний монтаж начинают после контрольной проверки правильности установки электрооборудования. Вначале производят замер концов кабелей, затем — отрезку и оконцевание их. Оконцевание состоит из операций оголения концов кабеля и крепления на них наконечников. Для облегчения операций снятия защитных и шланговых оболочек применяют специальные ножи и мерительные шаблоны для определения длины обрезаемых участков.

Испытывают электросети и электрооборудование после тщательной проверки («прозванивания») каждой электрической цепи на прохождение тока, а также распределительных, групповых щитов и всех потребителей энергии на наличие питания от постороннего источника тока. Электрооборудование и все электрические схемы испытывают в период швартовных и сдаточных испытаний по специальной программе.

Радиомонтажные работы выполняют примерно по той же технологии, что и электромонтажные. Но добавляется к ним еще очень важный этап — монтаж антенных устройств.

Подготовительные работы ведут одновременно в цехе (наладка и регулировка радиоаппаратуры) и на судне (подготовка и оборудование помещений, предназначенных для установки радиоаппаратуры). В помещениях (радиорубках) к началу радиомонтажа должны быть закончены изоляционные работы, внутренняя отделка и окраска, монтаж освещения и др. Подкрепления, каркасы, скобы и другие элементы для радиомонтажа устанавливают в период доизоляционного насыщения секций, блоков или судовых помещений на стапеле.

Монтаж и крепление радиоаппаратуры (агрегатов питания, радиопередатчиков, щитов управления, пускателей, реостатов и др.) производится на амортизаторы или непосредственно на опорные фундаменты и подкрепления. Вся радиоаппаратура, как правило, предварительно собрана в блоки и агрегаты. Поэтому монтаж на судне сравнительно прост.

Кабельные работы по радиооборудованию выполняют по такой же технологии, что и по электрооборудованию.

Наиболее сложны операции по обеспечению радиоприема от различного рода помех. Экранировка зависит от тщательности исполнения заземления кабеля и радиооборудования.

Монтаж антенных устройств на современных судах занимает большой объем работ по установке штыревых и проволочных антенн, рамочных устройств судового радиопеленгатора и радиолокатора.

Заключительный этап монтажа — электрическая проверка и испытание радиоаппаратуры. Особое место в этих работах занимают настройка и регулировка аппаратуры на судовые антенны и фидерные линии из высокочастотных кабелей, а также проверка возможности одновременной работы различных судовых радиоустановок.

Монтаж навигационного оборудования включает установку и регулировку гирокомпаса, авторулевого, автопрокладчика, лага, навигационного лота и др.

Монтаж, настройка и регулировка навигационного оборудования — наиболее сложные работы достроечного периода судна. Разработаны специальные инструментальные методы проверки и регулировки навигационного оборудования, которые исключают необходимость выхода судна для завершения этих работ в натурные условия.

Глава VII

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И МОНТАЖ СУДОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

§ 27. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СУДОВЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИИ ТРУБОПРОВОДНЫХ РАБОТ

Рост энерговооруженности современных судов приводит к значительной насыщенности судовых помещений разветвленными трассами систем и трубопроводов. Трудоемкость их изготовления и монтажа, несмотря на непрерывное совершенствование технологии, возрастает и составляет в зависимости от типа судна от 7 до 11% трудоемкости всех работ по постройке судна. Технологию изготовления и монтажа трубопроводов во многом определяет конструкция путевого соединения. Большинство трубопроводов соединяют на фланцах (рис. 86), причем для повышения технологичности соединения все чаще применяют свободно сидящие фланцы. Появились более технологичные конструкции штуцерных соединений для труб малого диаметра (рис. 87). В условиях повышенной вибрации, при установке механизмов на амортизаторах, применяют дюритовые соединения.

Современное производство трубопроводных работ характеризуется:

применением более совершенного оборудования, обеспечивающего повышение точности изготовления труб и производительности труда;

внедрением оборудованных рольгангами линий для резки труб в комплексе с механизированным складом труб, при помощи которых происходит автоматическая подача труб к отрезным станкам и на последующие операции;

групповым запуском труб в обработку с использованием для этой цели карт раскроя и электронно-вычислительной техники;

широким внедрением изготовления труб по эскизам и совмещенным размерным схемам (до 75% труб по массе);

применением малой механизации при монтаже;

расширением агрегатирования и панелирования.

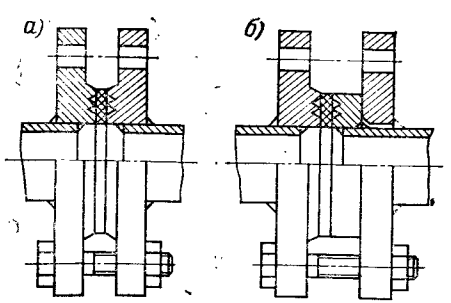


Рис. 86. Фланцевые соединения трубопроводов:
а — с неподвижными фланцами; *б* — со свободно сидящими фланцами

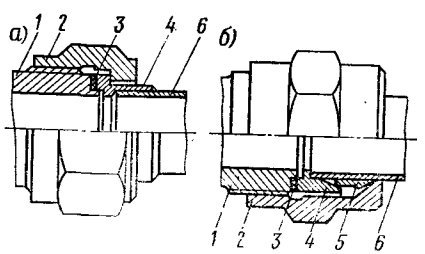


Рис. 87. Штуцерные соединения:
а — с приварным ниппелем; *б* — с неприварным ниппелем; *1* — штуцер; *2* — гайка; *3* — прокладка; *4* — ниппель; *5* — втулка; *6* — труба

В состав типовых технологических процессов изготовления и монтажа трубопроводов входят операции, перечисленные в табл. 15.

Таблица 15

Операция	Оборудование, инструмент
Снятие шаблонов на судне	Слесарный инструмент
Резка труб	Абразивный станок СРЗТ-2 и др.
Отжиг труб перед гибкой	Печь с электронагревом
Гибка стальных труб	Пневмогибочные станки и станки типа СТГ-2М, СТГ-2, СТГ-3 и с индукционным нагревом типа СТГВ-1
Обрезка труб после гибки и зачистка кромок	Станок типа СРЗТ-1М и др.
Нарезка резьбы на концах труб	Трубонарезной станок типа С-225
Пригонка труб к элементам соединений	Сборочные приспособления и макетировочные стенды
Вырезка круглых отверстий	Вертикально-фрезерные и сверлильные станки
Вырезка овальных отверстий	Сверлильный станок, резаки для газовой резки
Пригонка патрубков к трубе	Макетировочный стенд
Раздача и обжатие концов труб	Пресс ПГ-50, сменные пуансоны
Зачистка концов труб под сварку	Станок типа СЗКТ-2 и др.
Прихватка и сварка элементов соединений труб	Сварочные посты
Торцовка труб	Станки типа ФП-450
Зачистка сварных швов	Станки типа ФП-450 и др.
Гидравлические испытания	Пневмозажимы и пневмогидравлические насосы
Маркировка и комплектация	Клейма, бирки
Химическая очистка труб	Оборудования для химической очистки
Грунтовка и сушка	Краскораспылители и сушильные камеры
Горячее цинкование, эмалирование и др.	Специальное оборудование
Очистка и установка арматуры	Слесарный инструмент
Заготовка и установка дюритовых муфт	Слесарный инструмент
Окончательная сборка труб	Пневмогайковерты и специальные ключи
Крепление труб на подвесках	Слесарный инструмент
Испытание на плотность на судне	Ручные насосы

В ней же указано наиболее часто применяемое оборудование, инструмент и приспособления.

§ 28. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ТРУБ

Форму и размеры труб предопределяют чертежи, содержащие схемы трубопроводов (безразмерные и размерные).

Безразмерные схемы систем трубопроводов рассчитаны на технологию изготовления труб с определением формы и размеров труб последовательным изготовлением проволочных шаблонов по месту.

Размерные схемы содержат детальную разбивку трубопроводов на звенья со всеми размерами и координатами относительно базовых конструкций судна. Изготовление шаблонов в этом случае не требуется — вместо них составляют технологические эскизы на каждую трубу.

Технологические эскизы, содержащие размеры для разработки программы гибки и контроля габаритных размеров, составляют по совмещенному сборочно-монтажному трубопроводу в процессе рабочего проектирования или на стадии постройки первых судов серии.

Перед составлением эскизов труб вычерчивают вспомогательные совмещенные чертежи следов набора и корпусных конструкций и предварительные расчетные схемы трасс трубопроводов. Окончательную отработку эскизов производят при построении совмещенной размерной схемы трубопроводов или после установки на судно изготовленных по эскизам труб.

На совмещенный чертеж следов набора и корпусных конструкций наносят набор, переборки и борта, фундаменты механического оборудования с координатами относительно набора, а также детали насыщения трубопроводов.

Такие чертежи составляют для плоскостей проекций корпуса судна: настила второго дна, платформ, палуб, бортов, продольных и поперечных переборок, стенок машинной шахты.

Расчетные схемы трасс строят на совмещенном чертеже следов набора и корпусных конструкций. На схеме дают все размеры, необходимые для составления эскизов труб, обозначают принадлежность трубы к системе (Б — балластная, П — пожарная, В — водоотливная, М — масляная и др.), ее порядковый номер и координаты, определяющие расстояние от оси трубы (400, 600, 800 и др.) до плоскости, на которую она проектируется (настил второго дна, переборка и т. д.).

На основании расчетных схем составляют совмещенный сборочно-монтажный чертеж трубопроводов с координатами трасс для рассматриваемого отсека судна. В процессе построения делают дополнительную графическую проверку цепей геометрических размеров трасс. Трубопроводы на схеме наносят в одну осевую линию с использованием условных обозначений арматуры штуцеров, ответвлений, приварышей, соединений и других элементов.

Совмещенный сборочно-монтажный чертеж служит для уточнения технологических эскизов и является руководством для сборки на судне предварительно изготовленных труб.

Используя этот чертеж, оформляют технологические карты на изготовление труб и составляют программу гибки их на станках. Карта содержит эскиз трубы, программу гибки, технологические указания, а также нормативные данные о трудоемкости и зарплате по всем операциям, выполняемым при цеховом изготовлении труб. Эскиз трубы изображен на рис. 88, в табл. 16 приведены основные технологические данные и программа гибки этой трубы. Радиусы гибки унифицированы, поэтому на эскизе не указаны.

Изготовление проволочных шаблонов для определения формы и размеров труб не требует такой тщательной и трудоемкой технолого-конструкторской подготовки. Этот способ чаще всего применяют тогда, когда готовы помещения судна и в них размещены механизмы, аппараты, устройства и другое оборудование.

Шаблоны изготовляют из проволоки ∅6—12 мм вдоль оси трубы. Габариты трубы отмечают мелом по шаблону с припуском 50—100 мм. На прямые трубы шаблоны не изготавливают.

На одну магистраль одновременно может быть изготовлено лишь 3—4 шаблона, а затем нужно смонтировать участок трубопровода и снова снять шаблоны с места.

Транспортировать шаблоны и хранить нужно с осторожностью, так как они легко деформируются.

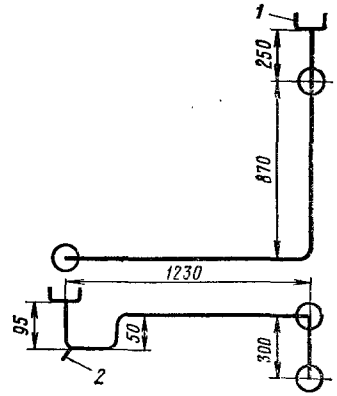


Рис. 88. Технологический эскиз трубопровода:
1 — штуцерное соединение; *2* — приварыш под спускную пробку

При серийной постройке судов шаблоны можно изготовить другими способами: по плазовой разметке, фотопроекционным способом, по эталонным и демонтированным трубам.

Таблица 16

№ чертежа	№ трубы	Размер трубы, мм	Марка материала	Количество гибов	Количество плоскостей	Развернутая длина, мм	Длина с припуском, мм	Тип стаика	Диаметр гибочного диска, мм
502Э-53703-202	121	22×4	Ст.10	5	3	2640	2740	СТГ-1М	110

Программа гибки

1-й гиб		2-й гиб		3-й гиб			
Прям., мм	Угол, град	Прям., мм	Плоск., град	Угол, град	Прям., мм	Плоск., град	Угол, град
190	90	190	180	90	760	270	90

4-й гиб		5-й гиб			6-й гиб	
Прям., мм	Плоск., град	Угол, град	Прям., мм	Плоск., град	Угол, град	Прям., мм
1004	90	30	71	180	120	35

Примечание. **Приняты следующие условные обозначения: «прям.» — длина прямых участков; «плоск.» — угол между плоскостями погибов; «угол» — угол гиба трубы.**

§ 29. ГИБКА ТРУБ

Гибку труб можно выполнять в холодном состоянии и с нагревом.

Холодную гибку труб выполняют, главным образом, на трубогибочных станках по технологическим эскизам или по шаблонам. Трубы малых диаметров гнут вручную с использованием несложных роликовых приспособлений.

Трубы, предназначенные для холодной гибки на станках, до гибки должны быть отожжены. Стальные трубы, как правило, поставляют в отожженном состоянии; отожженными часто поставляют также трубы медно-никелевые и из сплава АМГ.

Принцип холодной гибки трубы состоит в огибании ее вокруг гибочного диска, который, поворачиваясь, увлекает закрепленную на нем трубу. Схема гибки изображена на рис. 89. Для предотвращения деформирования поперечного сечения труб диаметром более 38 мм в них заводят калибрующую пробку — дорн, который изготовляют с ложкообразным или сферическим наконечником и устанавливают с некоторым опережением, равным (2—2,5) $d_н$ (наружный диаметр трубы) или (0,25—0,28) $d_{вн}$ (внутренний диаметр трубы) при нормальных радиусах гиба.

При изгибе труба испытывает сложную упругую и пластическую деформации, поэтому угол гиба трубы будет отличаться от угла, отсчитанного по лимбу станка, за счет угла пружинения.

Угол пружинения $\Delta\varphi$ определяют как разность между углом гиба φ_1, замеренным по диску, и фактическим углом гиба трубы φ_2:

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2. \qquad (46)$$

Угол пружинения также можно определить по формуле

$$\Delta\varphi = \frac{t}{0{,}6E}\left(\frac{R}{r}+1\right)\varphi_2, \qquad (47)$$

где t — толщина стенки трубы, см;
E — модуль упругости, кгс/см²;
R и r — средние радиусы гиба и сечения трубы, см.

Искажение угла гиба, вызванного пружинением, можно предупредить, если увеличить угол поворота планшайбы станка. По результатам опытных исследований увеличение угла можно принять для стальных труб от 2 до 6° (гибка с дорном при $\frac{R}{d_н} = 2{,}5 \div 3$ и углах гиба от 10 до 180°).

При гибке трубы могут появляться такие дефекты, как эллиптичность сечения трубы, утонение наружной стенки, образование складок на внутренней изогнутой части и др.

Относительную эллиптичность сечения трубы (в %) определяют по формуле

$$k_э = \frac{a-b}{d_н}100, \qquad (48)$$

где a и b — соответственно большая и меньшая оси овала, мм;
$k_э$ — должно быть не более 8%.

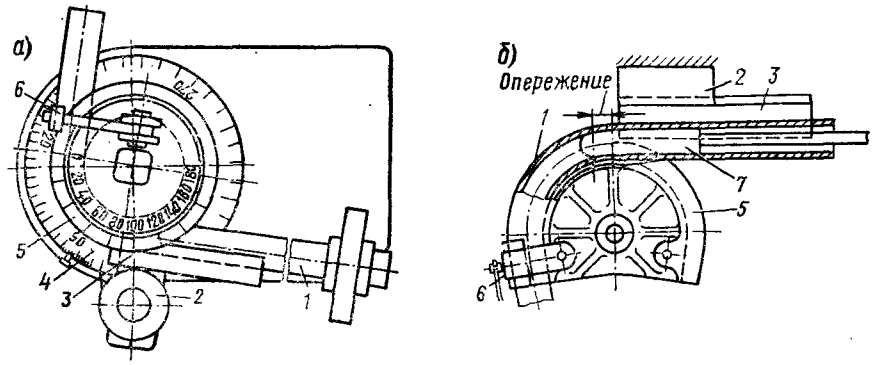


Рис. 89. Гибочные устройства станков для холодной гибки труб:
а — без дорна; *б* — с дорном; *1* — изгибаемая труба; *2* — направляющая; *3* — ползун; *4* — поворотный лимб; *5* — гибочный диск; *6* — скоба; *7* — дорн

Ожидаемую толщину стенки трубы t после гибки определяют по эмпирической формуле

$$t = \frac{d_н - d_{вн}}{2(1+0{,}84\,\varepsilon)}, \qquad (49)$$

где $\varepsilon = \frac{r}{R}$ — относительная деформация наружного волокна изогнутой трубы.

Допускаемое утонение трубы не должно быть более 30—33%.

Относительную высоту складки внутренней части гиба вычисляют по формуле

$$k_c = \frac{h}{d_н}100, \qquad (50)$$

где h — высота складки, мм;
k_c — зависит от рабочего давления; например, при рабочем давлении в трубе от 2 до 16 кгс/см² $k_c < 3\%$.

Для холодной гибки труб применяют трубогибочные станки с механическим или гидравлическим приводом.

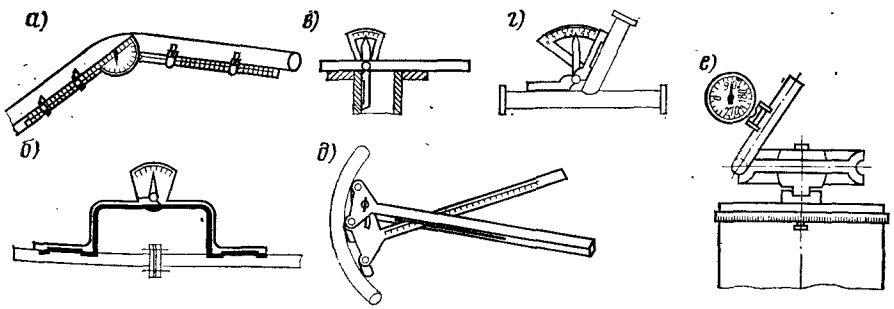


Рис. 90. Схемы размещения угломеров при изготовлении труб:
а — для замеров погиби; *б* — для замеров соосности; *в* — для проверки перпендикулярности фланцев; *г* — для замера углов наклона отростков; *д* — раднусомер; *е* — для замера углов между плоскостями гиба

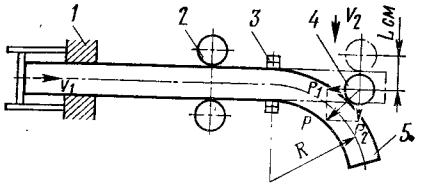


Рис. 91. Схема станка для гибки труб с индукционным нагревом:

1 — зажим; *2* — направляющие ролики; *3* — индуктор; *4* — гибочный ролик; *5* — изгибаемая труба

Большое применение нашли станки с гидравлическим приводом марки СТГ-1 М и СТГ-2. Поворот вала с гибочным диском в этих станках осуществляет электродвигатель. Масло в станок поступает под давлением 65 кгс/см² от лопастного масляного насоса.

При изготовлении труб по эскизам применяют различного назначения угломеры (рис. 90).

Горячую гибку выполняют с набивкой труб песком или на станках с индукционным нагревом труб.

Гибку трубна чугунной плите выполняют с помощью тянущих или толкающих устройств (шпиля, пневматического толкача и др.) и ручных инструментов (киянок, гладилок).

Горячая гибка на станках с индукционным нагревом трубы наиболее прогрессивна. Ее выполняют без применения шаблона так же, как и на станках холодной гибки.

На трубогибочных станках типа ТГСВ-1 нагрев и гибка совмещены в одну технологическую операцию. Принцип гибки труб с индукционным нагревом виден на схеме (рис. 91) Трубу заводят в индуктор и закрепляют в зажиме и направляющих роликах. На некотором удалении от индуктора устанавливают нажимной ролик и доводят до соприкосновения с трубой. Индуктор нагревает небольшой участок трубы токами высокой частоты до температуры гибки. После нагрева при поперечной подаче нажимной ролик создает изгибающее усилие P_2, а при продольной подаче — усилие P_1.

Процесс гибки труб идет непрерывно и последовательно: когда нажимной ролик достигает заданного смещения (в см), он останавливается и гибка идет только при одной продольной подаче.

На выходе из неподвижного индуктора труба охлаждается водой или сжатым воздухом из спейера, встроенного в индуктор. Под действием приложенных усилий нагретые участки трубы последовательно деформируют и придают трубе заданную кривизну.

Овальность и утонение стенки труб при этом значительно меньше, чем при холодной гибке.

§ 30. ЦЕХОВОЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ УЗЛОВ ТРУБОПРОВОДОВ

Под цеховым изготовлением труб подразумевается предварительное их изготовление, независимо от готовности данного судна к выполнению на нем монтажных работ. Кроме гибки, в цехе предусматриваются сборка и сварка узлов, состоящих из изогнутых труб, отростков, фланцев и приварышей, а также гидравлические испытания на прочность, нанесение антикоррозионных покрытий и изоляции труб. Цеховое изготовление узлов трубопроводов применяется при серийной постройке судов. В этом случае на судне производят лишь монтаж трубопроводов и подгонку по месту небольшого числа забойных труб.

Технологический процесс изготовления узлов трубопроводов в цехе можно разбить на группы операций:

подготовка труб к установке элементов соединений;

сборка и сварка труб с элементами соединений;

антикоррозионные покрытия и изоляция.

При подготовке труб к установке путевых соединений выполняются:

обрезка труб в чистый размер после гибки;

вырезка отверстий в трубах для отростков, штуцеров и спускных пробок;

раздача и обжатие труб, отбуртовка и гофрировка под элементы соединений;

нарезка резьбы на трубах в резьбовых соединениях.

Оборудование и инструмент для выполнения этих операций были указаны в табл. 15.

Сборка и сварка путевых соединений труб — наиболее трудоемкие и сложные операции. Такие элементы, как неподвижные фланцы, приварные кольца, штуцеры должны быть собраны перпендикулярно к оси трубы и в строгом соответствии с расположением отверстий смежных фланцев. При сборке по месту эта задача решается относительно просто: детали соединений прихватывают к смежным трубам одновременно, небольшие перекосы фланцев имеют одно направление.

При цеховой сборке путевых соединений заданное положение их и точность сборки можно обеспечить: фотопроекционным способом, макетированием и по технологическим эскизам.

Фотопроекционный способ предусматривает фотографирование и воспроизведение формы трубы и положения присоединяемых к ней элементов (фланцев, отростков и др.).

Для фотографирования используют трубы, снятые с головного судна (эталонные трубы); для этого их устанавливают в разных плоскостях перед экраном в позиционерах и снабжают необходимыми указателями с таким расчетом, чтобы по проекции негатива на экране вновь изогнутую трубу с фланцем можно было установить в такое же положение, как и на головном судне. При установке и прихватке фланцев и отростков на новые трубы совмещают тени от трубы с проекцией ее изображения. Точность этого метода невелика.

Макетирование места установки трубы и использование для этих целей труб-эталонов, изготовленных на головном судне, обеспечивает большую точность при изготовлении труб на серийные суда, однако требует, как указывалось выше, больших складских помещений. Трубу-эталон используют для снятия проволочного шаблона и создания макета установки трубы. Макет воспроизводят либо установкой на сборочных плитах постоянных фальшфланцев, имитирующих путевые соединения трубы, либо настройкой позиционеров по трубам-эталонам. При использовании позиционера трубу-эталон закрепляют в нем и фиксируют положение планшайб; затем вместо

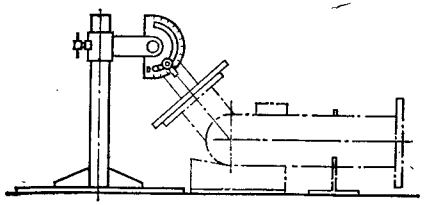


Рис. 92. Дополнительный позицнонер для установки отростков

эталона устанавливают изготовляемую трубу с фланцами и прихватывают фланцы к трубе.

Отростки труб устанавливают с помощью дополнительных позиционеров (рис. 92).

Воспроизведение места установки трубы на судне более успешно можно выполнить с помощью специальных макетировочных станков, имеющих несколько планшайб (базовых и дополнительных). Настройку станка производят по записям макетировочного журнала, который заполняют по готовым трубам головного судна.

По технологическим эскизам сборку труб с фланцами, штуцерами, отростками и приварышами производят на стенде (рис. 93), в основу конструкции которого положен принцип сборки труб по взаимно параллельным и перпендикулярным плоскостям. Стенд состоит из горизонтальной плиты, на которой нанесена сетка с ячейками 200 × 200 мм для отсчета геометрических размеров труб, вертикальной плиты и продольной балки. Для установки фланцев на вертикальные участки трубы в плоскости, параллельной горизонтальной плите, вертикальная плита снабжена пантографом, перемещающимся по верхней кромке плиты. Перпендикулярность установки фланцев на горизонтальных участках трубы обеспечивается угольником и призмами. Технологический процесс не предусматривает пригоночных операций и подрезки труб при сборке. Сборка на стенде дает возможность устранить некоторые угловые отклонения, полученные в результате гибки трубы, и свести их к линейным отклонениям концевых участков трубы.

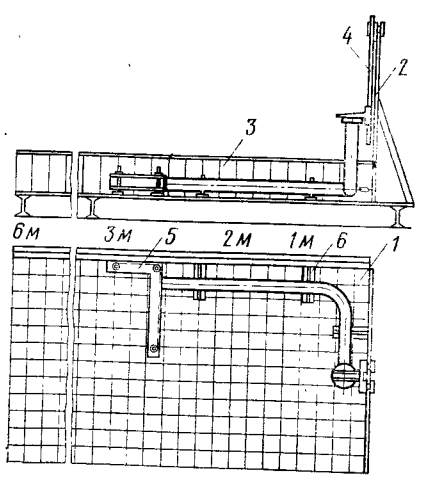


Рис. 93. Стенд для сборки труб с фланцами:

1 — горизонтальная плита; *2* — вертикальная плита; *3* — продольная балка; *4* — пантограф; *5* — угольник; *6* — призма

Сварку узлов трубопроводов выполняют в основном полуавтоматами в среде углекислого газа (стальные трубы) или инертного газа (трубы из цветных металлов). Большую долю сварочных работ выполняют и вручную (плавящимися и неплавящимися электродами). При изготовлении труб малых диаметров применяют газовую сварку ацетилено-кислородным пламенем. Находит также применение контактная электрическая сварка.

Сварные соединения трубопроводов и подготовка под сварку должны отвечать требованиям ГОСТ 16037—70 и ГОСТ 16038—70. Контролируют сварные швы и соединения внешним осмотром и замером швов. Лишь на отдельных ответственных трубопроводах применяют рентгено- и гаммаграфирование.

Все трубы цехового изготовления проверяют на прочность путем гидравлических испытаний. Значения пробных давлений регламентированы Правилами Регистра СССР и Речного Регистра РСФСР.

При испытании на торцы труб ставят заглушки, удаляют воздух из трубы, заполняют ее водой, с помощью насосов доводят давление в трубе до нужного значения. Места сварки обстукивают ручником и осматривают не менее 30 с при поддержании пробного давления. При обнаружении течи в местах сварки дефекты вырубают и подваривают, а затем повторно испытывают.

Антикоррозионное покрытие и теплоизоляция являются заключительными операциями цехового изготовления труб.

Наиболее часто применяют цинкование, фосфатирование (с последующей бакелизацией) и грунтовку железным суриком за 2 раза. В последние годы появились на судах стеклоэмалевые покрытия, обладающие высокой гигиеничностью, коррозионной стойкостью и низкой стоимостью сырьевых материалов.

В качестве примера рассмотрим технологию нанесения защитных цинковых покрытий на стальные трубопроводы.

Цинковые покрытия наносят горячим способом, т. е. окунают в ванну с расплавленным цинком (без последующей термической обработки и с ней) или за счет диффузии цинка из порошковых смесей при длительном нагреве. Способ покрытия выбирают в зависимости от назначения трубопровода.

Изоляцию трубопроводов выполняют различными материалами (рис. 94).

Монтаж теплоизоляционных элементов на трубах требует, помимо основных, применения вспомогательных материалов — для внешней отделки (ткани, штукатурные мастики) и для предохранения от механических повреждений (металлические кожухи). Кроме того, для обеспечения конструктивной прочности применяют крепежные и армирующие материалы (проволока, сетка, каркасы, крючки и др.).

Оклеенные (обшитые) тканью поверхности изоляции окрашивают красками для предохранения от гниения, воздействия пара и влаги.

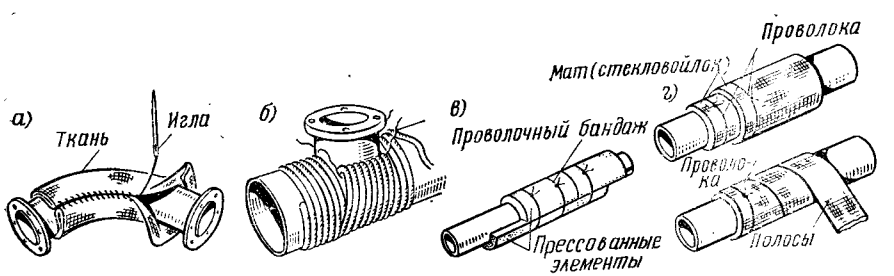


Рис. 94. Изоляции трубопроводов:

а — асбестовой тканью; *б* — асбестовым шнуром; *в* — прессованными элементами; *г* — стекловойлоком

§ 31. МОНТАЖ И ИСПЫТАНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ НА СУДНЕ

В зависимости от принятой технологии изготовления монтаж трубопроводов на судне состоит из операций крепления труб между собой, установки подвесок и крепления труб к корпусу судна, изготовления и монтажа забойных участков трубопроводов, установки путевой арматуры, изоляции трубопроводов.

При размещении трубопроводов на судне необходимо соблюдать расстояния: от корпуса и оборудования — не менее чем 10 мм, от настила до изолированных труб — не менее 50 мм, от трасс электрокабелей — согласно требованиям Правил электрооборудования судов.

Разъемные соединения трубопроводов, по которым идет пар или жидкость, не допускается располагать над койками или приборами, а также сосредоточивать в одном месте (это затрудняет их сборку и разборку).

При монтаже трубопроводов в отсеке следует учитывать их возможные удлинения при нагреве. Значение удлинения Δ определяют по формуле

$$\Delta = \alpha l T_и,$$

где α — коэффициент линейного расширения материала труб; для стали $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$;

l — длина участка паропровода, мм;

$T_и$ — температурный интервал разогрева паропроводов, °С.

Удлинение паропровода может вызвать опасные дополнительные напряжения. Для их предупреждения ставят линзовые гладкие компенсаторы или складчатые и волнистые (при температуре пара до 400° С). Компенсатор при монтаже должен быть растянут от 0,5 до 1Δ. Предупредить дополнительные напряжения можно предварительным натягом, который получается за счет образования зазоров в соединении. Зазор должен быть строго регламентирован; это обеспечивают постановкой при предварительной сборке трубопровода специального мерного кольца между фланцами соединения.

Испытание на плотность трубопроводов производится в зависимости от их назначения пробным давлением от 1,25 до 2 значений рабочего давления данной системы. Пробное давление регламентировано Правилами Речного Регистра РСФСР.

Трубопроводы, работающие в условиях вакуума, испытывают с давлением 2 кгс/см². Перед испытанием трубопроводы и арматура должны быть разобщены от механизмов, аппаратов и цистерн. При наполнении трубопроводов водой следят за тем, чтобы в них не образовывались воздушные мешки. Во время гидравлического испытания трубопровод находится под давлением в течение времени, необходимого для осмотра всех соединений.

С особой тщательностью испытывают воздушные магистрали. Воздух накачивают постепенно. В главной магистрали (от компрессора до баллонов) пробное давление удерживают 2 ч; за это время падение давления не должно превышать 2%. Срок выдержки для баллонов и рабочих трубопроводов 24 ч (падение давления не должно превышать 3%). О местах утечки воздуха судят по появлению пузырей при промазывании мыльным раствором.

Выявленные при испытании дефекты устраняют при снятом давлении, после чего испытания повторяют. Для испытаний трубопроводов на судне применяют переносные ручные поршневые насосы типа ГН-60 и ГН-200М, а также вневмогидравлический насос ПГН.

Глава VIII

ОБСТРОЕЧНЫЕ, ОТДЕЛОЧНЫЕ И ОКРАСОЧНЫЕ РАБОТЫ

§ 32. ОБСТРОЕЧНЫЕ И ОТДЕЛОЧНЫЕ РАБОТЫ

К обстроечным и отделочным работам относятся:

а) установка металлического или деревянного обрешетника для крепления листовой обшивки или щитовых элементов обстройки помещений;

б) монтаж тепло- или звукоизоляционных материалов;

в) зашивка бортов, стен, подволок фанерой или щитовыми элементами;

г) обстройка наружных и внутренних палуб деревянным настилом;

д) нанесение палубных покрытий (мастик, линолеумов или наливных составов):

е) отделка стен и подволоков судовых помещений павинолами, слоистыми пластиками и другими декоративными полимерными материалами;

ж) отделка фанерованных элементов обстройки и деревянной мебели лаками;

з) монтаж в помещениях оборудования.

Для обстроечных и отделочных работ применяют неметаллические естественные и синтетические материалы, к которым (в зависимости от выполняемых функций) предъявляют комплекс требований по: степени горючести, защитной способности, декоративным свойствам, стойкости к влаге, знакопеременной температуре и т. д.

В соответствии с требованиями Правил Регистра покрытия и конструкции из неметаллических материалов в зависимости от места применения (в жилых, служебных и пассажирских помещениях, а также в машинных отделениях) должны быть негорючими, трудносгораемыми или трудновоспламеняемыми.

Материалы в судовых помещениях не должны выделять токсичные вещества в количествах, превышающих предельно допустимые санитарные концентрации.

Отделочные и окрасочные покрытия должны быть стойкими к периодическому воздействию влажного воздуха, воды, температуры воздуха от +40° С до —40° С, не изменять цвет и легко отмываться от загрязнений при эксплуатации.

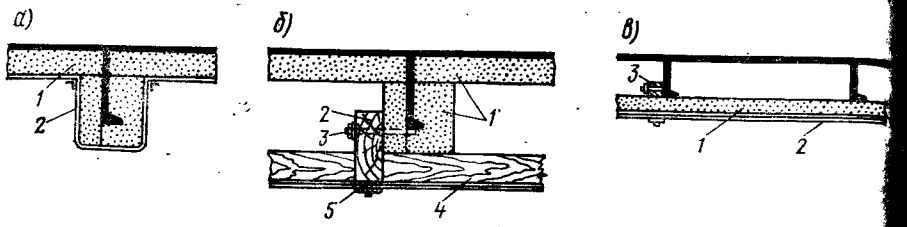


Рис. 95. Типовые узлы плиточной изоляции:
а — изоляция без зашивки; *1* — плита; *2* — ткань, наклеенная на плиту; *б* — изоляция с зашивкой; *1* — плита; *2* — деревянный брусок; *3* — шпилька; *4* — щит зашивки; *5* — раскладка; *в* — выносная изоляция; *1* — плита; *2* — фанера; *3* — брусок

Изоляционные материалы не должны поглощать влагу, так как их теплоизолирующие свойства от этого резко снижаются. Палубные покрытия должны быть стойкими к истиранию, вибрации и механическим нагрузкам. Конструкции обстройки помещений должны быть легко демонтируемыми для выполнения ремонтных работ.

Монтаж обрешетника выполняют после установки доизоляционных деталей, изоляции, монтажа труб вентиляции, кабельных трасс и других систем в пространстве под зашивкой. Металлический обрешетник монтируют на болтах или приваривают. На опорную поверхность наклеивают прокладочный материал (сукно, войлок, парусину). Деревянный обрешетник монтируют на шпильках, приваренных к набору и другим конструкциям. Бруски обрешетника должны быть пропитаны антипирином (огнезащитным составом) и окрашены.

Монтаж изоляции выполняют в основном до установки обрешетника.

Изоляцию судовых помещений разделяют на тепловую и звуковую. Тепловая изоляция защищает помещения от охлаждения или нагрева в зависимости от температуры наружного воздуха. Наряду с этим она предотвращает отпотевание поверхностей и их разрушение. Изолируют борта, переборки, палубы, машинно-котельные отделения, котельные шахты, наружные двери, пиллерсы, различные металлические детали, служащие теплопередающими «мостиками».

Тепловую изоляцию делят на три типа:

устанавливаемую на изолируемую поверхность без зашивки (рис. 95, *а*);

устанавливаемую на изолируемую поверхность с последующей зашивкой, прилегающей к изоляционному материалу или с воздушной прослойкой (рис. 95, *б*);

устанавливаемую на определенном расстоянии от изолируемой поверхности, т. е. выносную изоляцию (рис. 95, *в*).

Толщину изоляционного слоя определяют из условия исключения выпадения конденсата на его поверхность. Для расчета используют уравнение

$$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{1}{\alpha_в} \frac{t_р - t_н}{t_в - t_р} - \frac{1}{\alpha_н}, \qquad (51)$$

где δ_i — толщина соответствующего слоя изоляции;
λ_i — коэффициент теплопроводности материала соответствующего слоя;
$\alpha_в$, $\alpha_н$ — коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности изоляции и наружной поверхности конструкции;
$t_р$ — температура точки росы (в зависимости от температуры наружного воздуха и влажности его в помещении);
$t_н$ — температура наружного воздуха;
$t_в$ — температура доздуха в помещении.

По полученному значению $\sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ и по известным значениям λ_i определяют значения δ_i для отдельных слоев изоляции.

Для теплоизоляции помещений применяют плиточные и войлочные материалы, а также алюминиевую фольгу.

К войлочным материалам относятся: плиты из штапельного стекловолокна, материалы ВТ-4 и ВТ-4С (из капронового волокна), войлок минеральный, материалы АТИМС и АТИМСС (на основе стекловолокна).

К плиточным материалам относят пенопласты ФС-7, ФФ, ПСБ-С, экспанзит.

Коэффициент теплопроводности этих материалов лежит в пределах 0,04—0,055 ккал/ч · м · °С, а плотность — от 20 до 180 кг/м³. Чем меньше этот коэффициент, тем эффективнее теплоизоляционный материал.

Плиточную изоляцию на изолируемую поверхность наклеивают одним из клеев: нитроглифталевым марки ЛКС, идитоловым марки ИДС и латексцементным «Целалит-4».

Клеи «Целалит» и ИДС применяют при температуре не ниже +5° С, а ЛКС при температуре не ниже —15° С. На плиточную изоляцию с целью гидроизоляции наносят шпаклевку или наклеивают ткань.

Шпаклевку (пентафталевую, масляную, латексцементную) наносят в 2 слоя. Этой шпаклевкой также наклеивают ткань.

Войлочные материалы крепят к поверхности с помощью шпилек (рис. 96). Для их гидроизоляции применяют пленку В-118 или ПТГМ-609.

Войлочную изоляцию можно также монтировать пакетным способом. В этом случае маты изоляционного войлочного материала в цехе помещают в пакеты из пленок, которые затем на судне крепят с помощью имеющихся приварных шпилек. В ряде случаев применяют щитовую изоляцию, т. е. изоляционный материал наклеивают на щиты обстройки (рис. 97).

Если для изоляции используют алюминиевую фольгу, то ее ставят непосредственно на изолируемую поверхность, т. е. без воздушной прослойки или с прослойкой.

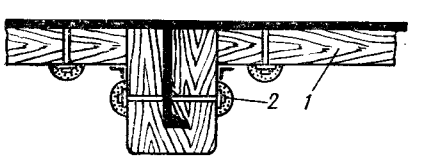


Рис. 96. Войлочная изоляция:
1 — плита с гидроизоляционной пленкой; *2* — шпилька

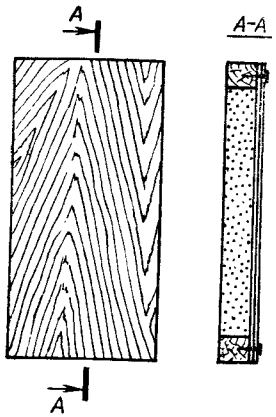


Рис. 97. Щит обстройки с наклееиной изоляцией

Для создания воздушной прослойки применяют проволочную растяжку.

Алюминиевую фольгу применяют для изоляции преимущественно вертикальных поверхностей (не допускается в помещениях с высокой влажностью воздуха).

Звуковую изоляцию подразделяют на звукоизолирующую и звукопоглощающую.

Звукоизолирующие конструкции могут быть одностенные и двустенные (рис. 98).

Звукопоглощающие конструкции выполняют двух типов: с пористым поглотителем и резонансные (рис. 99).

Зашивку помещений под отделку рулонными материалами (павинолом, пленками, тканью), а также слоистым пластиком выполняют фанерой. Фанеру крепят к металлическому обрешетнику самонарезающимися винтами, а к деревянному обрешетнику — гвоздями.

Места крепления фанеры, а также стыки, выколы, трещины и другие дефекты шпаклюют. В ряде случаев для зашивки используют листы из алюминиевых сплавов. Такую зашивку только окрашивают.

Деревянные настилы устанавливают для теплоизоляции палуб, защиты металла, обеспечения необходимых санитарных характеристик полов в помещениях.

В трюмах деревянный настил защищает набор корпуса от повреждений, обеспечивает необходимые условия для погрузочно-разгрузочных работ.

На наружных палубах деревянные настилы крепят на шпильках (рис. 100). Под деревянный настил металлические палубы грунтуют и покрывают слоем шпаклевки, которая предназначена для заполнения всех пустот между деревянными настилами и металлической палубой. Установленный палубный настил конопатят паклей по стыкам и пазам, после чего стыки и пазы заполняют специальными составами (варпеком или шпаклевкой на основе синтетических смол.) В некоторых случаях в пазы устанавливают резиновые жгуты. Настилы обычно окрашивают.

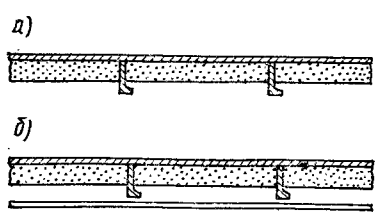


Рис. 98. Звукоизолирующие конструкции:
а — одностенная; *б* — двустенная

В каютах, коридорах и салонах деревянный настил выполняют в виде щитов или в ряде случаев сплошным. Деревянные щиты устанавливают на бруски (рис. 101).

Металлическую палубу перед установкой настила покрывают водостойкими и антикоррозионными грунтовками.

Отделку наружных и внутренних палуб ла-

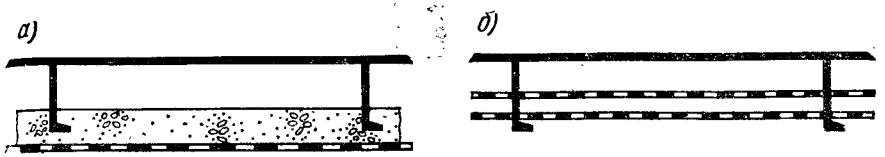


Рис. 99. Звукопоглощающие конструкции:
а — с пористым заполнителем; *б* — резонансного типа

текцементными мастиками выполняют взамен деревянных настилов. Покрытия защищают металл от коррозии, обеспечивают теплоизоляцию и служат одновременно декоративным и выравнивающим покрытием (при наличии деформаций палуб).

Мастики готовят из латекса марок ДВХБ-70, СКС-65, Л-8П, цемента, стабилизатора латекса и легкого заполнителя (гравия керамзитового, асбеста, крошеной пробки). Их применяют для настила палуб толщиной более 3 мм. Толщина мастичного покрытия, содержащего гравий, равна 20—50 мм, а асбеста — 8—12 мм.

Чтобы мастики на наружных палубах не растрескивались и не отслаивались, их оклеивают тканью (хлопчатобумажной или стеклотканью) (рис. 102). Для наклеивания ткани используют шпаклевки на основе эпоксидных смол. Технология выполнения мастичного покрытия состоит из операций:

нанесения кистью грунтовочного слоя толщиной 0,5—1,0 мм и сушки этого слоя в течение 36—48 ч;

нанесения кистью или шпателем подмазочного слоя толщиной 1,5—2 мм;

нанесения на сырой подмазочный слой основного слоя покрытия;

сушки покрытия 5—7 сут;

наклеивания ткани (с последующей окраской) на мастики наружных палуб или наклеивания линолеума на мастики внутренних палуб.

На период отверждения мастичные покрытия закрывают толем, брезентом или полиэтиленовой пленкой и периодически смачивают водой для обеспечения нормальных условий гидратации цемента в составе мастики. При несоблюдении указанной технологии слой мастики растрескивается и отслаивается.

Для приклеивания ткани применяют шпаклевку, содержащую эпоксидную смолу (ЭД-16, ЭД-20, Э-40), виниловый окрасочный материал (ХС-010, ХС-04, ХС-710, ХС-510 и т. п.), полиэтиленполиамин и мел.

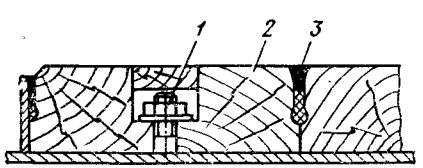


Рис. 100. Крепление деревянного настила на наружных палубах:
1 — шпилька с гайкой для крепления бруска; *2* — брусок; *3* — паз, заполненный шпаклевкой

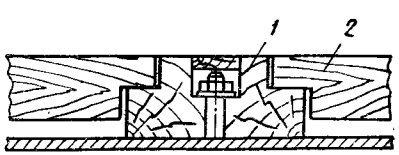


Рис. 101. Съемный деревянный настил:
1 — брусок, прикрепленный шпилькой; *2* — съемный щит

Шпаклевка твердеет за 1—2 сут в зависимости от температуры. Мастичные покрытия негорючи, водостойки и морозостойки. Срок службы их в помещениях до 20 лет, на наружных палубах — до 15 лет.

Отделку полов поливинилацетатными наливными составами выполняют взамен линолеумов. Эти покрытия применяют в каютах, коридорах и салонах. Наливные покрытия наносят распылением составов, содержащих поливинилацетатную дисперсию, пигмент и наполнитель.

Наливные покрытия наносят на металлические палубы и латексцементные палубные мастики. Толщина покрытий 3—4 мм. Стальные и алюминиевые палубы перед нанесением покрытия грунтуют. Наливное покрытие наносят при температуре не ниже + 10° С по схеме:

поливинилацетатная грунтовка — 1 слой;
поливинилацетатная шпаклевка — 2 слоя;
поливинилацетатная грунтовка — 1 слой;
подстилающий наливной состав — 1 слой;
лицевой наливной состав — 1 слой;
окрасочный материал — 2 слоя.

Отделку полов линолеумом производят в каютах, коридорах и салонах. Линолеум наклеивают (при температуре не ниже + 15° С) на деревянные настилы или на латексцементные мастики, реже — непосредственно на металлические палубы.

Для наклеивания применяют клей «Полинит», 88Н или клей-мастику КН-2 и КН-3.

Клей наносят кистью на палубу и на линолеум, подсушивают для удаления растворителей, после чего линолеум наклеивают, при этом кромки линолеума не приклеивают.

После 2—3 сут выдержки кромки наклеенного линолеума по стыкам и пазам прирезают, намазывают клеем и после подсушки клея наклеивают.

На наружных палубах применяют нескользящие мастичные покрытия на основе смеси эпоксидных смол с каучуком или с виниловым полимером. Эпоксидно-виниловые мастики содержат смолу ЭД-6 (ЭД-5), виниловый окрасочный материал, пигмент, кварц пылевидный, песок и отвердитель эпоксидной смолы (полиэтиленполиамин).

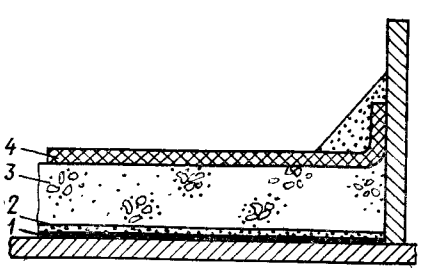


Рис. 102. Латексцементное покрытие наружных палуб:
1 — грунтовочный слой; *2* — подмазочный слой; *3* — основной слой; *4* — защитно-декоративный слой

Эти покрытия наносят валиковой кистью толщиной 0,6—1,0 мм при температуре не ниже + 5° С. На палубу вначале наносят грунтовочный слой, а затем нескользящую мастику в 3—4 слоя.

Отделку стен и подволок в каютах, коридорах и салонах выполняют павинолом различных тиснений и цветов.

Павинол наклеивают клеем 88Н, декстрином или клеем на основе поливинилацетатной дисперсии. Работы выполняют при температуре не ниже + 15° С.

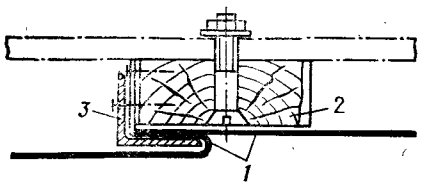


Рис. 103. Узел крепления павинола на подволоке методом растяжки:
1 — павинол; *2* — брусок обрешетника; *3* — угольник

На потолочных поверхностях в ряде случаев павинол растягивают по специально установленным брускам (рис. 103). Отделка методом растяжки исключает работы по наклеиванию, позволяет экономить фанеру и другие листовые или плиточные материалы, которыми обшивают подволоки.

Отделка щитовыми элементами позволяет перенести большую часть трудоемких работ в цехи. Сущность этого способа заключается в том, что вместо установки обрешетника, крепления к нему фанеры и наклеивания на нее павинола или крепления другого отделочного материала применяют отделанные щиты. Щиты изготовляют (по размеру кают, коридоров и т. д.) из плит (столярных, древесностружечных или древесно-волокнистых).

Иногда применяют плиты из пенопласта, оклеенные с двух сторон фанерой, стеклопластиком или алюминиевыми листами. Толщина щитов 22—25 мм. Выбор материала щитов зависит от требований противопожарной безопасности. Щиты у палуб и подволока устанавливают в специальный коробчатый профиль (рис. 104). Стыки между щитами закрывают специальными металлическими или пластмассовыми раскладками.

Отделку фанерованных элементов обстройки выполняют лаками. Для этой цели применяют в основном мочевиноформальдегидный лак МЧ-52, покрытия на основе которого удовлетворяют требованиям по горючести, морозостойкости и т. д.

Лак МЧ-52 перед употреблением смешивают с кислотным отвердителем (на 93% лака берут 7% отвердителя), после чего он пригоден в течение 6—8 ч.

Технология отделки состоит из операций:
нанесения порозаполнителя;
сушки порозаполнителя;
нанесения четырех слоев лака МЧ-52 пневматическим распылением в распылительной камере (при отделке без полирования наносят 3 слоя лака);
сушки каждого слоя лака 0,5 ч при + 60—70° С (в сушильной камере) или 2 ч при + 18 — 20° С в вентилируемом помещении;
выдержки изделий перед полированием 24 ч;

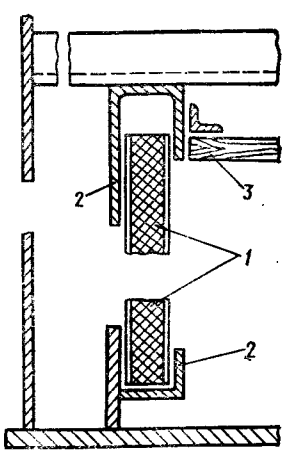


Рис. 104. Щитовая обстройка помещений:
1 — щит; *2* — коробчатая конструкция для крепления щита; *3* — листовая зашивка подволока

шлифования лаковых покрытий шкуркой № 3 или 4 с уайт-спиритом на ленточно-шлифовальных станках для удаления неровностей;

полирования отшлифованного лакового покрытия полировочной пастой № 290 на барабанном станке П1Б или полировальными машинками;

удаления остатков пасты протиранием лакового покрытия.

Полированные лаковые покрытия имеют толщину 120—140 мкм. Срок службы до 20 лет.

§ 33. ОКРАСОЧНЫЕ РАБОТЫ

Лакокрасочные материалы применяют для:

защиты металлических конструкций (корпусов, надстроек, механизмов и т. д.) от коррозионных разрушений;

защиты древесины конструкций и изделий от гниения, водонабухания и поражения древоточцами;

обеспечения судовым поверхностям необходимого цвета и декоративного вида.

Кроме того, некоторые краски выполняют специальные функции, например предохраняют подводную часть корпусов морских судов от обрастания морскими организмами (ракушками, водорослями).

Судовые лакокрасочные материалы должны:

обладать хорошей кроющей способностью, т. е. наноситься на любые поверхности без снижения защитной способности и долговечности и быстро высыхать при любой температуре;

быть простыми в употреблении, т. е. способными к нанесению всеми средствами;

обладать минимальной токсичностью и пожаробезопасностью в процессе приготовления и нанесения.

Требования к покрытиям определяют условия эксплуатации. Например, на подводной части водоизмещающих судов покрытия должны быть водостойкими, а у судов на подводных крыльях и на воздушной подушке — еще и атмосферостойкими.

Покрытия переменных ватерлиний должны быть водостойкими, атмосферостойкими, износоустойчивыми и стойкими к имеющимся на воде нефтепродуктам. Для надводного борта, палуб и надстроек допускается применять атмосферостойкие покрытия, сохраняющие длительное время цвет и глянец.

Для окраски судов широко используются натуральные (масляные) и синтетические окрасочные материалы. Масляные окрасочные материалы просты в приготовлении и нанесении, но покрытия на их основе имеют ряд существенных недостатков: низкую водостойкость, нестойкость к химическим агрессивным веществам, быструю потерю эластичности и глянца, загрязняемость и т. д. Поэтому их вытесняют синтетические окрасочные материалы. К наиболее распространенным судовым синтетическим окрасочным материалам относят: пентафталевые, глифталевые, виниловые, поливинилбутиральные, фенольно-формальдегидные, эпоксидно-этинолевые, этинолевые, этинолево-виниловые.

Приготовление окрасочных материалов перед употреблением состоит в тщательном перемешивании для устранения осадка пигментной части, процеживании и разбавлении соответствующими растворителями до необходимой рабочей вязкости, зависящей от того, каким инструментом их будут наносить. Рабочую вязкость определяют с помощью специальной воронки — вискозиметра ВЗ-4 и оценивают количеством секунд, за которые 100 см^3 лакокрасочного материала вытечет из этой воронки. Для большинства окрасочных материалов рабочая вязкость при нанесении кистью составляет 30—60 с, а пневматическим или безвоздушным распылением (без подогрева красок) — 16—20 с.

Перед окраской деталей корпуса производят подготовку поверхностей: удаляют загрязнения, влагу, образовавшуюся ржавчину. Ржавчину удаляют металлическими (ручными или механизированными) щетками или шлифовальными машинками. Загрязнения нежирового происхождения удаляют водой или щетками. Влажные поверхности протирают сухой ветошью. После этих операций поверхности обезжиривают ветошью, смоченной уайт-спиритом.

Надстройки, подводную часть корпусов и помещения судов внутреннего плавания грунтуют в 1 слой и окрашивают в 2 слоя, а на судах смешанного плавания наносят 2 слоя грунтовки и 3 слоя краски, исключая помещения, в которых схемы окраски для судов внутреннего и смешанного плавания одинаковые. Алюминиевые конструкции предварительно грунтуют фосфатирующими грунтовками. На судах смешанного плавания подводную часть корпуса после окраски антикоррозионной краской покрывают дополнительно в 1—2 слоя специальной необрастающей краской.

Окраску судов внутреннего и смешанного плавания выполняют в соответствии с Правилами окраски судов МРФ. Схемы окраски некоторых основных поверхностей судов внутреннего плавания приведены в табл. 17.

Лакокрасочные покрытия наносят волосяной или валиковой кистью, пневматическим и безвоздушным распылением. В судостроении окрашивают кистью в тех случаях, когда распыление экономически неэффективно или невозможно: конструкции с труднодоступными местами, мелкие детали, монтажные стыки изнутри и снаружи, а также если поверхности не были окрашены в секциях (цистерны, междудонные пространства).

Большинство судовых окрасочных материалов наносят пневматическим и безвоздушным распылением. Исключение составляют токсичные краски: свинцовые (сурик свинцовый), необрастающие, полиуретановые и некоторые специальные краски.

Окрашивают в первую очередь поверхность со стороны набора в секциях, что исключает до 90% окрасочных работ внутри корпуса после его сварки. Оставляют неокрашенными только монтажные стыки, на которые покрытие наносят после всех сварочных и проверочных работ (на водонепроницаемость и т. п.).

Таблица 17

Окрашиваемая поверхность	Материал	Схема окраски	
		Окрасочный материал	Количество слоев
Подводная часть корпуса водоизмещающего судна	Сталь	Краска ЭКЖС-40	4
Подводная часть корпуса у судов на подводных крыльях	Алюминиевый сплав	Грунтовка ВЛ-02, краска ХВ-74 или ХС-720А	1 3
Переменная ватерлиния	Сталь	Краска ЭКЖС-40, краска ЭВК-8 или грунтовка № 83	2 2
Надводный борт корпуса	Сталь	Грунтовка ФЛ-03к, эмаль ПФ-167, или ПФ-115, или ГФ-156	1 2
То же	Алюминиевый сплав	Грунтовка ВЛ-02, грунтовка ФЛ-03ж, эмаль ПФ-167, ПФ-115 или ГФ-156	1 1 2
Помещения (жилые, служебные, пассажирские)	Сталь	Грунтовка ФЛ-03к, краска негорючая ПФ-218	1 2

Подводную часть корпуса и пояс переменной ватерлинии окрашивают, как правило, перед спуском судов на воду. Надстройки, палубы и помещения окрашивают после окончания всех монтажных, обстроечных и отделочных работ.

Окрасочные материалы наносят тонким слоем, так как при увеличении толщины слоев в покрытиях возрастают внутренние напряжения, снижается их прочность и адгезия (рис. 105).

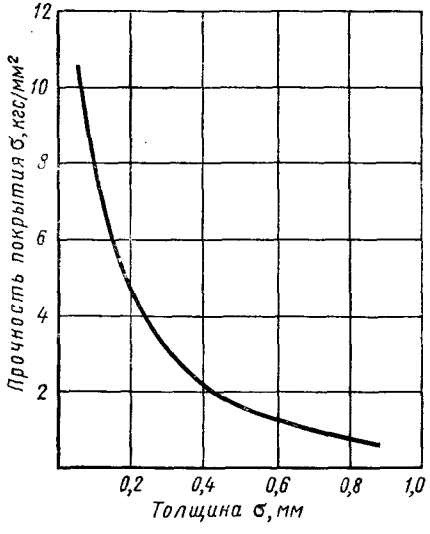


Рис. 105. Зависимость прочности пленки краски (на основе лака МЧ-52) от ее толщины

Оптимальные условия для окраски — температура воздуха от 15 до 30° С; относительная влажность воздуха не более 70%.

При отрицательной температуре наносят в основном этинолевые, виниловые и этинолево-виниловые окрасочные материалы, так как их отверждение идет за счет испарения растворителей.

Грунтовочный слой на наружных поверхностях надстроек и надводной части корпусов перекрывают краской не позднее чем через 3 сут, а в помещениях или внутри секций — не позднее 15 сут. Завышение срока сушки слоя грунтовок приводит к резкому снижению адгезии красок (особенно пентафталевых, глифталевых, этинолевых) и долговечности покрытий.

Использование специальных добавок в окрасочные материалы позволяет наносить краски на влажные поверхности. В качестве таких добавок используют поверхностно-активные вещества, например хлорид АБДМ аммония или ингибитор ИП-1. Эти добавки вводят в количестве 0,5—1,5% от массы материала. Краски с добавкой поверхностно-активных веществ наносят только кистью.

§ 34. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОТДЕЛОЧНЫХ, ОБСТРОЕЧНЫХ И ОКРАСОЧНЫХ РАБОТАХ

При обработке и нанесении материалов и покрытий выделяются различные токсичные и пожароопасные вещества: растворители, пластификаторы, пыль, пигменты, наполнители и т. д. Например, при нанесении красок выделяется большое количество вредных для людей растворителей. При раскрое и монтаже некоторых изоляционных материалов (стекловолокно, пеностекло, шлаковата) выделяются в виде пыли волокна этих материалов. Во время изготовления клеев и мастик в воздухе распыляются цемент, асбест, сухие пигменты, тальк. Особенно вредными являются асбестовая пыль, свинцовые и хромовые пигменты, некоторые отвердители и растворители. Поэтому работающим необходимо соблюдать комплекс требований:

работать в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения;

приготовлять материалы только в специальных помещениях, оборудованных вентиляционной системой;

материалы готовить в специальных герметически закрывающихся бачках с механическими мешалками;

применять для защиты кожи рук, лица и шеи специальные профилактические мази и пасты;

не допускать совмещения работ по сварке и газовой резке конструкций с их окраской и оклеиванием;

хранить материалы только в специальных помещениях;

не допускать курение и прием пищи в период нанесения покрытий, выделяющих органические растворители;

применять специальные взрывобезопасные вентиляционные установки и переносные светильники напряжением не более 12 В;

все отходы материалов следует убирать с рабочего места.

При выделении в воздух пылевидных веществ рабочие должны применять противопылевые респираторы Ф-62Ш, У-2К, «Лепесток» и др. Для защиты органов дыхания от растворителей применяют противогазовые респираторы РУ-60 а также изолирующие шланговые противогазы ПШ-2-57.

Вентиляция помещений должна быть рассчитана таким образом, чтобы вредные вещества не превышали предельно допустимых санитарных норм или взрывобезопасных концентраций.

Глава IX

СПУСК СУДОВ И СДАТОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

§ 35. СПОСОБЫ СПУСКА И ТИПЫ СПУСКОВЫХ УСТРОЙСТВ

Спуском судов на воду завершается стапельный период постройки судов и начинается достроечный период. Современная технология предусматривает максимальную готовность судна перед спуском на воду. Момент спуска судна выбирается в зависимости от принятой технологии, производственных условий завода-строителя и времени года. До спуска должны быть выполнены обязательные работы:

сборочно-сварочные, обеспечивающие непроницаемость и прочность судна;

окраска подводной части корпуса и нанесение грузовых марок;

установка и испытание забортной арматуры;

монтаж дейдвудного устройства; установка рулей, гребных валов и винтов, поворотных насадок;

установка необходимых деталей швартовного устройства и аварийно-спасательного оборудования;

закрепление механизмов и грузов, поданных на судно.

Существует несколько способов спуска судов:

свободный по наклонной плоскости под действием сил тяжести;

всплытием при поднятии уровня воды в спусковых сооружениях;

принудительный механизированный.

С п у с к п о д д е й с т в и е м с и л ы т я ж е с т и (продольный и поперечный) наиболее сложен. Период собственно спуска при этом очень мал, а подготовительные работы занимают много времени.

П р о д о л ь н ы й с п у с к судов осуществляется с продольных наклонных стапелей длиной от 100 до 350 м, расположенных перпендикулярно к береговой линии или под некоторым углом к ней. Стапель представляет собой сложное инженерное сооружение, имеющее железобетонное основание для размещения спусковых дорожек. Он состоит из надводной и подводной частей.

П о п е р е ч н ы й с п у с к обычно применяют для спуска судов малого и среднего тоннажа на заводах, расположенных на реках. Для поперечного спуска используют сооружения, состоящие из горизонтального стапельного места (предспусковой позиции) и наклонных спусковых дорожек, направленных перпендикулярно оси стапеля.

Уклон спусковых дорожек значительно больше, чем на продольных стапелях, и достигает 1/4—1/8. Спусковые дорожки размещают на грунте или на железобетонном основании и заглубляют в воду на 1—1,5 м или совсем не заглубляют.

С п у с к с у д о в в с п л ы т и е м осуществляют в сухих доках, камеры которого наполняются водой, поступающей из акватории, в наливных доках и док-камерах, заполняемых водой при помощи насосных станций. Доки заполняют водой до уровня, при котором под днищем всплывшего судна будет обеспечен достаточный зазор для снятия его с кильблоков.

П р и н у д и т е л ь н ы й м е х а н и з и р о в а н н ы й с п у с к осуществляют с помощью следующих сооружений: поперечных и продольных слипов, вертикальных судоподъемников, кранов и плавучих доков.

§ 36. ПОПЕРЕЧНЫЙ СВОБОДНЫЙ СПУСК

В основу поперечного спуска положен принцип свободного движения судна по наклонной плоскости под действием собственного веса. Конструкция спусковых устройств при этом способе значительно проще и спусковые дорожки короче, чем при продольных спусках. Сокращению протяженности дорожек способствуют большой уклон и применение особых разновидностей поперечного спуска: спуск прыжком, спуск броском и спуск с помощью понтона (рис. 106).

В зависимости от расположения стапельных мест поперечный спуск можно осуществлять по нескольким схемам.

1. Спуск непосредственно с места постройки (стапеля) происходит при помощи спусковых устройств, состоящих из нескольких поворотных балок (балансирных столов) и являющихся одновременно опорной поверхностью строительного стапеля.

Устройство, показанное на рис. 107, состоит из поворотной балки, поддерживаемой на удлиненном конце в сторону пусковых дорожек гидравлическим домкратом, шарнирной опоры и куркового зажима. Под действием опрокидывающего момента от веса судна балка наклоняется до совмещения спусковых салазок со спусковыми дорожками. Затем с помощью пневмоцилиндров освобождают курки задержников, и судно по насаленным дорожкам спускается на воду.

2. Спуск с перемещением судна на спусковые косяки (рис. 108). Для спуска судно на судовозных тележках перемещают на предспусковую позицию, где под него заводят косяки и спусковые полозья, закрепляемые специальными задержниками. Судно с тележек пересажи-

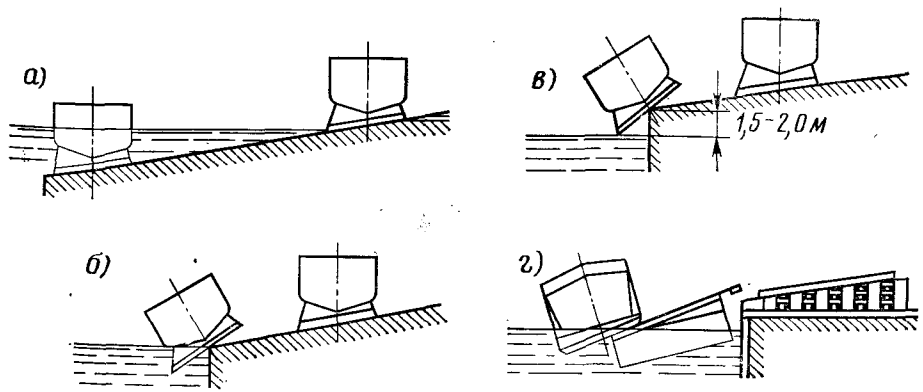


Рис. 106. Разновидности свободных поперечных спусков:
а — нормальный спуск; *б* — спуск прыжком; *в* — спуск броском; *г* — спуск с помощью понтона

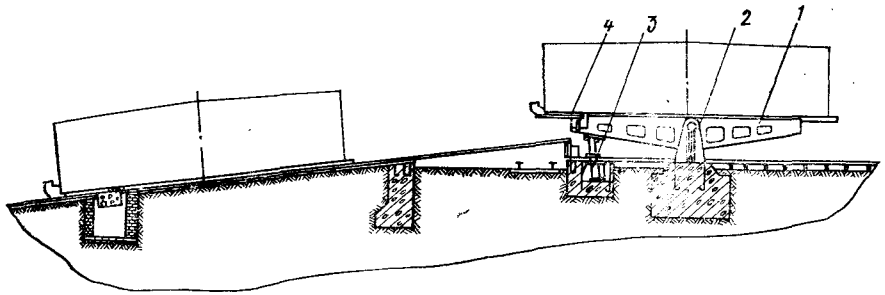


Рис. 107. Поперечное спусковое устройство с балансирными столами:
1 — поворотная балка; *2* — шарнирная опора; *3* — гидродомкрат; *4* — курковый зажим

вают на спусковые полозья и приспускают с помощью лебедок на спусковую позицию, откуда производится свободный спуск по насаленным дорожкам.

Поскольку спусковые дорожки при поперечном спуске имеют уклон, то вес судна и спускового устройства D создает движущую силу судна Q и силу нормального давления на стапель N (рис. 109). Эти силы равны:

$$\left.\begin{aligned} Q &= D\sin\alpha; \\ N &= D\cos\alpha, \end{aligned}\right\} \qquad (52)$$

где D — вес судна совместно со спусковым устройством, кгс;
α — угол наклона дорожек к горизонту, град.

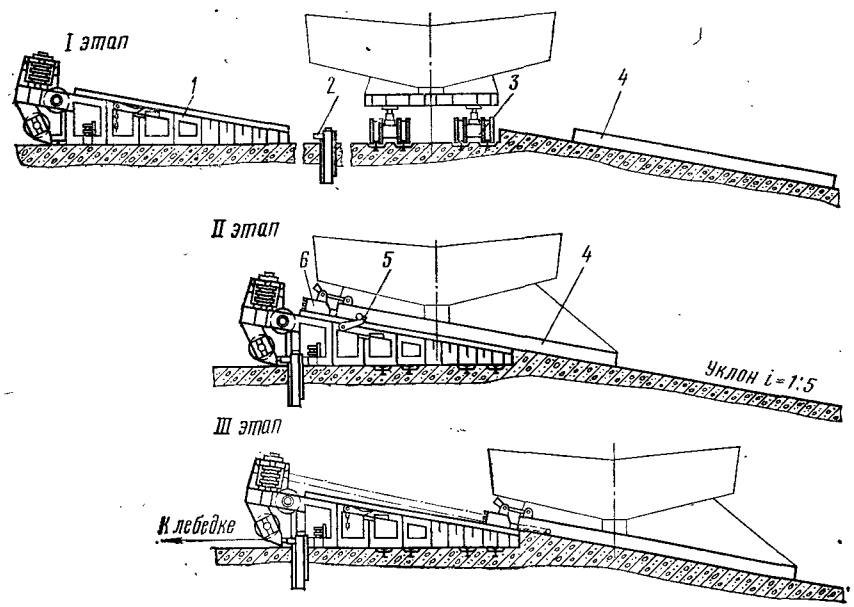


Рис. 108. Схема поперечного спуска при помощи косяков:
1 — спусковой косяк; *2* — упорные балки; *3* — стапельные тележки; *4* — полозья; *5* — задержники; *6* — курковое устройство

Между спусковой дорожкой и полозьями возникает сила трения, равная

$$F = fN, \qquad (53)$$

где f — коэффициент трения, зависящий от состава насалки, удельного давления на полозья, конструкции спусковых дорожек, материала и состояния трущихся частей; различают два коэффициента трения — статический и динамический (в процессе спуска), их определяют опытным путем. Статический коэффициент трения имеет в 1,5—2 раза большее значение, чем динамический, и находится в пределах от 0,02 до 0,07.

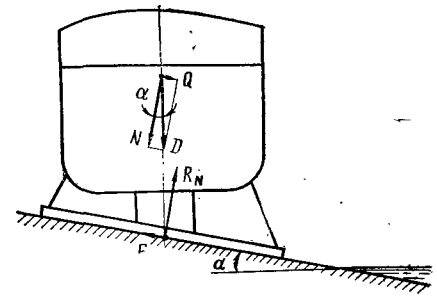


Рис. 109. Силы, воздействующие на судно при поперечном спуске

Для спуска необходимо условие

$$Q \geqslant F \quad \text{или} \quad f < \operatorname{tg}\alpha. \qquad (54)$$

Из приведенных соотношений следует, что возможность спуска определяет спусковой вес судна и соотношение между уклоном стапеля и коэффициентом трения между дорожкой и полозом.

Облегчить спуск судна можно, если:

1) уменьшить среднее удельное давление за счет увеличения суммарной площади опоры полозьев, так как

$$p = \frac{N}{bl},$$

где b — суммарная ширина полозьев;

l — длина поверхности соприкосновения полозьев с дорожками;

2) уменьшить трение за счет применения насалки и пластмасс. Увеличение площади опоры полозьев влечет за собою увеличение веса спускового устройства и, следовательно, его стоимости. Поэтому целесообразнее второе. Для насалки используют недефицитные продукты.

Особенностью поперечного свободного спуска является то, что с момента начала движения судна по спусковым дорожкам процесс спуска становится практически неуправляемым.

С момента входа корпуса в воду в направлении движения появляется сила сопротивления, а в вертикальном направлении — сила поддержания. Судно не только движется поступательно, но начинает вращаться вокруг продольной оси, проходящей через центр тяжести его поперечного сечения.

При равенстве веса и сил поддержания судно всплывает.

Поперечный спуск состоит из операций:

подготовки стапеля и спускового устройства;

составления спускового расписания и распределения рабочих, участвующих в спуске;

осмотра водолазами подводной части спусковых дорожек;

просушки дорожек и полозьев, нанесения насалки;

перемещения на спусковую позицию судна с помощью тележек и специальной лебедки;

заводки и закрепления под судном полозьев;

устройства тросовой проводки для предупреждения заносов оконечностей;

подъема судна гидравлическими домкратами и окончательной установки на штатных местах полозьев вместе с установленными на них кильблоками;

закрепления полозьев на задержники и установки специальных закусок;

пересадки судна на спусковое устройство с помощью гидравлических домкратов и выкатывание транспортных тележек из-под судна.

После спуска судна специальная бригада, прибывшая с буксиром, производит тщательный осмотр отсеков всплывшего судна и устраняет замеченные дефекты. Судно переводят к пирсу для достройки и испытаний.

§ 37. ШВАРТОВНЫЕ И ХОДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

После спуска судов и окончания монтажных работ параллельно с корпусодостроечными и отделочными работами готовят к испытаниям все судовое оборудование и судно в целом. Подготовка включает расконсервацию механизмов и агрегатов, промывку полостей трубопроводов и цистерн, опробование механизмов и систем в действии для выявления и устранения всех дефектов и недоделок.

Чистовую отделку и окраску помещений и оборудования, которые могут быть загрязнены, производят после испытаний.

По окончании подготовительных работ начинают приемо-сдаточные испытания по специальным программам, объем и содержание которых зависят от типа и назначения судна, а также степени освоения его постройки (головное, серийное, серийное — контрольное).

Испытания проводят с целью всесторонней проверки соответствия построенного судна (его корпуса, механизмов, судовых устройств, систем и оборудования) проекту, а также проверки качества построечных, монтажных и отделочных работ.

Испытание серийного контрольного судна (например, каждого 10-го в серии), которое проводят по полной программе испытаний головного судна, позволяет: установить стабильность результатов испытаний серийных судов, подтвердить результаты испытаний головного судна, подтвердить надежность работы устройств, систем, аппаратов и механизмов в натурных условиях, близких к эксплуатационным.

Испытания механического оборудования и судна в целом делят на этапы:

стендовые испытания отдельных механизмов;

швартовные испытания судна;

ходовые испытания судна;

ревизия отдельных механизмов и контрольный выход судна.

Каждый из этапов предусматривает проверку готовности оборудования или судна в целом к испытаниям следующего этапа. Совершенствование испытаний достигается за счет:

максимального приближения стендовых испытаний судовых механизмов и устройств к условиям их работы на судне;

широкого внедрения испытания энергетической судовой установки на швартовах по ходовым характеристикам, созданным за счет применения различных нагрузочных устройств;

испытания рулевых и якорных устройств на швартовах по ходовым характеристикам;

разработки и внедрения инструментальных методов испытания навигационного оборудования (радиолокационной станции, лагов, гирокомпаса, тифонов и др.).

Основным направлением сокращения длительности испытаний является совмещение швартовных и ходовых испытаний и проведение их на акватории завода.

Использование нагрузочных устройств и инструментальных методов проверок оборудования судов водоизмещением до 3—4 тыс. т позволяет в ряде случаев отказаться от ходовых испытаний. Полные объемы швартовных и ходовых испытаний выполняют только на головных или на серийных контрольных судах.

Объемы и содержание приемо-сдаточных испытаний определяют программы испытаний для всех механизмов, устройств и систем.

§ 38. НАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА И ИМИТАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ИСПЫТАНИЙ

Способы испытаний оборудования судов на швартовах с использованием устройств, имитирующих эксплуатационные нагрузки, получили название *имитационных*. Сами устройства называют *нагрузочными*. Рассмотрим некоторые из имитационных способов испытаний.

Способы нагружения главных двигателей. В процессе испытаний важно установить, как взаимодействуют гребной винт и энергетическая установка; достигаются ли расчетные характеристики: скорость судна, номинальная мощность и частота вращения двигателя. На швартовных испытаниях у винта нет аксиального перемещения, и поэтому двигатель не может развивать полные обороты при номинальной мощности. В этих случаях говорят, что винт становится «тяжелым». Чтобы «облегчить» винт, необходимо дать ему аксиальное перемещение и, следовательно, необходим выход судна на ходовые испытания.

Однако были предложены и другие методы «облегчения» винта взамен ходовых испытаний. Эти методы базируются на следующих положениях.

Упор винта P и вращающий момент M, который необходимо приложить к гребному винту для создания упора, вычисляют по приближенным формулам:

$$\left.\begin{aligned} P &= k_1 \rho n^2 D_в^4; \\ M &= k_2 \rho n^2 D_в^5, \end{aligned}\right\} \qquad (55)$$

где k_1; k_2 — безразмерные коэффициенты упора и момента;
ρ — плотность воды;
n — частота вращения винта;
$D_в$ — диаметр гребного винта.

При жесткой связи между гребным винтом и двигателем крутящий момент $M_{дв}$, развиваемый двигателем, равен моменту, поглощаемому гребным винтом, поэтому

$$M_{дв} = 716{,}2\frac{N_p}{n} = k_2 \rho n^2 D_в^5; \quad (56)$$

$$N_p = \frac{k_2 \rho D_в^5}{716{,}2} n^3, \quad (57)$$

где $N_р$ — мощность двигателя.

Графическую зависимость между мощностью или крутящим моментом гребного винта и его частотой вращения называют винтовой характеристикой гребного винта.

На швартовных и ходовых испытаниях винтовые характеристики гребного винта будут разными, несмотря на одинаковые его геометрические размеры. Это объясняется тем, что условия работы винта на судне зависят от частоты вращения и мощности двигателя, сопротивления движению судна, его скорости и т. д. При работе на швартовах двигатель не может развивать номинальные или спецификационные мощности и частоту вращения, т. е. гребной винт «тяжелый». Следовательно, на швартовах невозможно с таким винтом регулировать и испытывать двигатель на спецификационных параметрах. Необходимо разгрузить винт по моменту и упору при его работе на швартовах, только тогда будут достигнуты ходовые характеристики для испытания двигателя.

Для этой цели используют разгрузочные устройства нескольких типов, которые можно разделить на две группы.

Устройства первой группы в основном создают нерегулируемое нагружение двигателя, т. е. испытания проводят только на одной винтовой характеристике. К этой группе принадлежат гидротормоз (рис. 110), кольцевые и циркуляционные устройства (рис. 111).

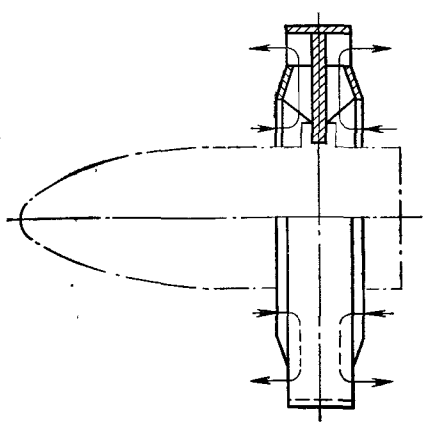


Рис. 110. Схема работы гидротормоза

Устройства второй группы позволяют получить различные винтовые характеристики (у ледоколов, буксиров, траулеров и др.). К этой группе относятся устройства для подвода к винту сжатого или атмосферного воздуха и потоконаправляющие камеры.

Гидротормоз представляет собой диск с лопатками, насаженный на гребной вал вместо винта, создающий при вращении торможной крутящий момент, равный по значению моменту гребного винта. При работе гидротормоза не создается упор, а происходит лишь засасывание у ступицы и выброс воды у наружного обода. Испытания можно производить на стапеле.

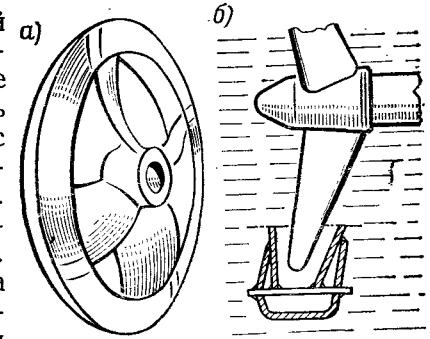


Рис. 111. Разгрузочные устройства гребного винта:
а — кольцевое; *б* — циркуляционное

Кольцевое разгрузочное устройство (рис. 111, *а*) состоит из полого кольца трапецеидального сечения с вырезами на носовой стенке и пазами для захода винта. Происходит искусственное уменьшение площади диска гребного винта, что уменьшает упор и момент, т. е. обеспечиваются ходовые характеристики при нагружении энергетической установки в период швартовных испытаний.

Циркуляционное разгрузочное устройство (рис. 111, *б*) выполнено в виде неподвижного кольцевого желоба, внутри которого вращаются концы лопастей, образуя циркуляционный поток. Часть винта, покрытая кольцевым желобом, работает как центробежный насос нулевой производительности. В результате суммарный крутящий момент и упор, развиваемый обеими частями винта (прикрытой и неприкрытой), будут меньше, чем при работе свободного винта.

При необходимости циркуляционное устройство можно оборудовать воздухоподающим устройством для регулирования момента и упора.

Устройство для подвода на засасывающую полость гребного винта сжатого воздуха состоит из распределительных труб с отверстиями. Через них сжатый воздух из заводской сети вводят в поток воды, подтекающей к гребному винту. Пузырьки воздуха снижают разрежение на засасывающей стороне винта и уменьшают подъемную силу, а значит упора и момента.

Недостаток этого способа — большой расход сжатого воздуха на проведение испытаний и удорожание их.

Этого недостатка лишено устройство типа «щиток» (рис. 112), в котором для снижения разрежения на засасывающей стороне винта использован атмосферный воздух. Принцип работы устройства основан на засасывании воздуха гребным винтом, работающим в насадке, как показано на рис. 112 справа.

Фирмой «Варнов-верфь» (ГДР) предложена для испытаний крупных судов потоконаправляющая камера. Принцип работы камеры состоит в том, что создаваемый работающим гребным винтом поток воды, циркулируя по каналам камеры, подтекает к винту со скоростью его аксиального перемещения, а покидает его с приращением на размер вызванной скорости. При этом относительная поступь винта, работающего в камере, равна ходовому значению. Таким образом, в камере имитируются условия, аналогичные ходовым.

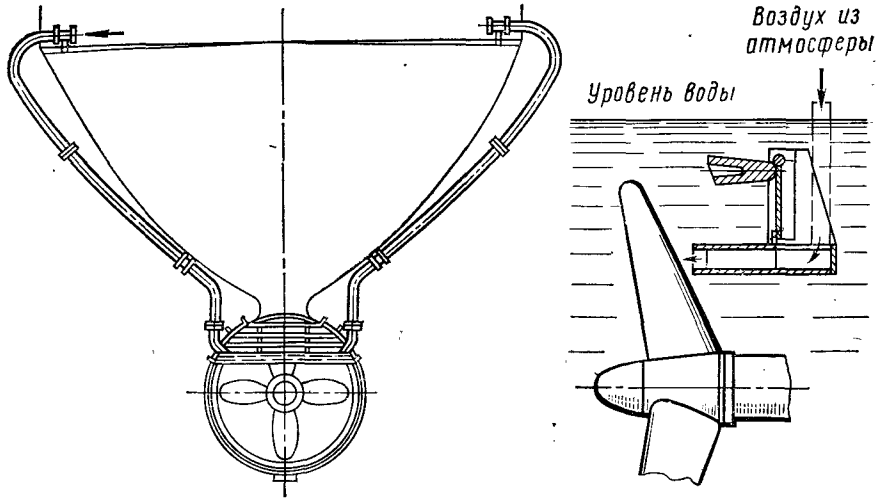


Рис. 112. Устройство типа «щиток»

В ряде случаев при испытании судов на швартовах по ходовым характеристикам требуется не разгрузка, а нагрузка гребного винта. При испытаниях винт не может быть погружен в воду до проектной осадки (например, на грузовых судах), в результате чего он становится полупогруженным. При таких условиях винт оказывается недогруженным (легким).

Для увеличения нагрузки на полупогруженные винты применяют нагрузочные устройства типа «колпак», прикрывающие лопасти винта у поверхности воды.

Для энергетических установок судов с полупогруженными винтами и с винтами регулируемого шага (ВРШ) ходовые характеристики могут быть имитированы без применения специальных устройств (изменением осадки, поворотом лопастей ВРШ).

Способы нагружения якорных и швартовных устройств. Имитационные испытания якорного и швартовного устройств выполняют в два этапа: при стендовых испытаниях шпилей и брашпилей на заводе-изготовителе и при приемо-сдаточных испытаниях. В качестве нагружателя на стендовых испытаниях применяют специальные нагрузочные стенды, обеспечивающие намотку троса длиной, равной длине якорной цепи или швартовного троса, а также выбирание цепи в режиме подъема якоря.

В период швартовных испытаний нагрузки на шпиль (брашпиль) создают с помощью специального нагружателя, выполненного в виде тормозного устройства (рис. 113), или за счет работы гребной установки на задний ход при выбирании отданного якоря на акватории завода.

Необходимые при этом испытании нагрузки на шпиль или брашпиль определяют либо расчетным путем, либо по данным испытаний якорного устройства на ходовых испытаниях головного судна.

Универсальный нагружатель на рис. 113 представляет собой смонтированный на специальном понтоне механизм, состоящий из двухмашинного агрегата (двигатель переменного тока и генератор постоянного тока), который питает исполнительные двигатели, вращающие в свою очередь посредством клиноременной передачи звездочку и тормозной барабан.

Изменение параметров электрического тока, питающего исполнительный двигатель, а тем самым и изменение скорости вращения звездочек и линейной скорости движения якорной цепи осуществляют с пульта управления. Нагружают исполнительный двигатель брашпиля при выбирании якорной цепи затормаживанием звездочки нагружателя с помощью колодочных тормозов, приводимых в действие гидромеханической системой (мультипликатором).

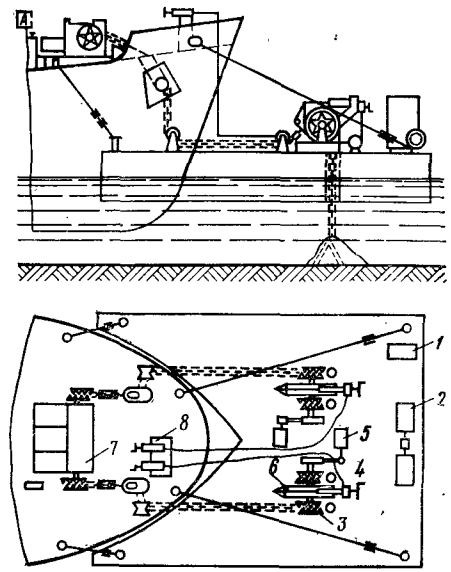


Рис. 113. Схема универсального нагружателя якорного устройства:
1 — главный распределительный щит; *2* — двухмашинный агрегат; *3* — звездочки; *4* — колодочный тормоз; *5* — исполнительный двигатель; *6* — тормозной барабан; *7* — брашпиль; *8* — мультипликатор

В период испытаний на понтоне нагружателя присутствие людей не допускается. Все управление сосредоточено на носовой части испытуемого судна.

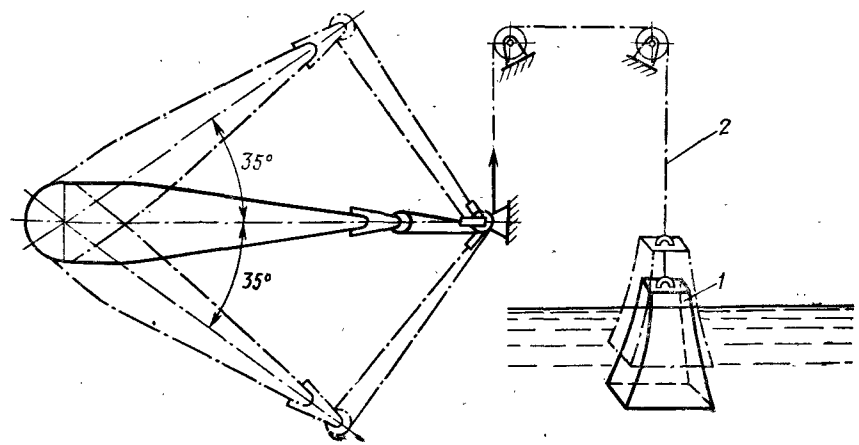


Рис. 114. Нагружатель рулевого устройства:
1 — груз-поплавок; *2* — трос

Способы нагружения рулевых и подруливающих устройств. Основная задача при ходовых испытаниях рулевого и подруливающего устройств — проверка их надежности при максимальной нагрузке. Основными характеристиками рулевого устройства являются мощность рулевого привода и время перекладки руля. Чтобы получить на швартовных испытаниях те же характеристики, что и при движении судна, необходимо имитировать изменение момента на баллере по значениям и знаку.

Это можно выполнить:

нагружением пера руля при перекладке переменной нагрузкой с помощью специального нагружателя;

нагружением пера руля при перекладке давлением воды, создаваемым гребным винтом в ходовом режиме.

Схема нагружения пустотелым профилированным грузом поплавкового типа изображена на рис. 114. Объем и профиль поплавка выбирают согласно кривой изменения момента на баллере. При перекладках пера руля груз, поднимаясь из воды, увеличивает силу натяжения грузового троса в соответствии с этой кривой. Нагружатель применим только для небалансирных рулей.

Во втором случае соответствующую нагрузку на руль создает поток, отбрасываемый гребным винтом. Чтобы компенсировать отсутствие потока воды, вызванного ходом судна, увеличивают упор, развиваемый гребным винтом. Если по условиям акватории завода и причальных сооружений увеличение упора нежелательно, то недогрузку рулевого устройства компенсируют искусственным увеличением площади пера руля. Для этой цели на перо руля ставят легкосъемные наделки.

Часть вторая

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОРЕМОНТА

Глава X

ИЗНОСЫ И ПОВРЕЖДЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ КОРПУСА СУДНА

§ 39. КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗНОСОВ КОНСТРУКЦИЙ КОРПУСА СУДНА

В процессе эксплуатации все элементы судна изнашиваются, повреждаются и постепенно теряют свои прочностные и паспортные характеристики. Износ и повреждения корпусных конструкций можно подразделить на три основных вида:

коррозионно-эрозионный износ — постепенное разрушение и утонение металла в результате химических или электрохимических процессов и действия ударов твердых и жидких частиц;

деформации обшивки и набора — повреждения корпусных конструкций в результате столкновения корпуса судна с внешними предметами в процессе эксплуатации или нарушения технологии постройки и ремонта судна;

разрушения конструкций корпуса — повреждения отдельных элементов корпуса в результате аварий и недостаточной местной или общей прочности корпуса судна.

Основным видом физического износа корпуса судна является коррозионно-эрозионный износ металла, причем наибольшему разрушению подвергается наружная обшивка корпуса.

К о р р о з и е й называется процесс разрушения металла вследствие химического или электрохимического воздействия внешней среды.

Э р о з и е й называется процесс разрушения металла под воздействием абразивной среды и частиц жидкости.

Многолетние наблюдения за судами внутреннего плавания показали, что, как правило, оба вида разрушения проявляются одновременно; при этом всегда можно установить преобладающий вид разрушения. Наличие коррозионных разрушений металла конструкций легко обнаруживается при внешнем осмотре их поверхностей. По характеру разрушения металла различают следующие основные виды коррозий (рис. 115):

общая коррозия (рис. 115, *а*), при которой происходит относительно равномерное разрушение по всей поверхности металла;

местная коррозия, при которой поражаются лишь отдельные участки поверхности металла. В свою очередь по степени сосредоточенности (неравномерности) местную коррозию делят на подвиды: коррозия пятнами (рис. 115, *б*) — неглубокие поражения отдельных участков

поверхности металла; язвенная коррозия (рис. 115, *в*), при которой разрушение имеет вид отдельных язв или раковин, проникающих в глубь металла; точечная коррозия (рис. 115, *г*) представляет собой начальный процесс язвенной коррозии, располагается на отдельных участках поверхности металла в виде точек диаметром 0,2—1,0 мм; межкристаллитная коррозия (рис. 115, *д*) — разрушение на границах между кристаллами металла. Коррозия идет в глубь металла, подвигаясь по межкристаллитным границам. Этот вид коррозии вызывает резкое понижение механических свойств металла.

Исходя из физико-химического характера, коррозионные процессы делят на 2 типа: химическую коррозию и электрохимическую.

Химическая коррозия — результат химического взаимодействия металла с теми или иными агентами внешней среды без возникновения электрического тока; она наблюдается при действии на металлы сухих газов и жидких неэлектролитов. Примером химической коррозии могут служить поверхностные разрушения топочных пространств котлов при сжигании топлива со значительным содержанием серы.

Электрохимическая коррозия — это процесс разрушения металла, сопровождающийся протеканием электрического тока от одной части металла к другой; она наблюдается при действии на металл электролитов (водных растворов солей, кислот и щелочей). Коррозионные явления, возникающие от соприкосновения металлов с растворами, проводящими электрический ток, вызваны ионизацией металла на анодных областях.

Большинство металлических конструкций соприкасается с электролитами, имеющими свойство проводить электрический ток. Соприкосновение металла с электролитами может происходить при непосредственном погружении металла в раствор электролитов и при хранении его в атмосферных условиях. Поэтому электрохимическую коррозию разделяют на два вида: коррозию при погружении металла в жидкость и коррозию в жидких пленках, т. е. атмосферную коррозию.

В результате конденсации паров воды, находящихся в атмосфере, на поверхности любого металла образуется тонкая пленка воды, толщина которой может быть весьма незначительна, порой не видима невооруженным глазом. Только в условиях очень высокой влажности на поверхности металла может появиться водный слой, видимый невооруженным глазом. В пленках воды растворяются газы, находящиеся в атмосфере воздуха, и таким образом создаются условия соприкосновения металла с электролитом.

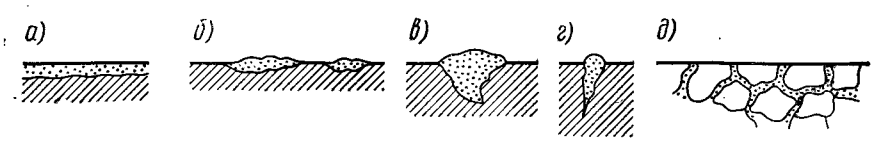


Рис. 115. Основные виды коррозионных разрушений:
а — общая коррозия; *б* — коррозия пятнами; *в* — коррозия язвами; *г* — точечная коррозия; *д* — межкристаллитная коррозия

Корпуса судов внутреннего плавания находятся в пресной и морской воде, богатой различными солями. В этих условиях процесс коррозии развивается гораздо быстрее.

Процесс электрохимической коррозии значительно зависит от структуры и состояния поверхности металла, а также от раствора электролита.

Все технические металлы отличаются структурной неоднородностью, ион-атомы их поверхности не насыщены, имеют свободные связи, а следовательно, могут насыщать эти связи за счет адсорбции. В зависимости от состояния металлической поверхности различные ее участки обладают неодинаковой адсорбционной способностью. Электрохимическая коррозия металла — это следствие физической и химической неоднородности сплавов и поверхностных пленок, возникающих в процессе плавки, проката и термической обработки. Поэтому поверхность металла можно рассматривать как многоэлектродную сложную систему, состоящую из множества анодных и катодных участков.

Участки поверхности металла, где происходит выход ион-атомов металла в электролит, называют анодами, а процессы, протекающие на этих участках, — анодными.

Участки поверхности металла, где происходит поглощение и разрядка избыточных электронов, называются катодами, а процессы, протекающие на этих участках, — катодными.

В результате взаимодействия гальванических пар участки поверхности металла, играющие роль анодов, разрушаются. Для характеристики процессов электрохимической коррозии обычно измеряют коррозионные токи и потенциалы металлов. При этом всегда находят пропорциональную зависимость между количеством тока, вышедшего из анодной области, и количеством металла, подвергшегося коррозии, что вполне соответствует законам электролиза.

Анодными и катодными участками на корродирующей поверхности металла являются места, различные по своему химическому составу и физическому состоянию. Поверхность металла, получившая деформацию при технологической обработке, становится анодом и подвергается коррозионному разрушению.

Анодные и катодные участки на корпусе судна в процессе его эксплуатации могут не занимать определенного места: анодные участки на судне, находящемся в движении, могут стать катодными при стоянке судна и наоборот, в зависимости от напряжений, возникающих в корпусе судна. Напряженное состояние элементов корпуса судна, вызванное большим количеством продольных и поперечных сварных швов, гибочными работами и устранением различных деформаций, способствует развитию электрохимической коррозии.

Поверхность металлического корпуса всегда соприкасается с водой или находится в атмосфере, насыщенной влагой, поэтому есть все условия для развития процесса коррозии и образования ржавчины. Исследования показали, что ржавчина (продукт коррозии) состоит примерно из 60% окиси железа Fe_2O_3, 32% закиси железа FeO и 8% углекислой закиси железа. Цвет ржавчины — от желтого до красного и темно-коричневого — в основном зависит от состава воды.

В результате электрохимических процессов разрушения металла количество микрогальванических элементов возрастает, так как продукты коррозии имеют более умеренный положительный потенциал, чем основной металл, и в соприкосновении с последним создают разность потенциалов, что служит причиной возникновения местных токов между основным металлом (анод) и продуктами коррозии (катод). Анодный и катодный процессы не постоянны; при определенных условиях они замедляются (тормозятся). Торможение процесса электрохимической коррозии, вызванное изменением потенциалов электродной пары, а следовательно, и разности потенциалов и силы тока электрохимической пары, называют поляризацией. Явление поляризации возникает как у анодных, так и у катодных участков поверхности.

Поляризацию анода, приводящую к повышению его потенциала, называют анодной поляризацией. Анодную поляризацию вызывает концентрация ионов растворившегося металла вблизи анода.

Поляризацию катода, приводящую к понижению его потенциала, называют катодной поляризацией. Катодная поляризация — результат недостаточно быстрого связывания электронов, поступающих по внутренней цепи с анодных участков, т. е. результат накопления электронов.

Анодная и катодная поляризация приводят к уменьшению разности потенциалов, а следовательно, к уменьшению коррозионного тока.

Различные факторы, уменьшающие поляризацию электродов, носят название деполяризаторов. В зависимости от характера и места протекания процесса деполяризация может быть анодной и катодной.

Анодная деполяризация является следствием удаления концентрированного раствора с анодной поверхности, что достигается движением электролита.

Катодная деполяризация может быть следствием:

связывания на катоде электронов ионами водорода и образования молекулярного водорода, удаляемого за счет движения пузырьков газа и перемешивания электролита. Такой процесс обусловливает коррозию с водородной деполяризацией;

удаления молекулярного водорода с катодных участков окислением его кислородом, растворенным в электролите. Такой процесс обусловливает коррозию с кислородной деполяризацией.

Постоянный учет процессов деполяризации дает возможность наиболее полно определить интенсивность и характер износа корпусов судов.

§ 40. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС КОРРОЗИИ КОРПУСОВ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ

Коррозионное разрушение обшивки и других элементов корпуса судна — это результат процесса, скорость которого зависит от многих внешних и внутренних факторов.

К внешним факторам принадлежит среда, в которой протекает коррозионный процесс, т. е. химический состав и температура воды транспортных рек, а также скорость движения воды относительно корпуса судна.

К внутренним факторам следует отнести химический состав и структуру металла корпуса судна, состояние поверхности, а также внутренние напряжения и деформации, появление которых связано с технологией постройки, ремонта и условиями эксплуатации судна.

Из внешних факторов, влияющих на коррозионный процесс обшивки корпуса судна, наибольшее значение имеет химический состав воды, т. е. концентрация растворенных в ней солей, кислот и щелочей, и наличие в акваториях блуждающих токов, размер которых зависит от степени энерговооруженности судоремонтных предприятий, портов и самого флота.

Движение воды имеет также существенное значение. С одной стороны, оно, способствуя удалению продуктов коррозии, ускоряет тем самым этот процесс. С другой стороны, усиление доставки к катодным участкам свежего кислорода во время движения воды стремится ослабить анодное растворение металла. В этом случае процесс протекает с кислородной деполяризацией и скорость его в значительной степени зависит от скорости диффузии кислорода на поверхности металла.

Коррозионное разрушение заметнее проявляется у поверхности воды в районе переменной ватерлинии и на выступающих частях корпуса, где обычно повышены скорости обтекания и есть наклеп, т. е. на кормовом подзоре, скуловых листах, острых углах, кромках листов и т. д. Кроме того, силовые линии любых электрических полей блуждающих токов всегда концентрируются на выступающих и скуловых частях корпуса судна.

Влияние скорости обтекания на интенсивность коррозионного процесса связано с содержанием свободного кислорода в жидкости и удалением защитных пленок. Исследования показали, что интенсивность процесса значительно меньше зависит от концентрации солей в растворе, чем от скорости движения жидкости. Так, при неизменной концентрации раствора и скорости движения жидкости 11 м/с интенсивность возрастает примерно в 50 раз по сравнению с интенсивностью коррозионного процесса в спокойной воде.

Из приведенных данных видно, что коррозия развивается не только во время отстоя и ремонта судов, но в основном — в процессе эксплуатации.

Из внутренних факторов, интенсивно влияющих на коррозионный процесс корпуса, наиболее существенны состояние поверхности корпуса, т. е. наличие окалины на обшивке корпуса, качество подготовки поверхности обшивки под окраску, а также качество окрасочных работ.

Электрохимическое растворение металла корпуса судна на участках с поврежденным слоем защитного покрытия ускоряют блуждающие токи, которые имеются в воде акваторий судоремонтных заводов и портов. Возникновение блуждающих токов может быть вызвано нарушением кабельных сетей предприятия, повреждением изоляции судо-

вой электропроводки и выполнением сварочных работ на объектах, находящихся на плаву.

Электрохимическая коррозия протекает более интенсивно под воздействием постоянного тока. При переменном токе промышленной частоты коррозионные процессы возникают только при положительном полупериоде. Чередующиеся циклы переменного тока способствуют разрыхлению коррозионного слоя на подводной части обшивки корпуса судна; чем больше плотность коррозионного слоя, тем медленнее протекает процесс коррозии обшивки, поэтому разрыхление этого слоя способствует ускорению коррозионного процесса.

Химический состав металла также существенно влияет на коррозионный процесс. В результате исследования различных марок стали установлено, что увеличенное содержание углерода снижает стойкость стали против коррозии.

Прокатная окалина или ее остатки на поверхности обшивки корпуса судна — одна из причин язвенной коррозии. Участки обшивки с прокатной окалиной, имеющие более высокий положительный потенциал по сравнению с оголенными участками, создают гальванические пары (окалина служит катодом, а оголенный металл — анодом). Разность между электрохимическими потенциалами прокатной окалины и основного металла составляет примерно 0,26 В.

Образование прокатной окалины и приобретаемые ею свойства зависят от технологического процесса. Обычно окалина состоит из трех слоев, которые схематически показаны на рис. 116.

Прокатка листового металла при высокой температуре (980° С) благоприятствует образованию первого слоя (Fe_2O_3), который стремится распространиться в нижележащий слой, способствуя образованию Fe_3O_4 (красной окиси). Если прокатывают при более низкой температуре (650° С), преобладает образование второго слоя. Третий слой наиболее плотно прилегает к основному металлу, потому что FeO допускает проникновение в ее кристаллическую решетку до 8% Fe. Так как FeO неустойчива, ниже 570° С она разлагается на Fe_3O_4 и Fe, поэтому, если прокатка заканчивается при более низкой температуре, третьего слоя не будет (окалина состоит из двух слоев).

Плотность окислов железа в 1,7—2,2 раза меньше плотности самого железа. Кроме того, окислы, пластические при высоких температурах, становятся хрупкими при низких температурах и во время охлаждения в них происходит сильное сжатие, приводящее к образованию трещин в окисленном слое.

Окалина оказывает влияние на коррозионные процессы не только тем, что становится катодом, но и тем, что под ней задерживаются продукты коррозии и, следовательно, создаются условия для дифференциальной аэрации, стремящейся расширить область коррозии под окалиной. Схематически коррозионный процесс, связанный с наличием прокатной окалины, показан на рис. 117.

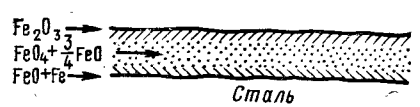


Рис. 116. Структура прокатной окалины на стали

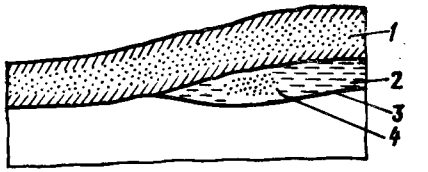


Рис. 117. Механизм коррозии под слоем окалины:
1 — окалина (катод); *2* — вода; *3* — анодная зона; *4* — продукты коррозии (катод)

Наличие на обшивке корпуса судна листов с прокатной окалиной и очищенных от нее вызывают другой вид коррозионного процесса. Такие случаи весьма часто бывают в практике судоремонтного производства, когда заменяемую часть обшивки ставят из стальных листов с неудаленной прокатной окалиной.

Применение не очищенного от прокатной окалины металла для постройки и ремонта судов усиливает коррозионные разрушения корпусных конструкций, так как гибка листов, приварка набора к обшивке, сварка стыков и пазов и правка деформаций обязательно приводят к отслоению окалины на многих участках и к образованию трещин на неотслоенных участках. Отслоение окалины при эксплуатации судна вызывает также преждевременное разрушение защитного лакокрасочного покрытия. Незащищенные участки металла являются в свою очередь анодами по отношению к окрашенной поверхности обшивки корпуса.

Практика показала, что продолжительное выдерживание листов под открытым небом вызывает медленное преобразование прокатной окалины. Процесс заключается в дальнейшем окислении различных слоев окалины, которое не затрагивает основной металл и протекает в соответствии с реакциями:

$$6\,FeO + O_2 \rightarrow 2\,Fe_3O_4;$$
$$4\,Fe_3O_4 + O_2 \rightarrow 6\,Fe_2O_3.$$

Эти процессы ведут к изменению объема окалины и быстрому нарастанию ее отслаивания. Возникновение пары окалина — конденсационная вода — сталь приводит к образованию между окалиной и основным металлом ржавчины, что также способствует отслаиванию окалины, однако для полного ее удаления требуется весьма длительное время.

Результаты замеров износов корпусов судов внутреннего плавания свидетельствуют, что наиболее изнашиваются обшивка днища и настил второго дна.

Анализ коррозионного износа корпусов грузовых теплоходов показал, что за 20 лет эксплуатации износ днищевой обшивки достигает 1 мм, а настила второго дна — несколько меньше. Скорость язвенной коррозии более чем в два раза превышает скорости равномерного износа, что доказывает необходимость проведения регулярных профилактических мероприятий по защите подводной части корпуса судна. Исследованиями установлено, что коррозионный процесс развивается с различной скоростью на наружных и внутренних поверхностях обшивки корпуса судна; при этом установлено, что размер коррозионного разрушения с наружной стороны составляет 75% от суммарного коррозионного износа обшивки.

Полученные средние значения скоростей язвенной коррозии характерны для судов, находящихся в эксплуатации 6—10 лет. Опыт показывает, что при более длительной эксплуатации судов внутреннего плавания очаги язвенной коррозии на обшивке корпуса постепенно сливаются, приближаясь, таким образом, по своему характеру к равномерному (общему) коррозионному износу. При этом скорость нарастания язв в глубину металла замедляется и, как показал анализ произведенных замеров, достигает 40—90 мкм/год.

§ 41. ДЕФОРМАЦИИ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОРПУСА СУДНА

Деформации корпуса судна можно подразделить на три основных вида: гофрировка, бухтиноватость и вмятины.

Гофрировкой называют остаточные прогибы листов обшивки и настилов корпуса между несколькими балками набора, без деформации последнего, придающие корпусу ребристый вид. Гофрировку характеризуют значением стрелки прогиба, длиной и районом распространения по длине или высоте судна (рис. 118).

Бухтиноватостью называют единичные, ограниченные по размеру, остаточные прогибы листов между двумя балками набора без деформации последних, характеризующиеся стрелками прогиба, длиной и шириной (рис. 119).

Вмятиной называют остаточный прогиб обшивки, настила палуб или второго дна вместе с балками набора, характеризующийся наибольшей величиной стрелки прогиба, длиной и шириной (рис. 120).

Гофрировка и бухтиноватость обшивки корпуса могут быть следствием неудачного расположения ребер жесткости, завышенных размеров сварных швов, излишнего насыщения набора, неправильного раскроя листов и т. п. при проектировании корпуса судна. В большинстве случаев гофрировка и бухтиноватость появляются в результате неправильного выполнения сварочных работ. При остывании сварных соединений они возникают вследствие продольных и поперечных укорочений и угловых деформаций.

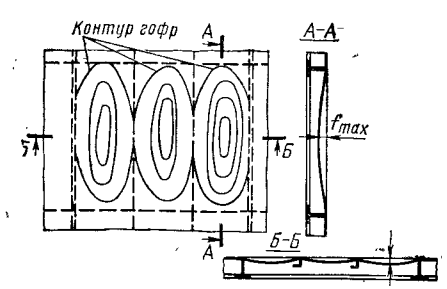


Рис. 118. Гофрировка обшивки корпуса судна

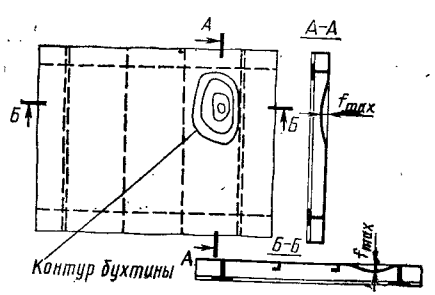


Рис. 119. Бухтина обшивки корпуса судна

При недостаточной толщине наружной обшивки корпуса гофрировка может образоваться в период эксплуатации в результате ударов волн.

Вмятины являются следствием столкновения корпуса с подводными предметами, навалов при швартовках и шлюзовании, ударов грейферов о настил двойного дна и других причин, возникающих при эксплуатации судна. Они характерны для судов внутреннего плавания, корпуса которых представляют собой легкие конструкции с относительно малыми толщинами обшивки и жесткостью набора.

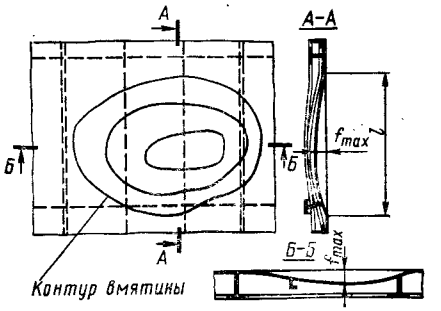


Рис. 120. Вмятины на обшивке корпуса судна

Особенно велики местные деформации у нефтеналивных судов, большие размерения и водоизмещение которых служат причиной того, что даже при малых скоростях движения кинетическая энергия удара судна о тот или иной предмет очень велика и вызывает значительные местные деформации обшивки и набора. Вмятины могут также быть следствием работы судов в ледовых условиях.

Гофрировки, вмятины и бухтины уменьшают участие деформированных участков в обеспечении прочности корпуса. В корпусе судна происходит перераспределение напряжений, так как связи, находящиеся вблизи деформированных участков, оказываются перегруженными, что способствует концентрации напряжений, отрицательно влияющей на местную и общую прочность корпуса судна. Основное влияние на общую прочность оказывают деформированные участки, расположенные на обшивке днища и настиле палубы, т. е. в крайних связях эквивалентного бруса.

Вмятины, гофрировки и бухтины в подводной части корпуса существенно влияют на ходовые качества судна, так как увеличивают сопротивления воды его движению, а в надводной части корпуса и на надстройках ухудшают внешний вид судна. Местные деформации в зависимости от стрелки прогиба и размеров вмятин в одном сечении корпуса вызывают снижение оценки технического состояния судна.

При ненормальных условиях эксплуатации и в результате аварий (столкновения с подводными препятствиями, с судами, навалы и посадки на мель, плавание в штормовых условиях и т. д.), вследствие недостаточной местной или общей прочности корпуса судна, могут произойти разрушения корпусных конструкций.

Под разрушением конструкций корпусов судов понимаются разрывы или изломы отдельных связей, проломы наружной обшивки и настила палубы, а также отдельные трещины по целому металлу или в зоне сварных швов. В ряде случаев все эти виды разрушений могут появиться одновременно.

Весьма часто разрушения корпусных конструкций на грузовых судах связаны с нарушением правил погрузочно-разгрузочных опера-

ций. Следует отличать разрушения, приводящие к немедленному выводу судна из эксплуатации, от разрушений, делающих судно ограниченно годным. К первому виду разрушений принадлежат переломы корпуса или его основных связей и пробоины. Наиболее часты повреждения в носовой оконечности корпуса из-за столкновения с подводными предметами и переломы в районе миделевого сечения.

Ко второму виду разрушений относят небольшие трещины в элементах набора, сварных швах и в обшивке корпуса. Трещины чаще всего возникают в местах концентрации напряжений вследствие конструктивных особенностей узла, значительных износов или деформаций. Появление трещин в одних и тех же местах свидетельствует о необходимости конструктивного изменения или усиления узла. При длительной работе конструкции корпуса в условиях вибрации также могут появиться трещины.

В образовании трещин значительную роль играют качество корпусной стали и технология выполнения сварочных работ. Применение стали с повышенным содержанием углерода способствует образованию трещин. Сварка в условиях жесткого контура при нарушении технологического процесса может также привести к образованию трещин. Своевременное обнаружение трещин и устранение их сваркой или заменой дефектного участка предотвращает разрушение конструкции и возможность серьезных аварий.

Глава XI

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ И НОРМИРОВАНИЯ ИЗНОСОВ КОНСТРУКЦИЙ КОРПУСА СУДНА

§ 42. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗНОСА ОБШИВКИ И НАБОРА КОРПУСА СУДНА

Износ обшивки и набора корпуса судна снижает первоначальную прочность судна, а развитие язвенной коррозии может привести к появлению сквозных отверстий (свищей), т. е. к появлению водотечности. Следовательно, без количественного определения утонения обшивки и набора во время освидетельствования корпуса нельзя гарантировать дальнейшую безопасную эксплуатацию судна и установить действительно необходимый объем ремонтных работ.

Освидетельствование корпуса судна для определения его технического состояния, установления необходимости и объема ремонта основных связей корпуса называют д е ф е к т а ц и е й.

Дефектацию корпуса судна, находящегося в эксплуатации, выполняют в два этапа: перед постановкой судна на ремонт — п р е д р е м о н т н а я д е ф е к т а ц и я и после постановки судна на ремонт для уточнения объема работ в ремонтной ведомости — р а б о ч а я д е ф е к т а ц и я.

При дефектации корпуса фиксируют износы элементов конструкций и местные остаточные деформации (гофрировки, бухтины и вмятины).

Определяют также общий остаточный прогиб (перегиб) корпуса в местах наибольших деформаций, сопровождающийся разрывами и трещинами продольного набора, комингсов люков, палуб и обшивки, резкими поперечными складками или другими признаками наметившегося перелома.

Кроме перечисленных, устанавливают наличие следующих дефектов:

трещин вибрационного характера;

потери устойчивости набора;

повышенных погнутостей штевней, деформаций пиллерсов и раскосов продольных и поперечных ферм;

цементных заделок, остаточных деформаций фальшбортов и надстроек;

износа стыковых и угловых сварных швов, околошовных зон, водотечности сварных и заклепочных соединений.

При определении коррозионно-эрозионного износа конструкций корпуса в актах дефектации отмечают:

местный износ, охватывающий отдельные участки поверхности связи;

сплошной износ, охватывающий всю поверхность связи;

равномерный износ — сплошной износ с утонением, одинаковым по всей поверхности связи;

неравномерный износ — сплошной износ с утонением, различным по всей поверхности связи;

язвенный износ — местный износ в виде отдельных раковин.

Результаты дефектации отражают на чертежах растяжек (рис. 121) наружной обшивки бортов, настилов палубы и двойного дна, обшивок внутренних бортов и водонепроницаемых переборок с указанием износов и повреждений, а также в таблицах замеров повреждений и износов основных групп связей корпуса (размеры износов, вмятин, гофрировки, бухтин и других дефектов корпуса).

При изучении износа определяют:

среднее утонение связей корпуса судна Δt (в мм) и скорость среднего утонения v (в мм/год);

глубину наиболее развитых язв h (в мм) и ее отношение к толщине листа $\frac{h}{t_0}$;

площадь распространения язвенной коррозии $F_{язв}$ и степень ее распространения $\eta_{язв}$, равную отношению площади язв ко всей обследуемой площади S,

$$\eta_{язв} = \frac{F_{язв}}{S}. \qquad (58)$$

Для определения износа необходимо знать построечную толщину обшивки $t_{постр}$ и среднюю толщину в момент проведения дефектации $t_{ср.изн}$; тогда

$$\Delta t = t_{постр} - t_{ср.изн}. \qquad (59)$$

В настоящее время толщины обшивки корпуса судна определяют следующими методами:

1) ультразвуковыми приборами-толщиномерами;

2) микрометрическим замером листов через просверленные отверстия;

3) профилографическим методом;

4) гравиметрическим (весовым) методом.

Каждый из указанных методов имеет свои положительные и отрицательные стороны. Схема замера толщин листов с разрушением и без разрушения металла представлена на рис. 122.

Ультразвуковые приборы основаны на использовании следующих принципов распространения или отражения ультразвука:

изменения силы звука при непрерывном сквозном «прозвучивании» и возможности замера этой величины с обратной стороны замеряемого листа от излучателя ультразвуковых колебаний;

резонанса ультразвуковых колебаний и отражения упругих колебаний с образованием «стоячих волн»;

рефлекторного отражения ультразвуковых волн от границы раздела двух сред (металл — воздух).

Основные преимущества ультразвуковых толщиномеров — относительно большая точность при измерении металла с хорошо обработан-

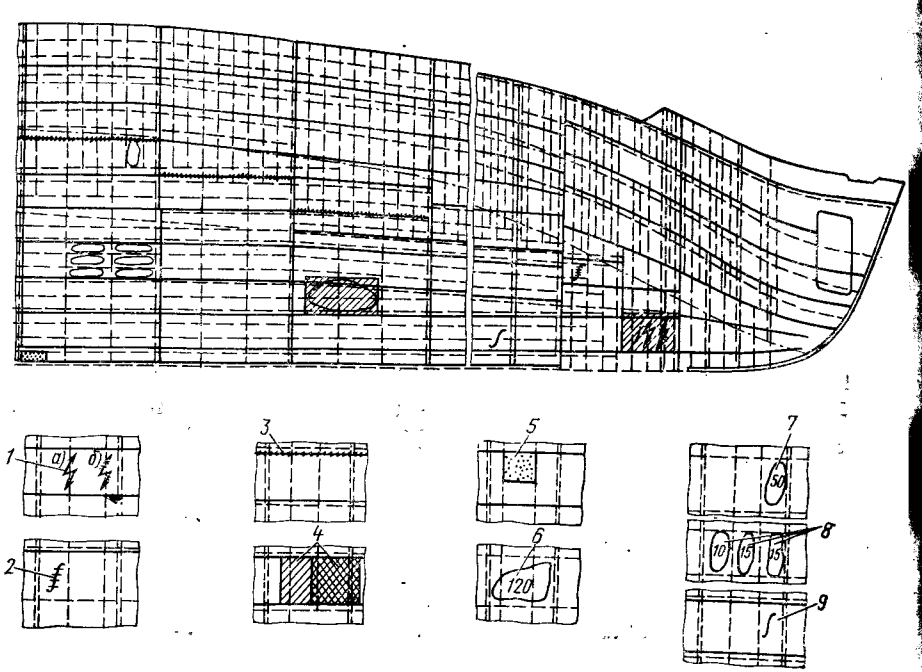


Рис. 121. Растяжка корпуса:

1,а — потеря устойчивости набора без отрыва стенки; *1,б* — потеря устойчивости набора с отрывом стенки; *2* — трещина листа; *3* — подваренный водотечный (или изношенный) сварной шов; *4* — участки листов, подлежащие замене, и замененные участки листов; *5* — цементная заливка; *6* — вмятина (максимальная стрелка прогиба деформированного набора в мм); *7* — бухтина максимальная стрелка прогиба обшивки в мм); *8* — гофрировка (максимальная стрелка в мм); *9* — пробоина листа обшивки

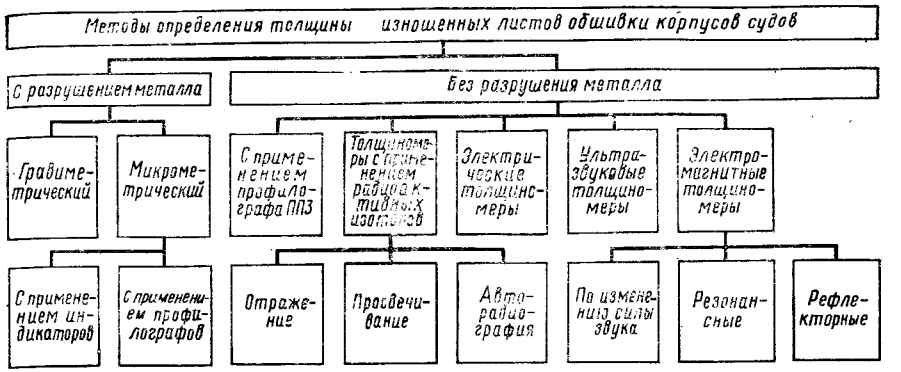


Рис. 122. Схема методов замера толщин изношенной обшивки корпуса судна с разрушением и без разрушения металла

ной поверхностью; возможность одностороннего измерения толщины конструкции, портативность аппаратуры и отсутствие необходимости засверловки отверстий или вырезки планок.

К недостаткам ультразвуковых толщиномеров следует отнести невозможность получения осредненной толщины листа вдоль линии или на некоторой площади, а также обязательное наличие гладкой поверхности у измеряемого листа.

Наиболее распространен на судоремонтных предприятиях переносный ультразвуковой импульсный толщиномер типа «Кварц-6», который можно использовать при температуре окружающего воздуха от — 10 до + 40° С. Прибор позволяет измерять толщину стальных листов и профиля от 2 до 50 мм на трех диапазонах от 2 до 10 мм с погрешностью ± 0,15 мм, от 2 до 25 мм с погрешностью ±0,30 мм и с 2 до 50 мм с погрешностью ± 0,5 мм.

Блок-схема толщиномера «Кварц-6» показана на рис. 123. Питание прибора осуществляется от девяти последовательно соединенных элементов, потребляемая мощность не более 1,5 Вт, габаритные размеры 250 × × 195 × 195 мм, а его масса не более 5 кг. Прибор обслуживает один оператор, обладающий соответствующими знаниями в области ультразвуковой дефектоскопии.

Для измерения толщины металла от 2 до 10 мм используют датчик на 5 мГц, а калибровку производят по образцам 2 и 10 мм. При изме-

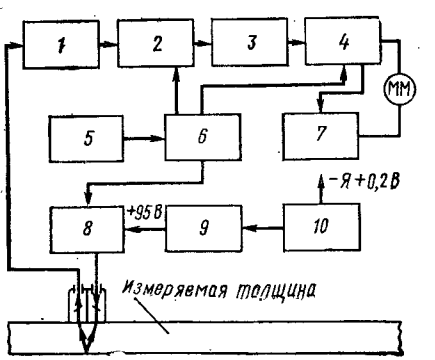


Рис. 123. Блок-схема ультразвукового прибора-толщиномера «Кварц-6»:

1 — усилитель; *2* — блок стробирования зондирующего импульса; *3* — детектор и видеоусилитель; *4* — измерительный триггер; *5* — синхронизатор; *6* — блок запуска; *7* — ждущий мультивибратор; *8* — генератор; *9* — преобразователь; *10* — стабилизатор

рении толщин более 10 мм используют датчик на 2,5 МГц, а калибровку выполняют по образцам 10 и 25 мм (10 и 50 мм). Для определения толщины обшивки корпуса в местах замера площадку 20 × 20 мм очищают от грязи и протирают мягкой ветошью, а затем масленкой наносят на нее тонкий слой масла. После окончания измерений замасленные части датчика и калибровочные образцы протирают тряпочкой, смоченной в бензине.

Ультразвуковые толщиномеры наиболее перспективны из всех приборов, построенных на принципе неразрушающих замеров.

Микрометрический метод основан на измерении толщины листов обшивки корпуса через просверленные отверстия (диаметром 6—8 мм) штангенциркулем или индикатором со специальной головкой.

При отсутствии на поверхности обшивки язв среднюю толщину листа определяют как среднее арифметическое из проведенных замеров:

$$t_{ср} = \frac{\sum_{1}^{n} t_i}{n}, \qquad (60)$$

где t_i — толщина листа в замеряемом месте, мм;

n — количество замеров.

При наличии язвенных разрушений металла необходимо определить среднюю глубину и площадь распространения язвенной коррозии с обеих сторон листа обшивки корпуса судна.

Выделим элемент обшивки корпуса площадью S, пораженной с двух сторон язвенной коррозией, и определим его среднюю толщину $t_{ср}$:

$$t_{ср} = \frac{V_0 - V^{н}_{язв} - V^{в}_{язв}}{S}, \qquad (61)$$

где $V_0 = t_0 S$ — объем элемента обшивки до износа;

$V^{н}_{язв}$ и $V^{в}_{язв}$ — объем, занимаемый язвами соответственно с наружной и внутренней стороны.

Объем единичной язвы V_i (в мм³) можно определить по формуле

$$V_i = k_i f_i h_i, \qquad (62)$$

где f_i — площадь основания язвы, мм²;

h_i — глубина язвы, мм;

k_i — коэффициент, характеризующий форму язвы.

Учитывая выражение (62), формулу (61) можно представить в виде

$$t_{ср} = \frac{V_0 - \sum_{1}^{n} k^{н}_i f^{н}_i h^{н}_i - \sum_{1}^{n} k^{в}_i f^{в}_i h^{в}_i}{S}. \qquad (63)$$

Коррозионные язвы могут иметь разнообразную форму, наиболее близкую к сферической и конической, поэтому принимаем $k = \frac{1}{2}$.

Подставим в формулу (63) соответствующие значения V_0 и k, получим:

$$t_{ср} = \frac{St_0 - \frac{1}{2}h^{н}\left(f^{н}_1 + f^{н}_2 + \ldots + f^{н}_n\right) - \frac{1}{2}h^{в}\left(f^{в}_1 + f^{в}_2 + \ldots + f^{в}_n\right)}{S}. \qquad (64)$$

Принимая во внимание, что

$$\frac{f^{н}_1 + f^{н}_2 + \ldots + f^{н}_n}{S} = \eta^{н}$$

и (65)

$$\frac{f^{в}_1 + f^{в}_2 + \ldots + f^{в}_n}{S} = \eta^{в},$$

окончательно получим:

$$t_{ср} = t_0 - \frac{1}{2}\eta^{н} h^{н} - \frac{1}{2}\eta^{в} h^{в}. \qquad (66)$$

Отсюда среднее утонение обшивки Δt (в мм) будет

$$\Delta t = t_0 - t_{ср} = \frac{1}{2}\left(\eta^{н} h^{н} + \eta^{в} h^{в}\right). \qquad (67)$$

Определение среднего утонения обшивки при дефектации в условиях судоремонта можно производить по предлагаемой номограмме (рис. 124). Пользование номограммой можно проиллюстрировать на следующем примере.

Требуется определить среднее утонение обшивки корпуса судна, если известно, что средняя глубина язв с наружной стороны $h^{н}_{язв} = 2$ мм, с внутренней стороны $h^{в}_{язв} = 0{,}7$ мм и соответственно степень распространения язв $\eta^{н}_{язв} = \frac{F^{и}_{язв}}{S} = 0{,}6$ и $\eta^{в}_{язв} = \frac{F^{в}_{язв}}{S} = 0{,}3$.

Из точки A на номограмме, характеризующей глубину наружных язв, восстанавливаем перпендикуляр до луча, соответствующего степени распространения язв $\eta^{н}_{язв} = 0{,}6$ (точка B).

Соответственно из точки C, характеризующей глубину язв с внутренней стороны, восстанавливаем перпендикуляр до луча, характеризующего степень распространения язв с внутренней стороны обшивки $\eta^{в}_{язв} = 0{,}3$ (точка D).

Точка пересечения прямых, проведенных параллельно осям координат E, обозначенная на наклонной оси, характеризует среднее утонение обшивки Δt. Для рассматриваемого случая среднее утонение $\Delta t = 0{,}94$ мм.

Таким образом для определения средней толщины обшивки микрометрическим методом необходимо при дефектации определить степень распространения язвенной коррозии с наружной и внутренней стороны $\eta^{н}_{язв}$ и $\eta^{в}_{язв}$ и среднюю глубину язв $h^{н}$ и $h^{в}$.

Практически площадь, занимаемую язвами, определяют по снятой на кальку картограмме (рис. 125), фиксирующей топографию распространения язв. Для снятия картограммы с корродированного участка поверхности обшивки намеченный участок смазывают типографской краской и покрывают чистой калькой. По кальке проводят валиком, и на внутренней ее стороне получаются отпечатки участков, не пораженных язвенной коррозией. Белые участки на картограмме показывают места, пораженные язвенной коррозией. На высушенную картограмму накладывают сеточный трафарет, нанесенный на кальку, и по нему на глаз определяют площадь язв в каждом квадрате сетки. Пораженные площади язв по всем квадратам дают площадь язвенной коррозии на замеряемом участке. Площадь, занятая язвами $F_{язв}$, отнесенная ко всей площади картограммы S, покажет степень распространения язвенной коррозии $\eta_{язв}$.

В качестве инструмента для замера толщин листов и глубины язв на судоремонтных заводах широко применяют линейные индикаторы-толщиномеры (рис. 126). Среднюю глубину язв определяют как среднее арифметическое из 5—7 замеров отдельных язв.

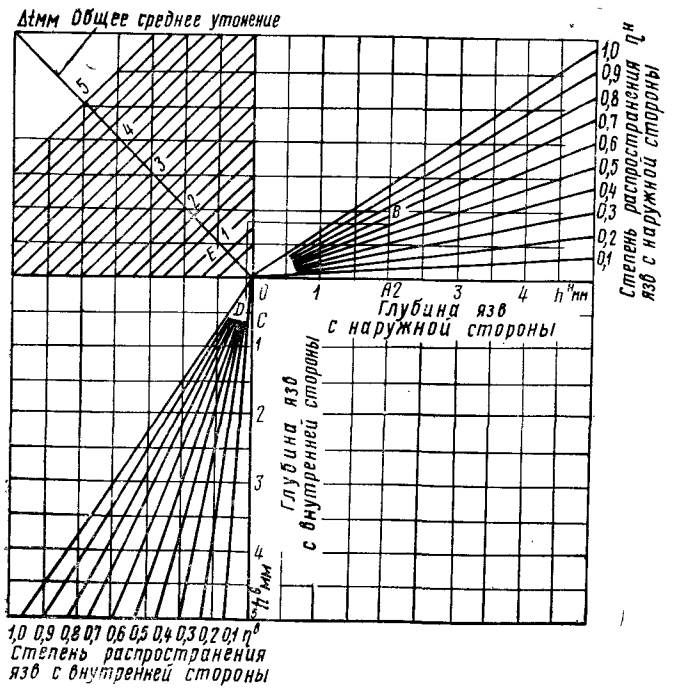


Рис. 124. Номограмма для определения среднего утонения обшивки корпуса в результате язвенной коррозии:

$\eta^н$ — степень распространения язв с наружной стороны обшивки; $\eta^в$ — степень распространения язв с внутренней стороны обшивки; $h^н$ — глубина язв с наружной стороны обшивки; $h^в$ — глубина язв с внутренней стороны обшивки; Δt — общее среднее утонение обшивки

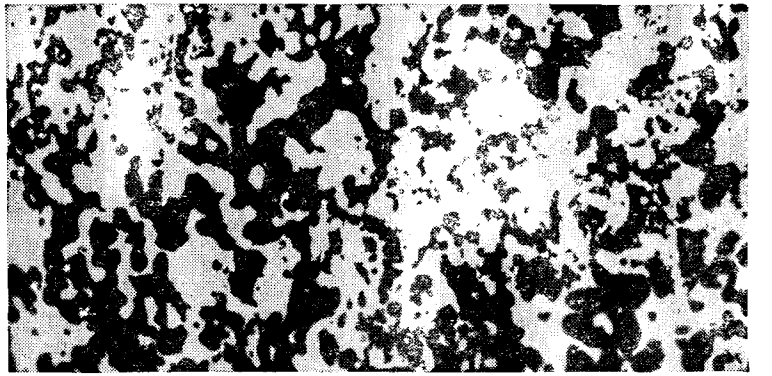


Рис. 125. Коррозионная карта

Профилографический метод заключается в снятии с небольших участков поверхности профилограмм, т. е. кривых, изображающих рельеф поверхности листа в увеличенном масштабе.

Этот метод предусматривает перемещение вдоль корродированной поверхности ползуна-щупа и графическую запись результатов измерений толщин в виде профилограммы. Замеры можно выполнять с помощью индикаторов и рычажных самописцев.

Для снятия профилограмм с корродированных поверхностей разработан новый по принципу и конструкции прибор. Принцип действия профилографа основан на использовании поступательно-возвратного движения иглы-щупа по корродированной поверхности, с периодами подъема и спуска иглы через каждые 0,25 мм, при одновременном передвижении каретки с игольчатым щупом в плоскости, параллельной исследуемой поверхности. За 1 мм перемещения игла-щуп делает четыре поступательно-возвратных движения. Этот же принцип действия при необходимости можно использовать для производства замеров с частотой, большей чем 0,25 мм; однако частота замеров 0,25 мм для данной задачи рекомендуется исходя из пределов точности записи на профилограмме, так как толщина линии записи карандаша примерно равна 0,2 мм.

Базой прибора является расстояние между стойками, равное 150 мм. Запись по длине профилограммы производят в масштабе 1:1, а по высоте — в любом масштабе, на который рассчитан прибор. Кинематическая схема прибора-профилографа изображена на рис. 127.

Прибор данной конструкции позволяет снимать профилограммы при любом положении обследуемой поверхности (горизонтальном, вертикальном или потолочном). По записанной профилограмме опре-

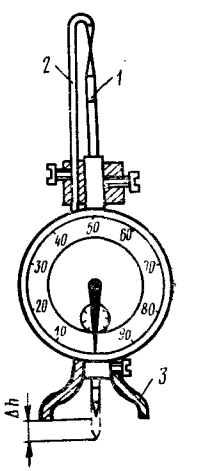


Рис. 126. Индикатор-толщиномер:

1 — подвижная игла; *2* — неподвижная игла; *3* — опорная муфта

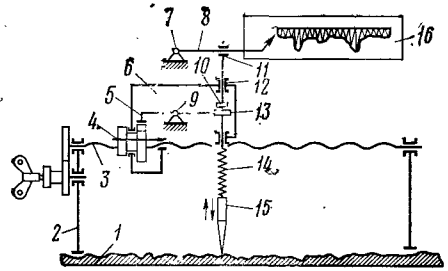


Рис. 127. Кинематическая схема профилографа ПП-3:

1 — корродированный лист; *2* — стойки профилографа; *3* — винт передвижения каретки; *4* — кулачковая муфта; *5* — рычаг игольчатого щупа; *6* — каретка; *7* — шарнирная опора; *8* — рычаг для масштабного увеличения записи профилограммы; *9* — шарнир; *10* — кольцо, закрепленное на щупе; *11* — кулисный камень; *12* — направляющие щупа; *13* — вилка; *14* — пружина; *15* — игольчатый щуп; *16* — бумага для записи профилограммы

деляют значения неровностей h, отсчитанных от базовой линии, т. е. от линии, соединяющей основания стоек прибора.

Характеристикой коррозионного разрушения и шероховатости обшивки корпуса судна может служить среднеквадратичное значение неровностей поверхности обшивки, которое определяют по формуле

$$H_{\text{с. к}} = \sqrt{\frac{1}{L}\int_0^L y^2\,dx}, \qquad (68)$$

где y — высота (или глубина) неровностей;

L — длина участка, к которому относится значение.

Разбив длину профилограммы на h участков и обозначив ординату каждого участка через h_i, получим

$$H_{\text{с. к}} = \sqrt{\frac{\sum_1^n h_i^2}{n}}. \qquad (69)$$

Вычислять $H_{\text{с. к}}$ целесообразно в табличной форме. Значения ординат легко определить, если профилограмма выполнена на миллиметровой бумаге.

Полученные с профилограммы значения ординат необходимо уменьшить с учетом масштаба записи профилографа.

Запись нескольких профилограмм на корродированном листе обшивки дает объективную характеристику состояния поверхности и в значительной степени исключает возможные ошибки в выборе коррозионных мест. Общее коррозионное поражение листа обшивки находят как среднеарифметическое из результатов. замеров.

Определение средней толщины листа при наличии профилограмм и вычисленных $H_{\text{с. к}}$ производится по формуле

$$t_{\text{ср}} = t_0 - H^{\text{н}}_{\text{с. к. язв}} - H^{\text{в}}_{\text{с. к. язв}}, \qquad (70)$$

где t_0 — строительная толщина обшивки;

$H^{\text{н}}_{\text{с. к. язв}}$, $H^{\text{в}}_{\text{с. к. язв}}$ — среднеквадратичная глубина язвенной коррозии с наружной и внутренней стороны обшивки.

Гравиметрический (весовой) метод определения средней толщины изношенного листа обшивки, заключающийся во взвешивании вырезанных из корпуса пластин, является наиболее точным. Износ определяют не в отдельной точке, а по некоторой площади листа. Наличие язв не оказывает влияния на точность результатов, так как взвешивание осредняет толщину листа по некоторой площади.

Заготовку пластин из корродированной обшивки производят газовым резаком, затем пластины обрезают на пресс-ножницах под размер 100 × 100 или 200 × 200 мм. Очищенные от краски и продуктов коррозии образцы взвешивают с точностью 1—2 г и обмеряют с допуском ± 1 мм.

Среднюю толщину листа (в см) определяют по формуле

$$t_{\text{ср}} = \frac{P}{\gamma F}, \qquad (71)$$

где P — масса пластины, г;

F — площадь пластины, см^2;

γ — плотность металла пластины.

Применение гравиметрического метода ограничено, так как в этом случае разрушается металл корпуса. В научных исследованиях, где требуется высокая точность измерений, этот метод в настоящее время является единственно возможным.

При дефектации судов при определении объема ремонта рекомендуется применять ультразвуковой метод и профилографирование с выборочной проверкой износа гравиметрическим методом.

С развитием измерительной техники и совершенствованием приборов, основанных на рассмотренных выше принципах, методы измерения, связанные с разрушением металла обшивки, будут сокращены до минимума.

Способы замера деформаций и выявления трещин. При предремонтной дефектации корпуса судна замер стрелок прогиба и размеров вмятин, гофрировки и бухтин производят с помощью стальной гибкой линейки.

Наиболее распространенными способами выявления трещин являются визуальный и керосино-меловой.

Визуальный способ выявления трещин заключается в осмотре невооруженным глазом, или через лупу, поверхности обшивки и набора, сварных швов и т. п. Этот способ не всегда надежен, поскольку таким путем можно обнаружить только крупные трещины. Выявление мелких трещин требует усиленного освещения обследуемой поверхности, лупы и особых навыков со стороны контролирующего персонала.

Керосино-меловой способ заключается в обильном смазывании керосином очищенной поверхности обследуемого участка с последующим ее протиранием насухо и покрытием меловым раствором. О наличии и размере трещин судят по жировому следу на меловой поверхности, возникающему на месте трещины, вследствие впитывания керосина мелом.

При проверке наличия трещин обе стороны поверхности тщательно очищают и просушивают. После этого одну сторону обследуемой поверхности покрывают тонким слоем керосина, а на противоположную сторону наносят меловой раствор. В зимних условиях в состав мело-

вого раствора вводят незамерзающий растворитель, не влияющий на белизну раствора. После высыхания мелового раствора в местах сквозных трещин появится жировой след от проникшего через трещину керосина.

§ 43. НОРМИРОВАНИЕ ИЗНОСОВ КОРПУСОВ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ

Определение допустимых значений износа связей корпуса (утонения и стрелки прогиба отдельных связей и всего корпуса в целом) носит название нормирования износов.

Для оценки технического состояния и возможности эксплуатации корпуса без предварительной замены изношенных связей и устранения повреждений производится сравнение износов с допустимыми значениями.

При дефектации остаточных деформаций должны быть измерены: для вмятины (см. рис. 120) f_{max} — максимальная стрелка прогиба; l — наименьший размер вмятины в плане, измеренный по деформированному набору в районе максимального прогиба; протяженность отдельных вмятин, лежащих в одном поперечном сечении палубы $|b_1, b_2|$, сечения днища $|d_1, d_2|$ и каждого борта $|h_1, h_2|$ (рис. 128).

По измеренным значениям параметров вмятин определяют величины: отношение f_{max}/l и суммарные протяженности вмятин $|\Sigma b_i, \Sigma d_i, \Sigma h_i|$.

При дефектации гофрировки и бухтин измеряют максимальные стрелки прогиба f_{max} и подсчитывают нормируемый параметр — отношение f_{max}/a (a — расстояние между двумя балками набора). Измеряют с помощью специальных бухтиномеров или обычных линейных измерительных инструментов с точностью замеров: для стрелок прогиба $f \pm 2$ мм, для протяженности вмятин $l \pm 0{,}1$ м.

Браковочные характеристики дефектов корпусных конструкций. На основании результатов дефектации в соответствии с Правилами постройки судов внутреннего плавания, ч. 1 «Классификация и технический надзор» Речного Регистра РСФСР устанавливают оценку технического состояния корпуса судна. Для улучшения оценки необходимо выполнить определенный объем ремонтных работ по устранению дефектов корпусных конструкций.

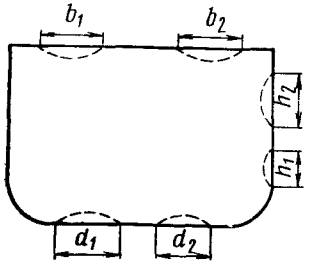


Рис. 128. Протяженность вмятин, лежащих в поперечном сечении корпуса судна

Оценку технического состояния корпусов судов устанавливают по степени износа их основных связей, наличию деформаций и других повреждений.

Износы корпусных конструкций не должны превышать значений, представленных для стальных конструкций в табл. 18 и для судов из легких сплавов в табл. 19.

Износ основных групп связей корпуса судна принимается от толщин, указанных в проекте. При отсутствии проектных данных износ принимают от толщины регламентируемых Правилами постройки.

Таблица 18

Основные группы связей	Техническое состояние					
	хорошее		удовлетворительное		ограниченно годное	
	Допустимый средний износ, %					
	Средняя часть корпуса	Оконечность	Средняя часть корпуса	Оконечность	Средняя часть корпуса	Оконечность
Настил палуб, обшивка днища и комингсы люков. Набор палубы и днища	10	20	20	30	30	40
Обшивка бортов, продольные водонепроницаемые переборки и фермы	15	25	25	35	35	45
Обшивка второго борта, настил второго дна, набор бортов и продольных переборок, поперечные водонепроницаемые переборки и фермы	20	30	30	40	40	50

Таблица 19

Материалы	Основные группы связей	Техническое состояние		
		хорошее	удовлетворительное	ограниченно годное
		Допустимый средний износ, %		
Дюралюминиевые сплавы	Обшивка днища с набором	10	15	20
	Настил палубы (тента надстройки) с набором	10	20	30
	Обшивка борта с набором	15	25	35
Алюминиево-магниевые сплавы	Обшивка днища с набором	10	20	30
	Настил палубы (тента надстройки) с набором	10	20	30
	Обшивка борта с набором	15	25	35

Для судов, предназначенных для плавания в битом льду, предельно допустимый износ наружной обшивки ледового пояса не должен превышать 25% от проектных толщин. Для ледоколов этот износ не должен превышать 20%.

Остаточные деформации корпусных конструкций не должны превышать значений, представленных для стальных конструкций в табл. 20.

В таблице обозначены: H — высота борта или внутреннего борта; B — ширина судна для днища и второго дна, для палубы — разность между шириной судна и шириной люков.

Таблица 20

Нормирующий фактор	Техническое состояние		
	хорошее	удовлетворительное	ограниченно годное
Суммарный размер вмятин по ширине судна в одном сечении отдельно для палубы, днища и второго дна	$\frac{1}{6}B$	$\frac{1}{4}B$	$\frac{1}{3}B$
Суммарный размер вмятин по высоте борта в одном сечении отдельно для каждого борта и внутреннего борта	$\frac{1}{3}H$	$\frac{1}{2}H$	$\frac{3}{4}H$
Отношение стрелки прогиба вмятин к наименьшему размеру вмятин в плане для палубы, днища, бортов, внутренних бортов и второго дна	В средней части корпуса		
	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{10}$
	В оконечностях корпуса		
	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{10}$
Максимально допустимая стрелка прогиба вмятин для палубы, днища, бортов, мм	В средней части корпуса		
	40	60	100
	В оконечностях корпуса		
	50	100	150

При несовпадении оценок по различным нормирующим факторам оценку назначают по наихудшему показателю.

При установлении оценок технического состояния не учитывают:

отдельно расположенные вмятины с наибольшим размером в плане не более 0,6 м и со стрелкой прогиба до 100 мм при условии устранения трещин и разрывов по набору;

вмятины со стрелкой прогиба менее 20 мм независимо от суммарного размера по сечению корпуса;

вмятины, расположенные только в районе холостого набора, со стрелкой прогиба до 30 мм независимо от суммарного размера по сечению корпуса;

суммарный размер вмятин в оконечностях судов, включая и единичную вмятину;

гофрировку, если максимальная стрелка прогиба в средней части судна не превышает 1/20 расстояния между балками судового набора, а в оконечностях судна — 1/10 этого расстояния;

бухтин, если максимальная стрелка не превышает 1/10 расстояния между балками.

Прогибы листов в районе вмятины не должны превышать 1/10 расстояния между балками судового набора.

Для судов из легких сплавов остаточные деформации корпусных конструкций не должны превышать значений, приведенных в табл. 21.

Таблица 21

Нормирующий фактор	Техническое состояние		
	хорошее	удовлетворительное	ограниченно годное
Суммарный размер вмятин по ширине судна в одном сечении отдельно для днища и палубы	$\frac{1}{8}B$	$\frac{1}{6}B$	$\frac{1}{4}B$
Суммарный размер вмятин по высоте борта в одном сечении отдельно для каждого борта	$\frac{1}{4}H$	$\frac{1}{3}H$	$\frac{1}{2}H$
Отношение максимальной стрелки прогиба вмятин к наименьшему размеру вмятин в плане f/l для днища, палубы и бортов (по всей длине судна)	Дюралюминий		
	$\frac{1}{80}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{20}$
	Алюминиево-магниевый сплав		
	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{15}$

При несовпадении оценок по различным нормирующим факторам оценку назначают по худшему показателю.

При установлении оценок технического состояния не учитывают:

гофрировку обшивки с величиной максимальной стрелки прогиба, не превышающей 1/25 расстояния между балками судового набора для алюминиево-магниевых сплавов и 1/50 для дюралюминия;

бухтины обшивки с значением максимальной стрелки прогиба, не превышающей 1/15 расстояния между балками судового набора для алюминиево-магниевых сплавов и 1/20 для дюралюминия.

Кроме остаточных деформаций и износов, снижение оценок технического состояния, а следовательно, и необходимость выполнения определенного объема ремонтных работ вызывают и другие дефекты корпуса. Снижение оценки технического состояния корпуса до «запрещенного» устанавливают при следующих дефектах:

если общий остаточный прогиб (перегиб) судна в местах наибольших деформаций сопровождается разрывами и трещинами продольного набора, комингсов люков, палуб обшивки, резкими поперечными складками или другими признаками наметившегося перелома;

при наличии водотечности, превышающей возможности водоотливных средств судна.

Не влияют на назначение оценки технического состояния корпуса, но устраняются при ближайшем судоремонте следующие дефекты:

цементные заделки;

погнутость штевней;

деформация пиллерсов и раскосов грузовых палуб при стрелке прогиба не более $1/200\ l$ (где l — полная длина пиллерсов или раскосов);

остаточные деформации фальшборта, стенок рубок, надстроек, не участвующих в общей прочности корпуса судна, и др.

Допустимы отступления от регламентированных норм износа и размеров деформаций, если дефекты устранены введением дополнительных подкреплений или представлены соответствующие расчеты, подтверждающие достаточный запас прочности изношенных и деформированных связей или корпуса судна в целом.

§ 44. ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА И ДЕФОРМАЦИЙ ОБШИВКИ КОРПУСА НА ХОДОВЫЕ КАЧЕСТВА СУДНА

Снижение затрат на ремонт корпусов судов в значительной степени зависит от правильного назначения объемов ремонта на базе обоснованных норм допустимых износов и остаточных деформаций, обеспечивающих общую и местную прочность корпуса. При этом необходимо учитывать, что состояние подводной части корпуса влияет не только на прочностные характеристики, но изменяет также ходовые качества судна за счет увеличения сопротивления воды его движению.

Для судов внутреннего плавания основной составляющей сопротивления является сопротивление трения, которое может достигать 60—70% от полного сопротивления. Отсюда следует, что важнейшим средством увеличения скоростей движения речных судов является уменьшение сопротивления трения.

В реальных условиях эксплуатации судна обтекание около подводной поверхности корпуса обычно происходит при режиме, когда корпус является гидравлически шероховатым. При обтекании корродированной поверхности важную роль играет относительная шероховатость, которую определяют как отношение среднеквадратичной высоты элементов шероховатости $H_{с.к}$ к толщине пограничного слоя δ.

При заданном значении $H_{с.к}$ относительная шероховатость $\frac{H_{с.к}}{\delta}$ у судна уменьшается с удалением от форштевня, так как толщина пограничного слоя увеличивается по направлению к корме. Отсюда следует, что носовая и кормовая части судна оказывают различное влияние на сопротивление, вызываемое шероховатостью обшивки корпуса.

Шероховатость обшивки корпусов судов, вызванную язвенной коррозией, замеряют профилографами. Среднеквадратичные значения $H_{с.к}$ шероховатости по каждой профилограмме заносят в таблицы.

У грузовых теплоходов, эксплуатирующихся 5—10 лет, среднеквадратичное значение $H_{с.к}$ шероховатости колеблется в довольно широких пределах ($H_{с.к} = 0{,}178 \div 0{,}777$ мм), а с увеличением срока службы судов наблюдается некоторое увеличение шероховатости. Натурные буксировочные испытания судов, имевших значительную коррозионную шероховатость обшивки, показали, что качественная очистка, шпаклевка и окраска корпуса, приводящие к резкому уменьшению

шероховатости, позволяют снизить сопротивление воды движению судна до 20—25%.

Для ориентировочной оценки дополнительного сопротивления, вызываемого коррозионной шероховатостью обшивки корпуса, необходимой при выборе схемы ремонта корпуса судна, удобно пользоваться графиками, непосредственно показывающими зависимость прироста сопротивления от отношения длины судна к среднеквадратичной коррозионной шероховатости обшивки $\frac{L}{H_{с.к}}$. В качестве примера на графике рис. 129 представлена подобная зависимость для различных по длине грузовых судов внутреннего плавания при ряде значений относительной шероховатости обшивки корпуса.

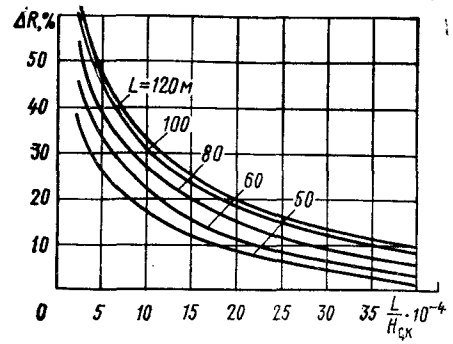


Рис. 129. Влияние относительной коррозионной шероховатости обшивки на прирост буксировочного сопротивления для судов внутреннего плавания (грузовые теплоходы) при $v = 18$ км/ч

График построен для скорости движения судна 18 км/ч. Такими графиками можно пользоваться при необходимости экономического обоснования выбора технологической схемы ремонта корпуса (шпаклевка, окраска и т. п.). Например, для грузового теплохода проекта 576 грузоподъемностью 2000 т ($L \times B \times H = 90 \times 18 \times 4{,}8$), при среднеквадратичной шероховатости обшивки корпуса $H_{с.к} = 0{,}3$ мм прирост сопротивления движению ΔR составит около 13%, что соответствует потере скорости 4%.

При разработке ремонтной схемы корпуса судна необходимо учитывать преобладающее влияние коррозионной шероховатости носовой части корпуса, составляющее примерно 75% от общего увеличения сопротивления. Поэтому производство трудоемких шпаклевочных работ, предназначенных для устранения коррозионной шероховатости обшивки, необходимо предусматривать в основном в носовой части судна.

Качество поверхности обшивки корпуса судна характеризует допускаемая высота шероховатости обшивки. Под допускаемой высотой шероховатости понимается предельная высота (глубина) элементов шероховатости, при которой сопротивление трения не превышает сопротивления технически гладкой пластины.

Допускаемую шероховатость обычно определяют по формуле Шлихтинга

$$H_{доп} \leqslant L \frac{100}{\mathrm{Re}}, \qquad (72)$$

где Re — число Рейнольдса.

По расчету допускаемые шероховатости обшивки корпусов для различных типов судов внутреннего плавания лежат в пределах 0,015—0,045 мм. Такую малую шероховатость практически трудно обеспечить,

однако к этому необходимо стремиться при выполнении шпаклевки и окраски корпусов судов.

На ходовые качества судна оказывают также влияние различные деформации обшивки, особенно гофрировка со значительными стрелками прогиба в районе носовой оконечности до миделевого сечения корпуса. Для выявления скорости нарастания стрелок прогиба гофрировки с увеличением срока эксплуатации грузовых теплоходов замерялись гофрировки бортовой обшивки на 35 судах. Исследования показали, что участки с наибольшей стрелкой прогиба обычно находятся в носовой части за форштевнем и в районе скулы, между 18—32 шпангоутами.

Зависимость роста стрелки прогиба гофрировки от срока службы судов внутреннего плавания оказалась почти линейной и может быть рассчитана по формуле

$$h_{\text{гофр}} = 7{,}9 \div 0{,}635\ T_{\text{ср}}, \qquad (73)$$

где $h_{\text{гофр}}$ — стрелка прогиба гофр, мм;
$T_{\text{ср}}$ — срок службы судна, лет.

Буксировочные испытания натурного судна с искусственно выполненной гофрировкой обшивки в носовой части судна (от носа до миделя) с максимальной стрелкой прогиба гофра $h = 49$ мм при средней скорости движения судна $v = 3{,}5$ м/с показали, что сопротивление движению возросло почти в 2 раза, что соответствовало потере скорости судна на 25%.

В действительности на эксплуатирующихся судах внутреннего плавания имеются только отдельные участки гофрированной обшивки с различными значениями стрелок прогиба. Так как потери скорости движения судна зависят от удельного значения поверхности гофрированных участков обшивки в общей площади смоченной поверхности корпуса и среднего значения стрелок прогиба гофр, в реальных условиях потери скорости движения судна могут иметь различные значения от 2 до 15%.

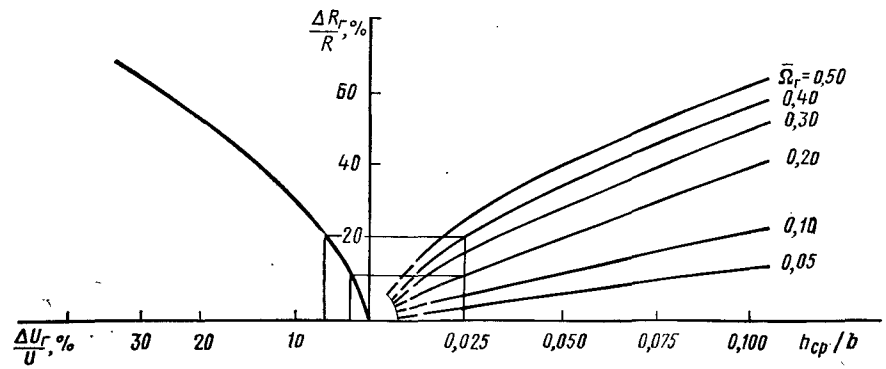


Рис. 130. Влияние гофрировки обшивки на прирост общего сопротивления воды движению судна и на падение скорости движения

Для экономического обоснования целесообразности ремонтных работ по замене (или правке) гофрированной обшивки корпуса можно использовать график (рис. 130). По нему можно определить для заданных значений безразмерной стрелки прогиба гофрировки $\frac{h_{\text{ср}}}{b}$ и относительного значения смоченной поверхности гофрированной обшивки корпуса $\bar{\Omega}_{\text{г}}$ надбавку к общему сопротивлению $\frac{\Delta R_r}{R}$ или потерю скорости движения судна $\frac{\Delta v_{\text{г}}}{v}$ только из-за наличия гофрированной обшивки ($h_{\text{ср}}$ — среднее значение стрелок прогиба гофр, b — шпация). График потери скорости $\frac{\Delta v_r}{v} = f\left(\frac{\Delta R_{\text{г}}}{R}\right)$ получен в предположении, что при малых изменениях скорости полезный упор движителя остается постоянным.

Целесообразность выполнения ремонтных работ по корпусу судна можно определить сопоставлением потерь от снижения скорости судна из-за наличия коррозионной шероховатости и гофрировки обшивки с затратами на ремонт.

Глава XII

РЕМОНТ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОРПУСОВ И НАДСТРОЕК СУДОВ

§ 45. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Выбор рационального способа ремонта конструкций корпуса зависит от характера и объема работ, характеризующих соответствующий вид ремонта (текущий, средний, капитальный), и степени оснащенности судоремонтного предприятия. После расстановки флота в акватории и на слипе судоремонтного предприятия и уточнения объемов судоремонта выполняют подготовительные и вспомогательные работы, необходимые для обеспечения основных работ по ремонту корпусов судов.

Предупреждение износов элементов и ликвидацию различных повреждений корпуса производят при полном или частичном его обнажении. Полное обнажение подводной части корпуса осуществляют в специальных судоподъемных сооружениях (эллингах, слипах, доках), описанных в разделе «Проектирование судостроительных и судоремонтных предприятий». При отсутствии на предприятии специальных сооружений полностью обнажить корпус можно, вытащив судно на берег с помощью временных склизов, или обсушкой его, используя весенний или осенний подъем воды, а также подъемом на клетки в акватории затона в зимний период.

Склизы сооружают на гладкой площадке с уклоном к воде от 1 : 8 до 1 : 15 отдельными дорожками из брусьев, скрепленных строительными скобами. Каждая дорожка состоит из нескольких рядов брусьев, концы которых опущены в воду на глубину, превышающую осадку

поднимаемого судна. Ряд таких дорожек, уложенных на расстоянии 2—4 м, создают постель склиза. Уходящие в воду концы дорожек загружают балластом для предотвращения их всплытия.

Для подъема судна на склиз под корпус опускают специально изготовленные сани и крепят к нему соответствующей оснасткой. Перед подъемом судна дорожки склиза смазывают тавотом для лучшего скольжения саней с закрепленным к ним судном. Поднимают судно с помощью лебедок или шпилей.

Обсушка судна заключается в том, что во время осеннего или весеннего паводка судно подводят на заранее подготовленную затопленную площадку со стапель-блоками и при спаде уровня воды пересаживают на них судно. Отремонтированное судно можно спустить на воду только при очередном подъеме уровня воды на этой площадке.

Частичное обнажение корпуса судна, вызванное необходимостью устранения аварийных повреждений в подводной части, можно осуществить, при отсутствии поблизости судоподъемного сооружения, на плаву с помощью кренования, дифферентования, кессонов, судонатасок или выморозки.

При креновании и дифферентовании крен корпуса создают наливом воды в бортовые водонепроницаемые отсеки или погрузкой на палубу или в корпус необходимого количества грузов. Перед кренованием судно освобождают от подвижных грузов во избежание их перемещения по уклону палубы. Кренование производят в порожнем состоянии судна.

Приближенно определить тангенс угла крена, при котором борт судна будет выходить из воды на величину a, можно по формуле

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{2a}{B}, \qquad (74)$$

где B — ширина корпуса судна, м.

Кренящий момент M (в тс · м), который может создать крен, можно определить по формуле

$$M = Pl_1 = \operatorname{tg}\theta D h_0, \qquad (75)$$

где P — вес перемещаемого груза, тс;

l_1 — плечо, на которое перемещен груз, м;

D — водоизмещение судна порожнем, тс;

h_0 — поперечная метацентрическая высота, м.

Кормовую (носовую) часть корпуса можно обнажить дифферентованием судна за счет перемещения груза вдоль корпуса или приема балласта в ахтерпик, форпик.

Дифферент (в м) в зависимости от веса и плеча перемещаемого груза можно определить по формуле

$$\Delta T = \frac{Pl_2 L}{DH}, \qquad (76)$$

где l_2 — плечо перемещения груза вдоль корпуса, м;

L — длина судна, м;

H — продольная метацентрическая высота, м. Для ориентировочных вычислений может быть принята равной $(1{,}1 \div 1{,}2)\ L$.

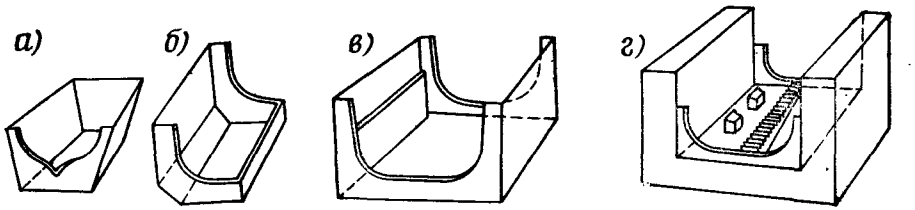


Рис. 131. Типы кессонов:
а — носовой; *б* — бортовой (однобортный); *в* — бортовой (двухбортный); *г* — кессон-док

Применение кренования и дифферентования для частичного обнажения корпуса возможно только после проверки расчетом прочности и остойчивости судна. Производить одновременно кренование и дифферентование не следует во избежание появления чрезмерных напряжений и остаточных деформаций в конструкциях корпуса судна.

Кессоны представляют собой ящики различной конструкции и формы, устанавливаемые на поврежденные участки корпуса, верхние части которых при поджатии к судну выступают над уровнем воды. После обжатия кессона и удаления воды из кессонного пространства обеспечивается доступ к поврежденному участку корпуса. Кессоны могут быть временные и постоянные. Временные кессоны могут быть деревянными и металлическими. Наиболее просты водонепроницаемые деревянные ящики, применяемые для ремонта плоского днища. Плотное прилегание ящика к корпусу обеспечивают его верхние кромки, обшитые парусиновыми подушками толщиной 80—100 мм, заполненными кошмой. К корпусу судна ящики крепятся тросами. После завершения ремонта поврежденного участка корпуса ящик заполняют водой через специальное отверстие и с помощью тросов выводят из-под корпуса судна.

Постоянные кессоны могут быть носовыми, кормовыми, бортовыми и кессон-доками (рис. 131, *а*, *б*, *в*, *г*). Современные металлические кессоны оборудованы силовой и компрессорной установками, балластными насосами, сварочными аппаратами и другими механизмами, что создает им автономность при производстве ремонтных работ. Кессон-доки отличаются от двухбашенных доков несколько меньшими размерами и наличием торцевых стенок с лекальными вырезами.

Судонатаска представляет собой устройство для частичного подъема судна на берег и состоит из смонтированного на шпалах рельсового пути, подъемной тележки и канатной тяговой лебедки. Монтируют судонатаски на береговой площадке, имеющей уклон к воде от 1 : 8 до 1 : 12, на которой устанавливают один или два ряда (в зависимости от ширины поднимаемого судна) рельсовых путей, частично опускаемых под воду на глубину, превышающую суммарную высоту подъемной тележки и осадки судна, и балластируют для предотвращения всплытия. Береговую часть рельсового пути и тяговую лебедку крепят на берегу. С помощью судонатаски можно приподнять кормовую или носовую часть судна для производства аварийного ремонта. При большой осадке корпуса можно произвести предварительное дифферентование судна.

Вымораживание отдельных участков корпуса и винторулевого комплекса для устранения повреждений производят на реках Севера и Востока нашей страны, где в течение зимы наблюдаются устойчивые морозы и отсутствуют резкие колебания уровня воды. Процесс выморозки заключается в постепенной выборке льда для доступа к поврежденному участку подводной части корпуса судна. Выборка льда приводит к созданию искусственных условий, при которых поток тепла от воды через лед в окружающую среду значительно возрастает и ускоряется процесс намораживания льда с нижней стороны.

В зависимости от места выполнения и вида ремонтных работ (заварка трещин, замена поврежденных участков обшивки и набора, ремонт гребного устройства) вымораживают участки в виде тупых колодцев, расположенных вдоль борта, разделенных между собой поперечными ледяными перемычками, или проходных колодцев, идущих под корпусом судна от одного до другого борта.

Выморозочные колодцы обычно имеют высоту 0,8—1,0 м, длину 2—3 м и ширину 1—1,5 м. Между ними оставляют ледяные перемычки шириной до 0,6 м, которые служат опорами для корпуса и предотвращают затопление всей выморозки при проколе льда в одном из колодцев.

Выморозку можно начинать при толщине льда 30 см, если вокруг судна (или группы судов) произведены околочные работы. В корпусе неоколотого судна возникают напряжения от действия ледяного покрова при колебаниях горизонта воды, температуры воздуха, вследствие образования ледяной чаши под днищем, что может привести к образованию трещин в перемычках выморозочных колодцев и их затоплению.

Толщину льда h (в м) можно определить по формуле

$$h = \sqrt{\frac{2T_в \lambda_л t_0}{\gamma_л \beta} + \left(h_0 + \frac{\lambda_л}{\alpha}\right)^2} - \frac{\lambda_л}{2}, \qquad (77)$$

где $T_в$ — время, отводимое на намерзание льда, ч;
$\lambda_л$ — коэффициент теплопроводности льда, принимаемый равным 1,5 ккал/м · ч · °С;
t_0 — температура воздуха, °С;
$\gamma_л$ — плотность льда ($\gamma_л$ = 900 кг/м³);
β — скрытая теплота, выделяемая при превращении 1 кг воды в лед и равная приближенно 80 ккал/кг;
h_0 — первоначальная толщина льда, м;
α — коэффициент теплоотдачи, зависящий от скорости ветра на поверхности льда, ккал/м² · с · °С.

При скорости ветра $\omega < 5$ м/с $\alpha = \delta + c\omega$: для гладкой поверхности льда $\delta = 4{,}8$ и $c = 3{,}4$; для шероховатой поверхности льда $\delta = 5{,}3$ и $c = 3{,}6$.

Процесс выморозки можно значительно ускорить применением искусственной вентиляции колодцев и подведением под них пластин льда, отколотых за пределами ледяной чаши вымораживаемого судна.

Выполнять ремонтные работы по корпусу в выморозочных колодцах следует узким фронтом с целью завершения в течение рабочей смены определенных участков замены днищевого перекрытия в пределах данного колодца, что необходимо для предотвращения затопления отсека корпуса в случае внезапного прорыва воды в выморозочный колодец.

Основные работы по ремонту корпусных конструкций при среднем и капитальном ремонте выполняют на слипах, чему предшествует значительный объем вспомогательных работ, составляющий по трудоемкости более 6% от общего объема ремонта корпуса.

К вспомогательным работам относят: подготовку кильблочных тумб для установки судна на стапеле, перестановку тумб под корпусом судна, сооружение наружных и внутренних лесов, подмостей и трапов а также проверку состояния корпуса судна в процессе ремонта.

Унифицированные (инвентарные) металлические кильблочные тумбы позволяют широко применять крановые средства на стапельной площадке до установки судна. На слипах с твердыми покрытиями для перемещения и установки кильблочных тумб под корпусом судна можно применять ручные шарнирные тележки на пневмокатках (рис. 132). С помощью таких тележек один человек может поднять, переместить и установить на новое место кильблочную тумбу массой до 200 кг, т. е. механизируются трудоемкие операции по перестановке тумб под корпусом судна при выполнении ремонтных, очистных и окрасочных работ.

После установки судна на кильблочные тумбы сооружают леса и трапы с наружной стороны и подмости для работы внутри корпуса судна.

Твердые покрытия на горизонтальных стапельных местах слипов позволяют механизировать вспомогательные работы с помощью катучих инвентарных телескопических лесов и передвижных трапов, например ремонт иллюминаторов, привальных брусьев, замена или правка отдельных участков обшивки и т. д.

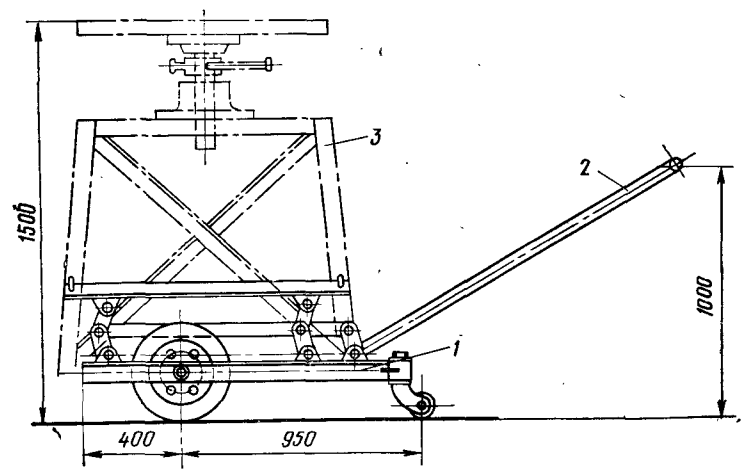


Рис. 132. Тележка для подъема и передвижения кильблочных тумб:
1 — тележка; *2* — рычаг-дышло; *3* — стапельная тумба

§ 46. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ И ПРАВКА КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Водотечность корпуса судна устраняют как в эксплуатационных условиях, так и в процессе заводского ремонта. При появлении разрывов и трещин в элементах корпуса при эксплуатации в качестве временных мер применяют различные заделки: цементные ящики, стеклотканн или пластыри с последующим устранением при заводском ремонте. - В процессе зимнего ремонта восстановление элементов корпусных конструкций можно производить при нахождении судна на плаву (текущий ремонт) или после подъема его на слип или в док (средний или капитальный ремонт). При текущем ремонте устраняют трещины и отдельные деформации обшивки в надводной части корпуса. Восстановление конструкций корпуса в подводной части производят на судоподъемных сооружениях, а при отсутствии таковых—с помощью выморозки.

Т р е щ и н ы в обшивке, настилах палуб и наборе весьма частый случай повреждения элементов корпуса, особенно в районах сварных швов. Заварка трещин весьма сложный процесс, так как ее выполняют в жестком контуре. При неправильном ведении сварки напряжения в металле могут превзойти временное сопротивление разрыву, в результате чего появятся новые трещины в сварном шве или на смежных участках.

По концам трещин засверливают отверстия, чтобы уменьшить концентрацию напряжений при заварке и предотвратить ее распространение. Кромки трещин разделывают под V-образный шов. Затем подготовленную к заварке трещину расширяют (с помощью клина) для создания реактивных напряжений обратного знака.

Не доварив трещину, клин удаляют, при этом упругие растягивающие напряжения снимаются и раздвинутые кромки трещины сдвигаются одновременно с поперечным сокращением шва. Заваривают трещины от более жестких к менее жестким участкам конструкции, т. е. от концов трещины к ее середине. Заварку небольших трещин (до 200 мм), выходящих к кромкам листа, производят за один проход с направлением к кромке. Более длинные трещины в замкнутом контуре заваривают обратно-ступенчатым швом с направлением от середины шва.

Влияние деформаций обшивки на общую прочность корпуса характеризует степень увеличения напряжений в палубных и днищевых связях. Степень увеличения напряжений в палубе и днище корпуса соответственно $K_п$ и $K_д$ можно оценить по выражениям:

$$K_д = \frac{\Delta\sigma_д}{\sigma_д} 100 = \frac{\Delta W_д}{W_д \Delta W_д} 100; \qquad (78)$$

$$K_п = \frac{\Delta\sigma_п}{\sigma_п} 100 = \frac{\Delta W_п}{W_п - \Delta W_п} 100, \qquad (79)$$

где $\sigma_д$ и $\sigma_п$ — напряжения соответственно в связях днища и палубы, кгс/см²;

$\Delta\sigma_д$ и $\Delta\sigma_п$ — приращение напряжений в днище и палубе вследствие местных деформаций обшивки, кгс/см²;

$W_д$ и $W_п$ — моменты сопротивления днища и палубы корпуса судна, см³;

$\Delta W_д$ и $\Delta W_п$ — изменения моментов сопротивления днища и палубы вследствие местных деформаций, см³.

Размеры деформаций элементов корпуса бывают различными, могут распространяться на значительные участки обшивки и иметь большие стрелки прогиба, изломы и надрывы. Устранить подобные деформации можно вырезкой поврежденных участков и заменой их новыми. Вопрос о замене поврежденной обшивки и набора решают в каждом конкретном случае исходя из технических возможностей данного предприятия и экономической целесообразности, т. е. из сопоставления затрат на правку с затратами на изготовление заменяемых элементов из нового материала.

Применяющиеся в настоящее время способы правки можно выделить в три основные группы:

правка в холодном состоянии;

правка в нагретом состоянии;

правка совместным действием местных нагревов и поперечного сосредоточенного усилия (термосиловой способ).

В цехе вырезанные из корпуса деформированные участки при отделенном от обшивки наборе можно править:

на вальцах или под прессом — отдельные листы;

растяжением, обратным выгибом, на профилегибочных станках или вальцах — профильный металл;

прокаткой — сварные листовые конструкции.

Все указанные способы правки и применяемое при этом оборудование описаны в первой части данного учебника. Холодная правка корпусных конструкций на слипе, т. е. в замкнутых контурах, практически исключается.

Сейчас наиболее распространены горячие способы правки: термический, не сопровождающийся механическим воздействием, и термический способ при одновременном механическом воздействии.

При первом способе правки возникают новые остаточные деформации за счет подсадки металла на небольших по размеру вмятинах. При нагреве деформированного участка увеличивается объем металла. Противодействие холодного металла расширению вызывает в нагретом металле напряжения сжатия. Когда эти напряжения достигают предела текучести, происходит пластическая деформация металла — подсадка. По мере охлаждения нагретого участка в нем возникают напряжения растяжения, приводящие к распрямлению деформированного участка обшивки. Для создания более резкого перепада температур по периметру нагретого участка применяют воздушное или водяное охлаждение.

Второй способ предусматривает нагрев как больших площадей, так и малых участков. Механические усилия создают ударами кувалды, с помощью домкратов, приварных упоров и т. д.

Для правки корпусных конструкций, имеющих относительно небольшие участки деформаций, применяют различные виды местных нагревов: пятнами, полосами, наплавкой валиков и др.

Правку нагревом пятен деформированного участка обшивки выполняют с помощью газовой горелки по схеме, изображенной на рис. 133, *а*. Температура пятна должна быть достаточно высокой, чтобы вызвать подсадку металла, но при этом она не должна приводить к перегреву металла, сопровождаемого ростом зерна. Данному требованию удовлетворяет температура около 800° С, определяемая визуально по вишнево-красному цвету.

Размеры пятна должны быть такими, чтобы обеспечивалась устойчивость нагретой зоны. Диаметр пятна (в мм) выбирают в зависимости от толщины обшивки на выпрямляемом участке по выражению

$$D_{\text{п}} = 8t + 10 \text{ мм}, \qquad (80)$$

где t — толщина обшивки, мм.

Радиус окружности, на которой располагают центры пятен, можно определить из выражения

$$R = D_{\text{п}} + 150 - 4f, \qquad (81)$$

где f — стрелка прогиба бухтины, мм.

Сначала прогревают центральное пятно, затем пятна, расположенные по треугольнику. Если обнаруживается, что при охлаждении этих пятен не достигнут желаемый результат, продолжают нагревать пятна по второму треугольнику. Разогрев пятен должен быть быстрым и резко ограниченным по площади, поэтому применяют мощные источники тепла, такие, как пламя ацетиленокислородной горелки.

Для повышения эффективности правки после нагрева пятен до предельной температуры производят проколачивание легкими ударами киянки сначала вокруг нагретого пятна со стороны выпуклой части бухтины, а затем в центральной зоне нагрева. Если на листе имеется несколько бухтин, расположенных рядом, их правят через одну, так как при этом промежуточные бухтины уменьшаются или совсем выпрямляются.

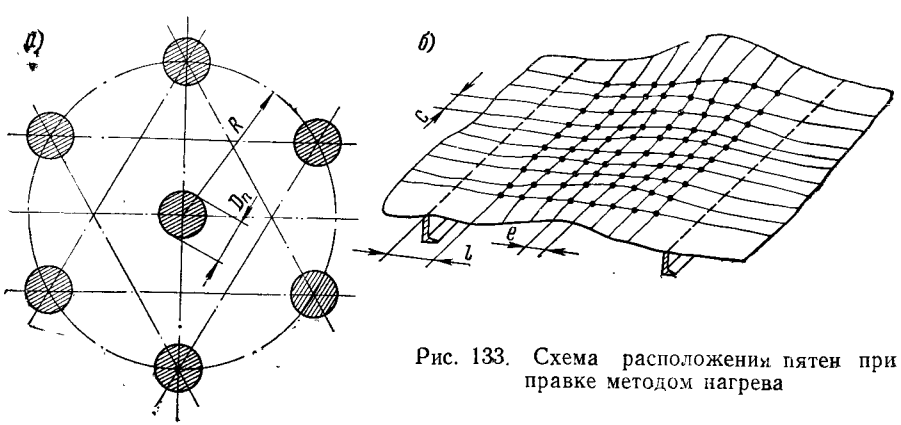


Рис. 133. Схема расположения пятен при правке методом нагрева

На рис. 133, *б* показана схема расположения пятен нагрева, при которой деформированный участок обшивки выпрямляется без проколачивания. Размеры пятен и положение их на выпрямляемом листе определяют по табл. 22.

Таблица 22

Толщина деформированного листа обшивки, мм	Расположение и размеры нагреваемых пятен, мм (см. рис. 133, б)			
	e	*c*	*l*	$D_{\text{п}}$
3—4	40—50	40—50	100—120	20—30
5—6	40—50	40—50	100—120	30—40

Как видно из приведенной таблицы, увеличение толщины деформированного листа вызывает лишь необходимость увеличить диаметр пятен нагрева при неизменном их положении относительно выпуклости или вогнутости деформированного участка.

Правку нагревом полос выполняют последовательным нагревом сначала двух полос, и если этого недостаточно, нагревают еще 2—3 полосы. Во избежание появления складок при нагреве полос и для повышения производительности правки можно применить местный нагрев полосами шириной 20—25 мм, имеющими S-образную форму.

Наиболее эффективен нагрев полосами, параллельными контуру бухтины с последующим проколачиванием нагретых полос. Полосы нагрева на бухтинах сферической или овальной формы располагают параллельно их границам (рис. 134, *а*), а на бухтинах цилиндрической формы — параллельно их образующей (рис. 134, *б*). Бухтины овальной формы с отношением осей 3 : 1 можно рассматривать как цилиндрические. Если одного контура (или двух полос) нагрева недостаточно для выпрямления бухтины, нагревают второй контур с расстоянием от первого на 80—100 мм по направлению к центру бухтины.

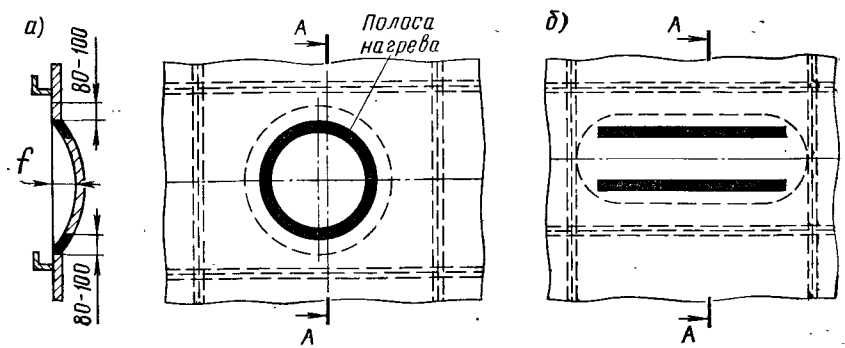


Рис. 134. Схема нанесения полос нагрева на бухтинах:
***а* — сферической формы; *б* — цилиндрической формы**

Нагревают полосы непрерывным перемещением горелки по намеченным линиям. В процессе нагрева могут образовываться местные углубления («провалы»), которые устраняют проколачиванием с противоположной стороны. Для усиления эффекта подсадки металла и устранения перегибов выпрямляемого участка в местах нагрева вслед за перемещающейся горелкой непрерывно проколачивают лист легкими ударами молотка по неостывшей полосе нагрева. Проколачивание прекращают при температуре 500° С, т. е. в момент потемнения нагретого участка металла. После проколачивания нагретые участки охлаждают поливом воды или наложением влажных компрессов.

Для устранения местных деформаций, возникших в результате продольной усадки сварных швов, применяют нагрев околошовной зоны до температуры 200° С. При таком нагреве в районе сварных швов возникают растягивающие усилия. Так как при сварке напряжения в районе шва уже достигли предела текучести, дальнейшее растяжение этой зоны при нагреве приводит к пластическому деформированию металла. В свою очередь это вызывает уменьшение сжимающих напряжений между сварными швами в пластине, потерявшей устойчивость, и, следовательно, приводит к ее распрямлению. Полосы нагрева располагают на расстоянии 50—75 мм от сварного шва.

Для правки обшивки толщиной 3—5 мм (надстройки корпуса), имеющей бухтины со стрелкой прогиба до 25 мм, применяют «штриховые» нагревы без последующего механического воздействия. Нагревают отдельными штрихами длиной около 120 мм и шириной 15 мм, и скорость движения горелки подбирают таким образом, чтобы нагреваемый участок едва выделялся на поверхности обшивки. В нагретой точке металл только на мгновение приобретает светло-красный цвет, соответствующий температуре 850°С; средняя температура по толщине листа не превышает 480° С.

Правка наплавкой валиков наиболее эффективна из всех способов горячей правки без приложения механических усилий. Однако в этом случае необходимо накладывать большое количество валиков, что связано со значительными затратами времени и электродного материала; кроме того, выпрямляемая конструкция утяжеляется и ухудшается ее внешний вид.

Правку нагревом угольным электродом применяют редко вследствие науглероживания металла и ухудшения его механических ствойств.

Правку давлением производят с помощью винтовых или гидравлических домкратов, талрепов и других приспособлений. После установки и закрепления домкрата распорами с внутренней стороны корпуса выпрямляемый участок обшивки нагревают с наружной стороны газовой горелкой. Иногда в центре вмятин просверливают отверстие с зенкованием для возможности усадки металла при правке. Во время правки таких вмятин одновременно с приложением усилия края вмятины проколачивают кувалдой во избежание образования выпучин. При больших деформациях поврежденную часть иногда разрезают по центру вмятины и выпрямляют в холодном состоянии или

с нагревом. Образовавшийся перекрой в месте реза обрезают газовым резаком и заваривают.

Вышеизложенные способы правки листовых конструкций предназначены для устранения гофр и бухтин малых размеров. Для совершенствования этих процессов необходимо учитывать влияние нагрева газовым пламенем на элементы конструкций и более точно определять внешние усилия, необходимые для деформирования корпусных конструкций при нагреве.

Суммарную площадь нагрева для ликвидации местных деформаций заданных размеров можно определить, если известен небходимый для сокращения объем металла бухтины или гофрировки. Для получения приближенных решений принимают следующие допущения: а) местные деформации имеют цилиндрическую или сферическую форму; б) места расположения и размеры выпрямляемых участков таковы, что при их нагреве не происходит дальнейшего увеличения стрелок прогиба и выпучивания отдельных участков конструкций; в) время действия источников тепла относительно невелико по сравнению с временем распространения тепла.

Если нагревают пятнами, можно определить объем укорочения от одного пятна. Это позволит определить требуемое количество пятен. При местных деформациях, имеющих сферическую форму, необходимое сокращение площади поверхности определяют как разность между площадью поверхности шарового сегмента

$$S_{\text{ш.с}} = \pi (f^2 + a^2) \tag{82}$$

и площадью круга $S_{\text{к}} = \pi a^2$, (83)

где f — стрелка прогиба бухтины, см;
a — максимальный размер бухтины в плане, см.
Тогда необходимый объем укорочения будет равен

$$\Delta V_{\text{сф}} = (S_{\text{ш.с}} - S_{\text{к}})\ t = \pi f^2 t. \tag{84}$$

Для местных деформаций цилиндрической формы необходимое сокращение поверхности находят как разность между площадью поверхности цилиндрического сегмента

$$S_{\text{ц. с}} = \sqrt{a^2 + \frac{16}{3} f^2}\, b \tag{85}$$

и площадью полосы

$$S_{\text{п}} = ab,$$

где a — поперечный размер бухтины, см;
b — длина бухтины, см.
Тогда необходимый объем укорочения будет равен

$$\Delta V_{\text{цил}} = (S_{\text{ц. с}} - S_{\text{п}})\, t = tb\left(\sqrt{a^2 + \frac{16}{3} f^2} - a\right). \tag{86}$$

Объем укорочения (подсадка) металла от нагрева пламенем горелки одного пятна можно определить по формуле

$$\Delta V_{\text{п}} = \frac{2}{3}\,\frac{qdt\varepsilon_s}{\pi e c\gamma\alpha}, \qquad (87)$$

где ε_s — относительная деформация, соответствующая пределу текучести;

α — коэффициент линейного расширения.

Принимая значения теплофизических констант для малоуглеродистых сталей

$$\alpha = 12 \cdot 10^{-6};$$

$$\varepsilon_s = 12 \cdot 10^{-4};$$

$$c\gamma = 1{,}14 \text{ кал/см}^2 \cdot {}^\circ\text{C},$$

получим

$$\Delta V_{\text{п}} = 2{,}58 \cdot 10^{-6}\, qdt. \qquad (88)$$

Следовательно, для устранения сферической бухтины потребуется n_1 пятен нагрева:

$$n_1 = \frac{\Delta V_{\text{сф}}}{\Delta V_{\text{п}}} = \frac{2\pi h^2 t}{2{,}58 \cdot 10^{-6}\, q\, dt} = 1{,}22 \cdot 10^6\, t\, \frac{h^2}{q\, dt}, \qquad (89)$$

а для устранения цилиндрической бухтины потребуется n_2 пятен нагрева:

$$n_2 = \frac{\Delta V_{\text{ц}}}{\Delta V_{\text{п}}} = tb\,\frac{\left(\sqrt{a^2 + \frac{16}{3} f^2} - a\right)}{2{,}58 \cdot 10^{-6}\, g\, dt} =$$

$$= 3{,}87 \cdot 10^5\, tb\,\frac{\sqrt{a^2 + \frac{16}{3} f^2} - a}{q\, dt}. \qquad (90)$$

Число пятен нагрева не может превышать того количества, которое можно расположить в пределах выпрямляемой пластины. Учитывая, что площадь пятна нагрева (в см²) равна

$$S_{\text{п}} = \pi r_{\text{п}}^2 = \frac{2\alpha q\, dt}{3c\gamma t\varepsilon_s} = 5{,}84 \cdot 10^{-3}\,\frac{q\, dt}{t}, \qquad (91)$$

а площадь сферической бухтины при стрелке прогиба f и радиусе R будет

$$S_{\text{сф}} = \pi\ (f^2 + R^2); \qquad (92)$$

количество пятен нагрева должно быть:

$$n_{\text{с}}' < \frac{kS_{\text{сф}}}{S_{\text{п}}} = \frac{\pi\,(f^2 + R^2)\, t}{5{,}84 \cdot 10^{-3}\, q\, dt}\, k, \qquad (93)$$

где k — коэффициент заполнения площади бухтины пятнами нагрева.

Если пятна располагать вплотную друг к другу, то $k = \frac{\pi}{4} = 0{,}795$; если оставлять промежутки, равные радиусу пятна, то $R = \frac{\pi}{9} = 0{,}35$.

Аналогично определяется предельное количество пятен, которое возможно расположить на площади вмятины цилиндрической формы:

$$n_{\text{ц}}' = \frac{kab}{S_{\text{п}}} = \frac{abt}{5{,}84 \cdot 10^{-3}\, q\, dt}\, k. \qquad (94)$$

Если потребное количество пятен, определенное по выражениям (89) и (90), будет больше, чем предельное, определяемое по формулам (93) и (94), то устранять бухтины путем нагрева пятнами нельзя. Для определения размеров бухтин, которые можно устранить путем правки пятнами, приравняем потребное и предельное количество пятен. Тогда для вмятины сферической формы получим

$$1{,}22 \cdot 10^6\,\frac{th^2}{q\, dt} = \frac{\pi\,(f^2 + R^2)\, tk}{2{,}84 \cdot 10^{-3}\, qdt}, \qquad (95)$$

откуда

$$R = 53{,}5\, f.$$

Следовательно, бухтины сферической формы со стрелкой прогиба можно устранить нагревом пятнами при условии, что радиус проекции бухтины R будет больше $53{,}5\, f$. При этом пятна должны быть расположены вплотную друг к другу.

В условиях судоремонтна при правочных работах удобно использовать график, изображенный на рис. 135. Площадь, лежащая ниже линии a, характеризует размеры бухтин сферической формы, которые можно устранить нагревом пятнами. Остальная площадь характеризует размеры бухтин, которые нельзя устранить только нагревом.

Для бухтин цилиндрической формы имеем:

$$\frac{tb\left(\sqrt{a^2 + \frac{16}{3} f^2} - a\right) 10^6}{2{,}58\, q\, dt} = \frac{abtk}{5{,}84 \cdot 10^{-3}}\, q\, dt, \qquad (96)$$

отсюда

$$\sqrt{1 + \frac{16}{3}\left(\frac{f}{a}\right)^2} - 1 = \frac{2{,}58}{5{,}84}\, 10^{-3}\, k \qquad (97)$$

или $\frac{f}{a} = 0{,}0114; \quad a = 88f.$

На графике (см. рис. 135) площадь, лежащая ниже линии $б$, характеризует размеры бухтин цилиндрической формы, которые могут быть устранены нагревом пятнами.

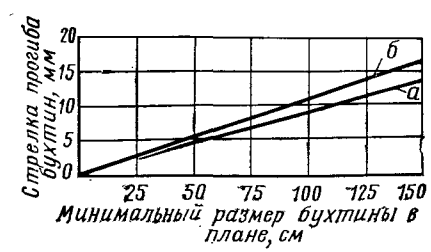


Рис. 135. График, характеризующий возможность применения способа нагрева пятнами при правке бухтин

Анализ существующих способов правки показал, что с помощью нагрева можно выправить относительно небольшие бухтины. При необходимости правки значительных бухтин применяют термосиловой способ (нагрев с одновременным приложением механических усилий — кувалдой, домкратом и др.).

Для применения этого способа правки необходим доступ к выпрямляемым участкам с внутренней стороны корпуса судна. Правка вмятин бухтин и гофрировки с помощью кувалд или домкратов на судах с двойным дном и двойными бортами затруднительна, так как доступ к ним с внутренней стороны корпуса весьма ограничен.

Для правки местных деформаций на бортах и днище с наружной стороны корпуса судна создан специальный агрегат, который состоит из передвижного подъемного устройства, смонтированного на четырехколесном шасси (рис. 136).

Подъемное устройство представляет собой рычажную систему из четырех спаренных рычагов, соединенных шарнирно, и стягивающего винта. На верхней части рычажного устройства закреплено приспособление для правки, которое с помощью червячной пары может поворачиваться в любое горизонтальное и вертикальное положение.

Правочное приспособление состоит из балки с вмонтированным в центре гидродомкратом и двух передвижных упоров *6* по краям. На шасси установлен гидравлический насос *9* для подачи масла в гидродомкрат.

Правку вмятин начинают с правки холостого набора. В центре максимального прогиба приваривают шпильку *8* с заплечиком, к которому подводится паз захватного устройства *7* правочного агрегата. Передвижные упоры устанавливают на границе неповрежденной части набора или на соседние ветви набора. Затем газовыми горелками нагревают обшивку у краев изогнутого набора и сам набор в месте максимального прогиба до температуры 600° С. Одновременно прикладывают вытягивающие усилия гидродомкрата. Окончив правку набора, дают остыть местам нагрева. Затем снимают усилия домкрата.

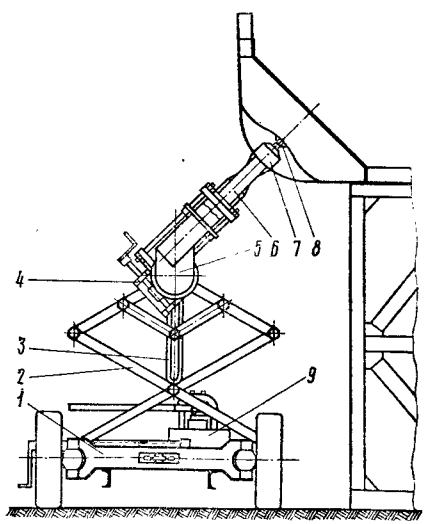


Рис. 136. Агрегат для правки вмятин:
1 — шасси; *2* — механизм подъема; *3* — направляющая; *4* — механизм поворота; *5* — балка; *6* — упор; *7* — захватное устройство; *8* — шпилька; *9* — гидравлический насос

После набора правят оставшиеся бухтины обшивки. Вновь приваривают шпильку в центре максимального прогиба бухтины и дальнейший процесс правки повторяют.

Ремонт деформированных корпусных конструкций путем правки набора и пластин обшивки термосиловым способом эффективен только при правильном выборе основных технологических характеристик процесса. Важнейшей характеристикой является внешняя нагрузка, которую необходимо приложить к деформированному элементу конструкции для восстановления его геометрической формы. Очевидно, чем больше значение нагрузки, тем эффективнее процесс правки. Однако ее можно увеличивать лишь до определенного предела, при котором происходит перелом обшивки или набора по холодному металлу вне зоны нагрева. Такую нагрузку называют *предельной* для правки.

Предельную нагрузку для правки набора можно находить как меньшую по следующим выражениям:

$$P = 4F\sigma_т \frac{f}{l}; \qquad (98)$$

$$P = 4F\sigma_т \frac{h}{l}, \qquad (99)$$

где F — площадь сечения балки с присоединенным пояском;
$\sigma_т$ — предел текучести материала;
f — стрелка прогиба деформированной балки;
l — длина деформированной балки;
h — высота деформированной балки.

При правке деформированных пластин обшивки, если нагрузка приложена в центре в пределах малой зоны (практически в точке), предельное значение ее можно определить по формуле

$$P = \frac{\pi}{\sqrt{3}} \sigma_т t z_0^*, \qquad (100)$$

где t — толщина пластины,
z_0^* — стрелка прогиба участка пластины внутри нагретого контура. Эта формула справедлива лишь при условии, что $z_0^* < 2{,}7\ t$, а это значит, что, приложив нагрузку в точке, можно выправить пластину со стрелкой прогиба не более $f = 2{,}7\ t$, так как полоса нагрева должна проходить вблизи контура пластины.

При правке деформированных пластин обшивки корпуса с большой стрелкой прогиба, имеющих обычно вытянутую форму в зоне максимального прогиба по прямолинейному отрезку, следует приваривать не шпильку, а кницу длиной C с приваренной шпилькой для приложения нагрузки.

Для определения усилия в этом случае используют следующую зависимость:

$$P = (1 + 0{,}06z_0^* + 2{,}28k - 0{,}15t) \frac{2\pi}{\sqrt{3}} \sigma_т t^2, \qquad (101)$$

где $k = c/b$;
c — длина отрезка прямой, по которому приложена нагрузка;
b — ширина деформированной пластины;

Следующими по важности характеристиками процесса термосиловой правки являются размеры и форма местных нагревов. При правке деформированного набора местные нагревы выполняются в виде клина, широкая часть которого обращена в сторону выпуклости изогнутой

части набора. Максимальная ширина клина с температурой выше 600° С не должна превосходить 3—4 толщин обшивки или ширины полки угольника.

Аналогично ширина полосы при правке деформированных пластин не должна также превосходить 3—4 толщины обшивки. Эти ограничения дают из условия обеспечения устойчивости элементов корпуса в зоне местного нагрева.

Деформированные конструкции корпуса, которые экономически нецелесообразно или технически невозможно выправить, подлежат замене.

§ 47. ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА И ЗАМЕНЫ ИЗНОШЕННОЙ ОБШИВКИ, НАБОРА И КОВАНЫХ ДЕТАЛЕЙ КОРПУСА

Корпусные конструкции и их элементы, износ которых превышает предельно допустимые нормы, а деформированные участки технически невозможно или экономически нецелесообразно восстанавливать правкой, обычно заменяют новыми элементами по построечным размерам. В отдельных случаях участки корпусных конструкций, подвергающиеся наиболее интенсивному износу или деформациям (носовые образования, палубный настил и др.), подкрепляют дополнительно вводимыми элементами, т. е. применяют метод компенсации износов.

Компенсацию износов отдельных элементов корпуса можно обеспечить подкреплением или разгрузкой изношенных связей. Изношенный набор подкрепляют, увеличивая момент сопротивления профиля приваркой полос на свободный поясок, либо ставят жесткие перекрестные связи. Разгрузить изношенные связи можно постановкой дублирующих шпангоутов. Изношенные листы обшивки и настила палуб можно подкреплять дополнительными промежуточными ребрами жесткости, параллельными балкам главного направления. При использовании метода компенсации износов необходимо сделать расчет прочности элементов перекрытия, так как при подкреплении одних связей может произойти увеличение напряжений в других связях.

Наиболее часто подкрепляют корпусные конструкции у судов, для которых намечено расширение района плавания. При выполнении плановых и аварийных ремонтов на слипах основной объем работ падает на замену отдельных элементов корпусных конструкций. При восстановлении корпусов после крупных аварий или при необходимости модернизации судна может быть применен секционно-блочный способ ремонта, предусматривающий следующие этапы работ: определение размеров заменяемых конструкций (или дополнительных секций при удлинении корпуса); удаление заменяемых конструкций (или разрез корпуса для вставки новых секций); изготовление новых секций; установка новых секций и соединение их с корпусом. При замене изношенных или поврежденных элементов корпуса необходимо учитывать возможность возникновения остаточных напряжений в продольных связях корпуса и остаточных стрелок прогиба в результате деформаций всего корпуса судна. Под остаточными напряжениями и деформациями понимают также напряжения и деформации, которые существуют в конструкции при отсутствии внешних силовых воздействий.

Остаточный общий прогиб корпуса и остаточные напряжения возникают: при сварочных работах; при ремонтных работах, когда одна часть конструкции находится под нагрузкой и напряжена, а другая, сопрягаемая с ней часть, находится в свободном состоянии; при наличии зон пластических деформаций в нагружаемой конструкции; при несогласованности размеров отдельных сопрягаемых элементов конструкций при сборке и др. Практически каждая технологическая операция при ремонте корпуса приводит к возникновению остаточных напряжений и деформаций. Остаточные прогибы корпусов, превышающие нормативные, являются существенным дефектом судна. Они в ряде случаев оказывают влияние на общую прочность корпуса.

Остаточные напряжения в сочетании с другими неблагоприятными факторами способствуют образованию трещин в металле корпуса. В связи с этим при разработке технологии ремонта корпусов судов на слипах необходимо предусматривать мероприятия, при которых возникающие остаточные деформации и напряжения были бы минимальными.

Методика расчета остаточных напряжений и деформаций для указанных выше случаев предложена акад. Ю. А. Шиманским. В качестве примера рассмотрим случай ремонта корпуса судна, установленного на кильблочные тумбы горизонтального стапеля слипа. На рис. 137 изображен район корпуса, подлежащий ремонту, т. е. замене части набора и обшивки. Допустим, что после постановки судна на кильблочные тумбы в сечении $A\ A$ действует изгибающий момент M. До удаления поврежденного участка корпуса указанный изгибающий момент вызовет в продольных связях корпуса напряжения

$$\sigma = \frac{M}{I} z, \qquad (102)$$

где σ — напряжения в любой связи корпуса, удаленной от нейтральной оси на расстояние z, кгс/см² [9, 81 · 10⁴ Н/м²];

I — момент инерции поперечного сечения корпуса.

После удаления поврежденного участка корпуса напряжения по сечению корпуса изменяются вследствие смещения нейтральной оси и изменения момента инерции сечения. Введем следующие обозначения,

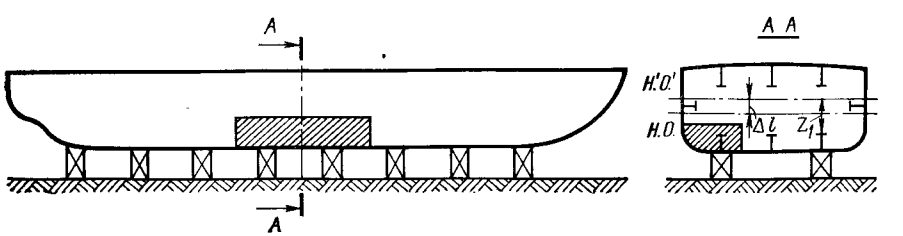


Рис. 137. Схема установки судна на кильблочных тумбах

относящиеся к ослабленному сечению корпуса (т. е. после удаления поврежденного участка):

σ_1 — напряжения в произвольной связи корпуса;

I_1 — момент инерции;

z_1 — расстояние от нового положения нейтральной оси до любой связи;

ΔI — расстояние между прежней и новой нейтральной осью.

Тогда напряжения в произвольной связи можно записать:

$$\sigma_1 = \frac{M}{I_1} z_1. \qquad (103)$$

Умножим числитель и знаменатель этого выражения на Iz; тогда получим

$$\sigma_1 = \sigma \frac{I}{I_1} \frac{z_1}{z}. \qquad (104)$$

Подготовленную к замене секцию или раздельно набор и обшивку устанавливают в корпус, в связях которого действуют напряжения σ_1, а в связях новой секции напряжения отсутствуют. Поэтому когда изгибающий момент в рассматриваемом сечении будет устранен, то в корпусе появятся остаточные напряжения, значения которых можно определить по следующим выражениям:

а) во вновь вставленных связях корпуса

$$\sigma_0 = -\frac{M}{I} z = -\sigma.$$

Знак минус обусловлен тем, что для снятия действующего момента необходимо приложить момент обратного знака;

б) в старых связях корпуса

$$\sigma_0 = \sigma_1 - \frac{M}{I} z = \sigma \frac{I}{I_1} \frac{z_1}{z} - \sigma = \sigma \left(\frac{I}{I_1} \frac{z_1}{z} - 1 \right). \qquad (105)$$

Так как $I - I_1 = \Delta I$, а $z_1 = z + \Delta l$, предыдущее выражение можно представить в виде

$$\sigma_0 = \sigma \left[\frac{I}{I - \Delta I} \left(\frac{(z + \Delta l)}{z} \right) - 1 \right]. \qquad (106)$$

Для наиболее ответственных, т. е. крайних, связей отношение будет мало по сравнению с 1. Пренебрегая этим отношением, из предыдущей формулы получим

$$\sigma_0 = \sigma \left[\frac{I}{I - \Delta I} \left(1 + \frac{\Delta I}{z} \right) - 1 \right] = \sigma \left(\frac{I - I + \Delta I}{I - \Delta I} \right) = \sigma \left(\frac{1}{\frac{I}{\Delta I} - 1} \right). \qquad (107)$$

Из данного выражения видно, что остаточные напряжения пропорциональны напряжению, которое устанавливается в соответствующих связях корпуса под действием изгибающего момента, существующего во время производства ремонтных работ. Следовательно, для уменьшения остаточных напряжений в продольных связях корпуса необходимо обеспечить такую постановку судна на кильблочные тумбы, при которой в районе производства ремонтных работ напряжения были бы минимальными.

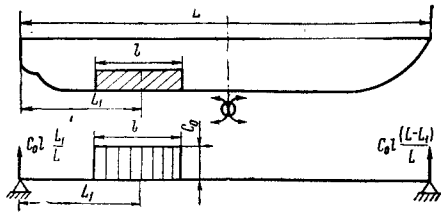


Рис. 138. Схема балки

К аналогичному выводу можно прийти, рассматривая возникающие при ремонте общие деформации корпуса судна. Действительно, кривизна в сечении, проходящем в районе ремонтируемого участка, будет равна:

а) до удаления сменяемого участка

$$C = \frac{M}{EI}; \qquad (108)$$

б) после его снятия (при наличии выреза в корпусе)

$$C_1 = \frac{M}{EI_1}, \qquad (109)$$

где C и $C_1 = \frac{1}{R}$ — кривизна оси корпуса в рассматриваемом сечении;

E — модуль упругости.

Отсюда остаточная кривизна будет

$$C_0 = C_1 - C - \frac{M}{E} \left(\frac{1}{I_1} - \frac{1}{I} \right) = \frac{M}{E} \left(\frac{\Delta I}{I_1 I} \right). \qquad (110)$$

Зная кривизну, можно определить общую стрелку прогиба корпуса судна. Ее значение будет зависеть не только от остаточной кривизны, но и от длины корпуса судна, длины заменяемого участка корпуса и его относительного положения по длине судна.

Пусть, например, сменяемый участок корпуса имеет длину l и расположен на расстоянии L_1 от кормы судна (рис. 138). Тогда, используя графоаналитический метод определения стрелок прогиба балки и полагая кривизну на длине заменяемого участка постоянной, можем записать:

$$f_{\frac{L}{2}} = C_0 l \frac{L_1}{L} \frac{L}{2} - C_0 l \left(\frac{L}{2} - L_1 \right) = C_0 l \left(\frac{L_1}{2} - \frac{L}{2} + L_1 \right) = \frac{C_0 l}{2} (3L_1 - L), \qquad (111)$$

где $f_{\frac{L}{2}}$ — стрелка прогиба корпуса на миделе.

Подставляя сюда значение C_0, окончательно получим

$$f_{\frac{L}{2}} = \frac{M}{E} \frac{\Delta I}{I_1 I} \frac{l}{2} (3L_1 - L). \qquad (112)$$

Если заменяемый участок корпуса находится в районе миделя, т. е. $L_1 = \frac{l}{2}$, то предыдущая формула примет вид

$$f_{\frac{L}{2}} = \frac{M}{E}\,\frac{\Delta I}{I_1 I}\,\frac{lL}{4}. \qquad (113)$$

Из этой формулы видно, что стрелка прогиба пропорциональна моменту, действующему в районе ремонтных работ.

Приведенные выше формулы справедливы при условии, что технологические операции ремонтных работ (резка, сварка) не вызывают дополнительных напряжений.

Практика ремонтных работ свидетельствует о том, что остаточные деформации и напряжения могут достигать значительных размеров. У некоторых судов остаточный общий прогиб корпуса после выполнения ремонтных работ достигает 30 см и более.

Для уменьшения остаточных деформаций принимают меры. В частности, при смене обшивки и набора на значительных площадях существенный эффект дает постановка в районе производства ремонтных работ дополнительных кильблочных тумб.

Положительный эффект можно получить последовательным выполнением ремонтных работ. В первую очередь следует производить ремонтные работы в палубных и днищевых перекрытиях. Последними выполняют работы в бортовых перекрытиях на уровне нейтральной оси корпуса. В значительных по объему ремонтных работах на крупных судах следует рассчитать по вышеприведенным формулам для различных вариантов последовательности выполнения ремонтных работ; принимается тот вариант, при котором возникающие остаточные напряжения и деформации минимальны.

Для замены изношенных или поврежденных элементов корпуса необходимо изготовить новые детали из листовой и профильной стали, а при секционном методе ремонта — изготовить в цехе новые плоскостные или объемные секции. Технологические процессы по изготовлению новых корпусных деталей (правка профильного и листового металла, разметка, резка и гибка) и секций не отличаются от применяемых в судостроении и изложены в первой части учебника.

Технология замены обшивки и набора при ремонте корпуса состоит из последовательно выполняемых операций: разметки и вырезки сменяемого листа (или части перекрытия), отделения его от набора, перерезки оставленных перемычек, приварки подхватов, установки и приварки вновь изготовленного набора, установки и прижатия нового листа, подтягивания и прихватки листа к набору, прирезки листа по вырезанному контуру в обшивке корпуса, обжатия и пригонки листа по этому контуру и сварки его с обшивкой корпуса и с набором.

Вырезают отдельные листы или участки перекрытий корпуса газокислородной резкой.

Скорость резки должна быть согласована со скоростью горения по толщине разрезаемого металла. При малой скорости резки (перпендикулярное расположение резака) след кислородной струи проходит

перпендикулярно поверхности разрезаемого металла через всю его толщину. С увеличением скорости перемещения резака кислородная струя несколько отклоняется с отставанием на выходе реза. Для чистовой резки металла отставание (в мм) не должно превышать 8—12% от толщины разрезаемого металла.

На судоремонтно-судостроительных заводах широко применяют ацетилено-кислородную строжку (поверхностную резку) для очистки корня шва перед подваркой, разделки кромок под сварку и вырезки дефектных участков сварных швов.

К ее недостаткам необходимо отнести: сравнительно большой расход кислорода и ацетилена, основание канавки и боковые ее грани могут быть покрыты шлаком и застывшими каплями расплавленного металла или иметь неправильную форму.

Более прогрессивным процессом является воздушно-дуговая резка, не требующая горючих газов и кислорода и осуществляемая с помощью сварочной машины постоянного тока и сжатого воздуха давлением 4—6 кгс/см^2.

Воздушно-дуговая строжка (резка) основана на расплавлении металла теплом электрической дуги и выдувании расплавленного металла струей сжатого воздуха. Этот метод применим для резки не только низкоуглеродистых и углеродистых сталей, но также для любых других металлов и сплавов, включая нержавеющую сталь и чугун. Строжку выполняют с помощью специального резака на постоянном токе обратной полярности с питанием от сварочного преобразователя обычного типа. Выбор полярности оказывает существенное влияние на производительность резки и качество кромок реза. При прямой полярности ванна вогнутая, а при обратной она выпуклая — расплавленный металл как бы образует жидкий «мостик» между электродом и лобовой поверхностью реза, что облегчает удаление его воздушной струей.

Для воздушно-дуговой строжки применяют омедненные угольные электроды диаметром 6,8 и 10 мм, которые равномерно сгорают при строжке.

Производительность воздушно-дуговой строжки в 7—8 раз выше производительности пневматической рубки.

Замену изношенной обшивки корпуса не всегда производят вместе с набором, так как балки набора в меньшей степени подвергаются коррозионному износу. Сохранить прилегающий к листу набор или удалить его вместе с листом, решают в каждом конкретном случае. Если набор поврежден, весь участок перекрытия вырезают газовым резаком или керосинорезом.

При сохранении набора на заменяемой обшивке мелом намечают линию реза и вырезают сварные швы, крепящие лист к набору. Чтобы избежать повреждения набора, если последний приварен не сплошным швом, заменяемый лист обшивки отжимают клиньями, которые вставляют между листом и набором, и по разметке вырезают намеченную часть обшивки; кромки оставшихся листов зачищают для выполнения сварочных работ. При сплошной приварке набора отделение обшивки от набора газовым резаком или воздушно-дуговым строгачом

неизбежно приводит к подрезке кромок полки набора (рис. 139, *а*) и необходимости восстановления размеров полки приваркой полосок или наплавки.

Во избежание повреждения набора можно дефектный участок вырезать не одной картой по наружному контуру, а отдельными участками, ограниченными набором; при этом вдоль всего набора необходимо сделать по два реза — по обе стороны стенки профиля (рис. 139, *б*). Значительное увеличение протяженности газовой резки может оказаться более экономичным, чем восстановление полок набора. В случаях, когда пазовые кромки заменяемых листов не находятся на одной линии с существующими пазами, линия реза должна находиться на расстоянии не менее 100 мм от сварного шва, а углы завариваемых листов и соответствующие им вырезы скругляют по радиусу 40—70 мм, в зависимости от толщины листов. После вырезки заменяемого участка обшивки кромки набора очищают от остатков сварных швов, а кромки обшивки в плоскости листа выравнивают холодным способом или нагревом газовым пламенем.

Одновременно с выполнением работ на судне в цехе готовят новые листы, которые подвергаются правке на правильных вальцах. Подготовленные листы вырезают по форме и размерам удаленного участка обшивки с припуском на прирезку по 20—40 мм на сторону.

При замене участков обшивки в районе скулы или в носовых и кормовых образованиях, имеющих лекальные формы, в цехе размечают новый лист с помощью шаблонов и реек, снятых с места, и гнут по заданному шаблону. При необходимости замены нескольких листов обшивки последние предварительно собирают и сваривают в цехе.

Транспортировку днищевых листов из цеха на слип под корпус судна, подъем и поджатие листа к днищу, обжим его по обводам корпуса на большинстве судоремонтных заводов выполняет вручную бригада судосборщиков в 5—6 человек, что обусловлено массой заменяемой конструкции.

При замене изношенного участка бортовой обшивки доставленный к месту установки лист поднимают на заранее подготовленные леса или подмости и устанавливают к участку борта на заранее приваренные к старой обшивке подхваты (рис. 140). Для поджатия установленного листа к набору со стороны трюма к новому листу приваривают скобу с упорным винтом, с помощью которого лист подтягивают к набору корпуса. В зависимости от размеров устанавливаемого листа скобу поочередно приваривают в двух-трех местах, что обеспечивает надежную прихватку листа к набору. После закрепления листа к набору приваренные подхваты срезают (срубают) и приступают к прирезке установленного листа по контуру сменяемого участка. Прирезку производят снаружи по заранее подготовленным кромкам старой обшивки корпуса.

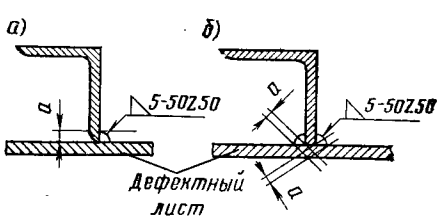


Рис. 139. Схема отделения дефектного листа от набора:
а — с подрезкой кромки набора; *б* — без подрезки кромки набора

В связи с тем что при прижатии к набору лист прогибается и находится в упругодеформированном состоянии, вслед за прирезкой по контуру лист выпрямляют с помощью кувалды, а кромки его прогибают к набору (рис. 141). После прирезки по всему контуру листа с внутренней стороны корпуса производят прихватку по пазам и стыкам к старой обшивке.

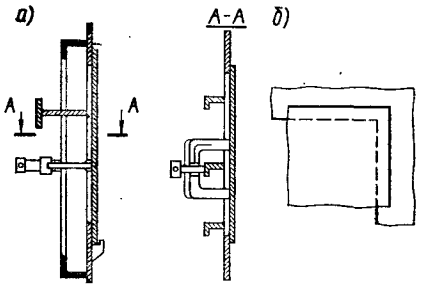


Рис. 140. Схема установки и прирезки нового листа обшивки:
а — схема подтягивания листа к набору; *б* — схема прирезки нового листа по контуру выреза

Все операции по замене обшивки корпуса — вырезку изношенного участка и отделение от набора, перерезку оставленных перемычек, приварку подхватов, установку и прижатие листа, подтягивание и прихватку его к набору, прирезку, обжатие и пригонку по контуру — выполняют последовательно. В связи с этим судосборщик, газорезчик и электроприхватчик не могут работать одновременно, а вследствие этого коффициент использования рабочего времени в бригаде весьма низок.

Рациональное использование рабочего времени и повышение производительности труда на работах при ремонте корпусов судов может быть обеспечено применением средств механизации и совмещением профессий при выполнении отдельных операций.

При работах по ремонту днища и бортов, очистке корпуса наибольший эффект дает применение катучих средств механизации, которые могут передвигаться по твердым покрытиям стапельных площадок слипа вдоль корпусов судов и под ними.

Для механизации процессов замены днищевой обшивки корпуса разработана конструкция агрегата, с помощью которого транспортируют заготовленный лист из корпусного цеха или склада металла до места установки его под днищем корпуса, поднимают и прижимают лист к набору и обжимают его по обводам корпуса.

Агрегат (рис. 142) смонтирован на сварной раме *1*, передвигающейся с помощью электропривода на четырех обрезиненных катках *2*. В раму вмонтирован цилиндр *3* пневматического подъема платформы *4*. В цилиндре установлены телескопические поршни. В верхней части поршень имеет сферическую поверхность, на которой устанавливается платформа *4*. В опущенном (транспортном) положении платформа опирается на фиксаторы, которые при транспортировке листов удерживают платформу в горизонтальном положении.

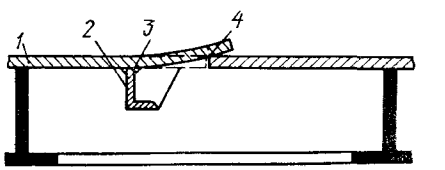


Рис. 141. Схема расположения листа при его прирезке:
1 — прирезаемый лист; *2* — шпангоут; *3* — электроприхватка; *4* — линия прирезки

В рабочем положении платформу с заготовленным листом поднимают к днищу корпуса с помощью сжатого воздуха давлением 5—6 кгс/см² от воздухораспределительной сети слипа, подаваемого в цилиндр агрегата по шлангу. Сжатый воздух в цилиндр поднимает верхний поршень с платформой и опускает нижний поршень, к сферическому основанию которого закреплена опорная плита *5*. В транспортном положении агрегата опорная плита под действием пружин *6* находится в поднятом состоянии.

Для установки и прижима крупногабаритных листов на платформе имеются подвесные упоры — домкраты *7*, дополнительно поджимающие платформу с листом к обводам корпуса, что обеспечивает снятие нагрузки прижима листа с рамы и катков агрегата. Подъем верхнего и опускание нижнего поршней ограничивают установленные в цилиндре ограничители хода.

Прижим листа к днищевому набору и обжатие его кромок по обводам корпуса осуществляются с помощью винтовых домкратов *8*, установленных на платформе агрегата в несколько рядов и передвигаемых по направляющим прорезям. Сферическое соединение верхней части поршня с платформой дает возможность придавать платформе наклон до 20°, что необходимо при замене обшивки на полукилевых судах. Сферическое соединение нижнего поршня с опорной плитой обеспечивает упор плиты на основание стапельной площадки, имеющей значительные неровности.

При удалении балок набора корпуса вместе с заменяемой обшивкой устанавливают новый, заранее в цехе заготовленный набор и приваривают встык к старому. Агрегат с заготовленным в цехе листом устанавливается под корпусом судна у места вырезанной обшивки днища. При подъеме платформы проверяют правильность положения листа относительно вырезанного отверстия и правильность стыковки его по двум кромкам. После надлежащей установки листа судосборщик с помощью домкратов платформы прижимает лист к набору корпуса, а электроприхватчик изнутри корпуса поочередно приваривает лист к набору. После завершения этой операции газорезчик изнутри корпуса начинает прирезать новый лист к старой обшивке. Прирезкой и электроприхваткой завершается операция установки нового листа и производится приварка листа к набору и к старой обшивке.

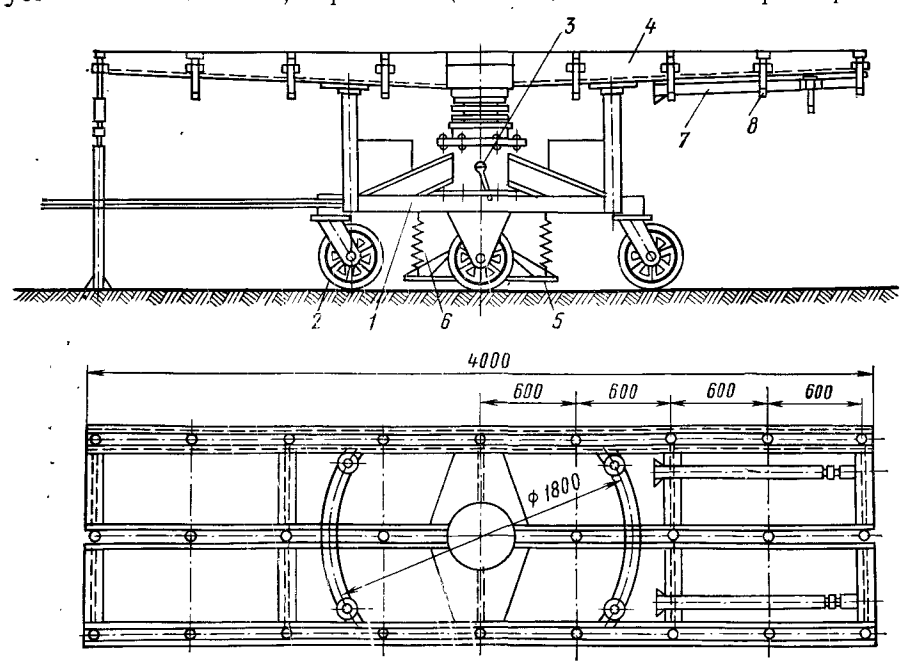


Рис. 142. Схема самоходного агрегата для установки днищевых листов

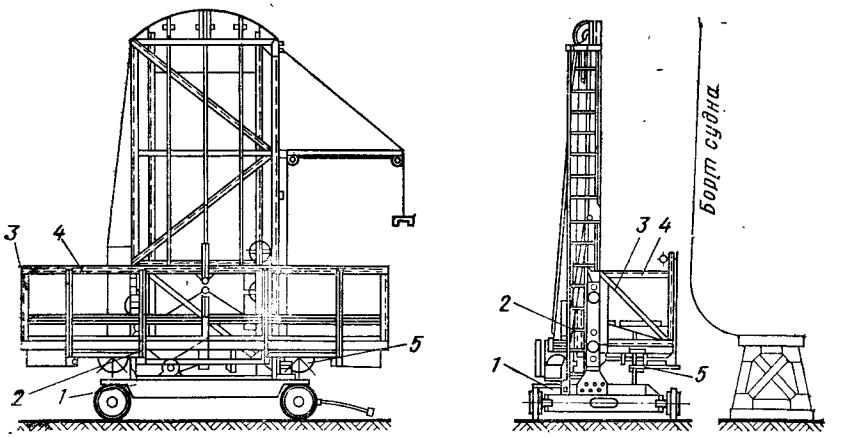


Рис. 143. Схема агрегата для замены бортовой обшивки корпуса

Механизация процессов замены бортовой обшивки, особенно на участках слипа, не обслуживаемых портальными кранами, может быть осуществлена с помощью агрегата (рис. 143), состоящего из узлов: шасси *1*, портала *2* с направляющими и противовесами, рабочей площадки *3*, устройства *4* для захвата и удержания листов в транспортном положении агрегата, винтового домкрата для прижима листа к набору корпуса, лебедки *5* для подъема рабочей площадки с листом, электрического оборудования и комплекта инвентарного инструмента.

Шасси представляет собой сварную раму, на которой смонтирована ходовая часть из четырех обрезиненных колес, насаженных на поворотные цапфы. На шасси смонтированы все основные узлы агрегата: рама портала с кареткой, к которой крепится рабочая площадка; противовес; лебедка; инструментальные ящики. На верхней траверсе рамы установлены блоки, через которые пропущены трос каретки и трос подвески противовеса. По одну сторону рамы смонтирована стрела для подъема заготовленного листа, а по другую закреплен трап для доступа на рабочую площадку. На каретке смонтированы два клиновых ловителя, заклинивающих каретку в направляющих при внезапном ослаблении или обрыве несущего троса.

Винтовой домкрат прижимает к корпусу сменяемый лист с максимальным усилием до 2 тс. Листы, заготовленные в цехе для установки, поднимают на подхваты агрегата стрелой портала. Агрегат устанавливается параллельно борту у заменяемого участка обшивки.

После подключения агрегата к колонке электропитания судосборщики вместе с листом и необходимым инструментом поднимаются на рабочей площадке к участку заменяемой обшивки борта. Управляют подъемом непосредственно с рабочей площадки. Подхваты, на которых стоит лист, прижимаются винтовыми распорами к корпусу судна, что исключает возможность падения листа.

После поджима подхватом к борту лист освобождают от верхних скоб, подают к бортовой обшивке и обжимают по контуру домкратами. Судосборщик с рабочей площадки намечает мелом на новом листе положение балок набора и винтовым домкратом прижимает лист к набору. Электроприхватчик с внутренней стороны корпуса приваривает лист к набору в нескольких местах.

Прихваченный к набору лист прирезают по кромке старой обшивки в такой последовательности: верхний паз, стыки, нижний паз, и в той же последовательности прирезанный лист приваривают электроприхватками к кромкам старой обшивки. Этим завершаются наиболее трудоемкие подготовительные операции для проведения электросварочных работ по всему периметру нового листа.

Помимо своего основного назначения, агрегат можно использовать для механизации работ по замене привального бруса и других операций, связанных с работой вдоль борта судна.

При необходимости замены поврежденных участков металлических привальных брусьев предварительно проверяют противопожарную безопасность для производства газорезательных и электросварочных работ. Если привальный брус находится в районе жилых помещений или борта с деревянной обшивкой, на этих участках разбирают внутреннюю обстройку, снимают изоляционное покрытие. При расположении заменяемых участков бруса в районе топливных цистерн предварительно проверяют качество выполненной пропарки или дегазации этих цистерн.

Поврежденные или изношенные участки металлического привального бруса вырезают газовым резаком. Освобожденный участок борта, занятый брусом, тщательно очищают от продуктов коррозии и старой краски, затем на него вновь наносят защитное лакокрасочное покрытие, кроме узких полосок для сварных швов.

Заготовленную по шаблонам в цехе коробку привального бруса окрашивают с внутренней стороны, доставляют к месту установки, подгоняют по обводам корпуса и приваривают к обшивке корпуса.

Ремонт литых и кованых частей корпуса сводится в основном к заварке или замене поврежденных участков. Форштевень, ахтерштевень, кронштейны гребных валов, клюзы и другие литые и кованые детали подвергаются коррозионно-эрозионному износу и различного рода повреждениям, что весьма характерно для судов внутреннего плавания, плавающих на фарватерах с ограниченными глубинами.

Форштевень с прилегающими к нему кромками листов наружной обшивки корродирует и истирается при работе судна во льдах. Весьма часты повреждения форштевня при столкновении судна с плавающими предметами, от ударов о подводные камни и навалов на причальные сооружения.

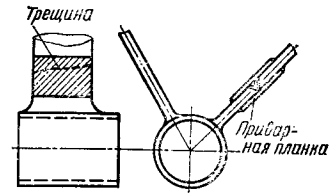


Рис. 144. Заварка трещин в лапе кронштейна

Ахтерштевни, кронштейны и другие кованые или литые детали кормовой части судна подвергаются электрохимической коррозии из-за соприкосновения с разнородными металлами (бронзовые или латунные втулки, облицовки и др.), а также кавитационному разрушению. Работа судна на мелководье приводит к весьма частому повреждению этих деталей (трещины, изгибы или поломки). Клюзы интенсивно истираются в местах скольжения якорных цепей.

В зависимости от вида износа или повреждения назначают различные технологические процессы для их устранения. При значительном истирании или коррозионном износе форштевень и кромки прилегающих к нему листов можно восстановить электронаплавкой с последующей зачисткой наплавленного металла наждачными кругами.

Трещины в штевнях и кронштейнах заваривают; значительно труднее устранить изгибы штевней. При относительно небольших стрелках изгиба их выпрямляют на месте с помощью домкратов, предварительно нагревая поврежденные участки. Значительные изгибы или разрушения на отдельных участках штевней приводят к необходимости вырезки этих участков газовой резкой и вставки заготовленных в цехе новых частей с помощью электросварки. Для сварки делают Х-образную разделку кромок.

В навигационном ремонте иногда принимают временные меры по восстановлению штевней — устанавливают на сварке защитные коробки из листовой стали, согнутые по форме штевня. Однако полностью восстанавливают работоспособность штевней с заменой изношенных и поврежденных участков на слипе или в доке.

Повреждения лап кронштейнов также заваривают. Для этого место излома разделывают под V- или Х-образный шов (в зависимости от размеров кронштейнов) и заваривают электросваркой. Иногда для усиления места излома место сварки с двух сторон (или с одной стороны) подкрепляется установкой на сварку планок (рис. 144). Для сохранения осевой линии вала изменяют последовательность сварки при смещении осевой линии.

Изношенные места якорных клюзов восстанавливают электронаплавкой с последующей зачисткой наплавленного металла. Чугунные клюзы наплавляют специальными электродами для холодной сварки чугуна (при нагреве чугунной детали до 40—50° С).

Проверку непроницаемости корпусов судов после ремонта производят по нормам испытаний, изложенным в ГОСТ 3285—65. Испытания корпусов судов при ремонте или модернизации производятся теми же методами, что и для вновь строящихся судов.

§ 48. РЕМОНТ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СОСТАВЕ КОРПУСА СУДНА

На судах внутреннего плавания в качестве обстроечных и отделочных материалов широко применяют различные породы дерева: сосну, ель, березу, дуб, бук, ясень и др. Древесина по своей структуре относится к волокнистым и пористым материалам, что объясняется особенностями ее строения. В зависимости от ширины пор и плотности древесины различают мягкие породы (ель, сосна) и твердые породы с узкими порами (дуб, бук).

Механические свойства древесины зависят от направления волокон: продольного и радиального, поэтому ее следует рассматривать как анизотропный материал (неодинаковые свойства по различным направлениям). Например: среднее значение предела прочности древесины сосны при растяжении вдоль волокон равно 900 кгс/см², а поперек волокон 25—40 кгс/см². Сопротивление растяжению поперек волокон у хвойных пород составляет 2,2—4,6% от сопротивления на растяжение вдоль волокон.

На судоремонтных заводах для изготовления надстроек судов, палубных настилов, обрешетников, сланей и обшивки в трюмных помещениях используют сосну; для изготовления привальных брусьев, внутренней обшивки корпуса и переборок — ель; для отделки жилых и служебных помещений и изготовления мебели — дуб, ясень, березу и другие лиственные породы. При выборе соответствующих пород дерева для изготовления деревянных конструкций необходимо учитывать возможность наличия в древесине различных пороков, так как от ее качества зависит длительность эксплуатации и объемы ремонтных работ.

В процессе эксплуатации судна дерево в составе корпуса и надстроек под воздействием различных неблагоприятных факторов постепенно разрушается. Разрушение древесины может быть биологическим, физическим и химическим.

Биологическое разрушение вызывают микроорганизмы, грибки, жуки и древоточцы. Наиболее часто древесина разрушается от гниения, т. е. разложения под воздействием микроорганизмов и грибков, вырабатывающих жидкость — ферменты, разлагающие клетки древесины. Признаками гниения древесины являются изменение ее внешнего вида и резкое снижение прочностных характеристик. В начальный период загнивания древесина темнеет, на поверхности появляется синева, кофейная темнина и заболонная краснина, клетки постепенно разрушаются, древесина становится мягкой и легкодеформируемой.

Гниение древесины может происходить только при определенных условиях, благоприятных для развития микроорганизмов: температуре воздуха 18—25° С, неподвижном сыром воздухе влажностью 30—70%. Опыт эксплуатации судов внутреннего плавания показывает, что деревянные конструкции, изготовленные из сухой древесины и работающие в сухих проветриваемых помещениях, не загнивают. По правилам Речного Регистра РСФСР для изготовления деревянных конструкций в составе металлического корпуса судна допускается применение древесины влажностью 15—30%, в зависимости от расположения и назначения этих конструкций.

Жуки-древоточцы разрушают сухую древесину, изрезая ее многочисленными ходами. Питанием для жуков служит клетчатка древесины. Они разрушают всю внутреннюю часть древесины, не прогрызая наружного ее слоя, поэтому не всегда удается вовремя обнаружить начальный процесс разрушения. Особенно подвержена разрушению деревянная обстройка и мебель внутренних помещений судна.

Степень загнивания деревянных конструкций выявляют в процессе их дефектации прокалыванием отдельных участков острым предметом, высверливанием отверстий или вырубанием отдельных участков древесины. При этом замеряют площадь пораженных участков конструкции.

Физическое разрушение древесины выражается в растрескивании, нарушении геометрической формы, механическом износе и различных повреждениях под воздействием статических и динамических нагрузок. Трещины чаще всего появляются из-за резкого изменения температуры и влажности воздуха.

Неравномерное высыхание древесины приводит к возникновению внутренних напряжений, вызывающих появление трещин вдоль волокон из-за значительной разницы в сопротивлении разрыву в поперечном и продольном направлении. При отрицательных температурах происходит замораживание влаги, находящейся в древесине, что также приводит к образованию трещин, называемых морозобоинами. Трещины могут быть поверхностными и сквозными, так как образовавшаяся трещина чаще всего имеет тенденцию к своему развитию.

Нарушение геометрической формы деревянных конструкций проявляется в усушке отдельных элементов, короблении и вспучивании. С понижением влажности воздуха объем древесины уменьшается, что вызывает появление щелей. Повышение влажности увеличивает объем древесины, что приводит к вспучиванию деревянных конструкций. Коробление конструкций может произойти из-за неравномерной сушки, особенно если конструкция состоит из различных по объему и сечению элементов.

Механический износ деревянных конструкций проявляется в истирании досок и постепенном вымывании мягких слоев. Особенно подвержены истиранию участки палубного настила в коридорах у дверей, привальные брусья и др. Вымывание мягких слоев особенно характерно для древесины хвойных пород. Появление крупных повреждений в виде поломок и остаточных деформаций деревянных конструкций в большинстве случаев связано с повреждением самого корпуса судна.

Химическое разрушение древесины является следствием воздействия различных щелочей, кислот и антисептиков.

Различные виды износов и повреждений деревянных конструкций могут быть следствием конструктивных и технологических недостатков, а также неудовлетворительных условий их эксплуатации. К конструктивным недостаткам следует отнести неправильный выбор материала и неудачное сочетание отдельных элементов в сборной конструкции; к технологическим недостаткам — применение материала с боль-

шим количеством пороков (сучки, начальная гниль, косослой и т. п.), неправильные разделка материала, пропитка его и окраска. Неудовлетворительные условия эксплуатации деревянных конструкций проявляются при отсутствии или недостаточности вентиляции, наличии застойной воды, несвоевременной обсушке и окраске. Практически все факторы, влияющие на интенсификацию износа деревянных конструкций, могут проявляться одновременно.

Профилактическими мероприятиями для защиты от разрушения деревянных судовых конструкций являются: применение естественной и искусственной сушки древесины, пропитка ее различными веществами, использование защитных покрытий и поддержание атмосферных условий, благоприятствующих сохранности древесины.

Для предохранения древесины от гниения и поражения древоточцами ее пропитывают антисептиками — веществами, приостанавливающими развитие микроорганизмов.

В качестве антисептиков можно применять масляные соединения (креозотовые и др.) и водные растворы фтористого и кремнистого натрия, медного купороса и др. Антисептирование можно производить несколькими способами: поверхностной обработкой древесины, пропиткой ее в ваннах, пропиткой под давлением и др.

Более распространенным антисептиком против загнивания древесины является 4%-ный раствор фтористого натрия, которым четырехкратно покрывают сухую древесину при температуре раствора 70—80° С.

Наряду с антисептированием рекомендуется периодически производить дезинфекцию деревянных конструкций 5%-ным раствором медного или 10%-ным раствором железного купороса.

Защиту деревянных конструкций от возгорания осуществляют пропиткой специальными огнезащитными составами, называемыми антипиренами.

Для предохранения деревянных конструкций от загнивания и уменьшения влияния влажности воздуха на поверхностные слои древесины применяют лакокрасочные покрытия или оклейку их различными пластиками. Объем ремонта деревянных конструкций уточняют при дефектации перед очередным плановым ремонтом судна. Наиболее характерными деревообделочными работами в судоремонте являются ремонт или смена палубного настила, привальных брусьев, планширей, полов, обрешетника и слани в трюмных помещениях, а также отделочные работы в жилых и служебно-бытовых помещениях судна.

Палубный настил изнашивается из-за попадания влаги через неплотности в пазах, при этом загнивание древесины начинается с нижней части и выявляется тогда, когда гниль подходит до верхней кромки палубника; при этом металлическая палуба подвергается усиленному коррозионному разрушению. Появление неплотностей в пазах объясняется плохой конопаткой смоляной паклей пазов и применением малоэластичных шпаклевок, составленных на основе битумов (пеков).

Смену палубного настила начинают с удаления пробок над шпильками крепления, отвинчивания гаек и снятия досок. По мере снятия деревянного настила производят дефектацию и ремонт металлической

палубы и шпилек крепления палубника. После тщательной очистки и проверки водонепроницаемости отремонтированной металлической палубы ее грунтуют и окрашивают эпоксидно-этинолевыми красками за 2 раза. В качестве палубника используют антисептированную сосну, влажность которой не должна превышать 20%.

Собирают палубный настил после установки ватервейса, при этом разгоняют стыки каждой доски и размечают отверстия для крепления. Плотное прилегание досок обеспечивают с помощью специальных винтовых струбцин. Качественное уплотнение стыков и пазов можно получить применением эластичных составов на каучуковой основе или герметизирующими составами типа резины. Для создания водонепроницаемого покрытия наружную поверхность палубы следует окрасить водостойкими красками. Учитывая сложность герметизации палубных покрытий и высокую стоимость их ремонта, настил палубы можно заменить более экономичными мастичными покрытиями.

Для покрытия внутренних палуб можно применить ксилолитовую мастику. Добавляя в отделочный слой этой мастики красящие вещества, можно придать палубе различный цвет. Применяют также мастики на основе цементно-латексного и магнезиально-ссвелито-латексного компаундов.

Характер износа деревянных полов внутренних помещений аналогичен износу палубника. Их ремонт выполняют непосредственно на судне, что затрудняет применение средств механизации. Поэтому более прогрессивным методом является замена сплошных деревянных настилов полов съемными щитами, что улучшает условия проведения профилактических уходов (своевременная просушка, очистка, окраска и т. п.) и снижает трудоемкость ремонтных работ. Ремонтируют и изготовляют щиты в цехе, что значительно улучшает условия труда, создает возможность применить средства механизации, снижает трудоемкость и сроки ремонта.

Совершенствование технологии деревообделочных работ может быть осуществлено при максимальном переносе работ с судна в цех. Поэтому щитовой метод изготовления и ремонта судовых деревянных конструкций не должен ограничиваться щитами для полов или настила в трюмных помещениях, но должен быть распространен на все сбстроечные и отделочные работы в жилых и служебно-бытовых помещениях судна. Этому в значительной степени способствует возможность широкого применения декоративных слоистых пластиков различных расцветок, имитирующих породы дерева и материалы. Слоистые пластики улучшают санитарно-гигиенические условия судна; они долговечны, стойки при действии щелочей, кислот и масел, не нуждаются в окраске поверхности, их можно протирать и мыть горячей водой. При необходимости производства ремонтных работ по корпусу, надстройкам и жилым помещениям щитовые панели легко демонтировать и вновь установить по завершении ремонтных работ. Обрешетник также может быть изготовлен из отдельных щитов-рамок с заранее подготовленными отверстиями для крепления к шпилькам, приваренным к набору корпуса. После установки обрешетника можно выставлять секции щитов внутренней обшивки помещений.

Глава XIII

ОЧИСТКА И ОКРАСКА КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

§ 49. ОЧИСТКА КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Увеличение сроков службы корпусов судов связано с применением эффективных методов защиты металла от коррозии. Недостаточный контроль за мероприятиями по защите металлических корпусов судов, находящихся в эксплуатации, приводит к значительным коррозионным разрушениям, вызывает излишние затраты средств и времени на ремонт, а также снижает ходовые качества судна.

Защитные свойства лакокрасочного покрытия подводной части корпуса судна и срок его службы зависят не только от качества лакокрасочных материалов, но и от качества обработки поверхности металла под окраску. Опыт эксплуатации показал, что лучше наносить не очень высококачественную антикоррозионную краску на хорошо подготовленную поверхность корпуса судна, чем хорошую краску на загрязненную и неподготовленную поверхность. Защитные лакокрасочные покрытия могут оправдать свое назначение только там, где их наносят на качественно подготовленную поверхность металла.

Пленки защитных покрытий не являются полностью водонепроницаемыми: микропористость их с течением времени увеличивается. В период движения судна слой лакокрасочного покрытия разрушается интенсивнее, увеличивая пористость. Через поры и мельчайшие трещины в лакокрасочной пленке проникает вода, которая, соприкасаясь с металлом, вызывает коррозию под лакокрасочной пленкой. Образующиеся продукты коррозии вспучивают пленку, в результате чего она отделяется от поверхности металла. Предотвратить отслоение лакокрасочной пленки можно прочным сцеплением ее с металлом обшивки корпуса. Прочность этого сцепления в значительной степени зависит и от качества подготовки поверхности под окраску.

Хорошо подготовленная поверхность обшивки корпуса в несколько раз увеличивает продолжительность службы защитного покрытия.

На судоремонтных предприятиях очистку корпусов судов и надстроек осуществляют как вручную, так и механизированно. Ручную очистку производят с помощью отбойных кирок, секачей, скребков и металлических щеток. Этот способ очистки, при котором рабочие занимаются утомительным физическим трудом в атмосфере, загрязненной пылью (особенно при работе со щетками), малопроизводителен.

Существуют способы, в различной степени механизирующие процесс очистки, дающие различный экономический эффект. По принципу воздействия на металл очистку металлических поверхностей можно разделить на четыре основных способа:

механический (щетки или шарошки с электрическим или пневматическим приводом, отбойные молотки);

термический (газопламенный, электромеханические щетки);

химический (травильные пасты, травление кислотами в ваннах и электролитический способ);

гидроабразивные (пескоструйный, гидравлический, гидропескоструйный, дробеструйный и дробеметный).

Перечисленные способы обеспечивают различную производительность очистки и различное качество обработки поверхности.

Механические способы очистки стальных поверхностей. На некоторых судоремонтных заводах для очистки наружной поверхности обшивки корпусов применяют аппарат, имеющий барабан с набором свободно насаженных стальных закаленных шарошек (звездочек), приводимый в движение посредством гибкого вала от электродвигателя (шарошечные аппараты), и отбойные молотки различной конструкции.

Аппараты этого типа очищают только ровные поверхности обшивки, а раковины, язвы, места между выступающими частями корпуса остаются неочищенными.

Работая по принципу воздействия фрезы на металлы, шарошечные аппараты своими ударными частями производят надрезы и насечки на поверхности, что создает благоприятные условия для интенсификации процесса коррозии и зарождения новых ее очагов.

С помощью отбойных молотков можно на ровных поверхностях удалить окалину, старую краску и продукты коррозии. Однако низкая производительность и заметно проявляющийся наклеп очищаемой поверхности ограничивают применение отбойных молотков.

Для очистки корпусов судов, надстроек и внутренних поверхностей применяют пневматический и электрический переносный инструмент, основанный на применении быстровращающихся стальных проволочных щеток. Существует много различных конструкций щеток, отличающихся как по своим размерам, так и по способу приведения их во вращательное движение, причем от размеров щеток и потребляемой мощности зависит их производительность.

Наибольшее распространение получили щетки диаметром от 100 до 200 мм с электроприводом через гибкий вал, а также с пневмоприводом от роторной машинки.

Щеточными аппаратами трудно получить хорошее качество очистки корродированной поверхности, так как продукты коррозии, находящиеся в углублениях (язвах), не могут быть полностью удалены как радиальной, так и торцевой вращающейся щеткой.

Применение щеток наиболее целесообразно для очистки надстроек и внутренних поверхностей от старой, плохо держащейся краски и ржавчины. Однако при работе щетками вокруг рабочего образуется облако мельчайшей пыли из продуктов коррозии, т. е. создаются вредные условия труда.

Термические способы очистки. Для очистки стального проката от окалины, а также для очистки от ржавчины и старой краски металлических конструкций нередко применяют газопламенный способ.

Инструментом для этого способа очистки служат многопламенные ацетилено-кислородные или керосино-кислородные горелки.

Горелки для газопламенной очистки отличаются от стандартных сварочных горелок длиной трубки смесителя и конструкцией мундшту-

ка-горелки. В головке горелки имеется более 30 отверстий диаметром 0,6 мм, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга. Ширина пламени горелки — 100 мм.

Газ выходит из горелки со значительной кинетической энергией и высокой температурой пламени. Кратковременный нагрев обшивки корпуса судна пламенем высокой температуры вызывает резкое расширение и разрыхление слоев окалины и ржавчины, которые в результате теряют связь с основным металлом. Кроме того, влага, содержащаяся в ржавчине и окалине, а также искусственно добавленная, образуя при нагреве пар, усиливает разрыхляющее действие пламенной очистки. Краски и другие виды загрязнений обшивки корпуса сгорают; остатки окислов, образовавшихся при сгорании, удаляются с поверхности вручную или с помощью пневматических щеток. Подогретая сухая поверхность металла пригодна для нанесения защитного лакокрасочного покрытия. При очень прочном слое окалины и ржавчины или при толстом слое краски очистку повторяют несколько раз, до получения качественной поверхности.

Преимущество этого способа заключается в его безвредности для работников, производящих очистку, и возможности использования в любое время года. Газопламенный способ эффективен только при очистке металлических поверхностей от тонкого слоя ржавчины и неплотного слоя окалины — в этом случае производительность очистки доходит до 25 м²/ч при расходе кислорода до 2,0 м³ и ацетилена до 1,5 м³. При удалении толстого слоя краски или плотной окалины производительность пламенной очистки значительно ниже. Необходимость удаления после такой очистки остатков сгоревшей краски, окалины и ржавчины с помощью щеток и скребков, т. е. повторная очистка поверхности, делает этот способ еще менее производительным. Указанные недостатки газопламенного способа очистки и возможности пожара при наличии деревянных надстроек или внутренней деревянной обшивки ограничивают его применение в судоремонте.

При очистке корпусов судов с толщиной обшивки до 4 мм газопламенный способ не применим, так как высокая температура вызывает коробление и образование бухтин.

К термическим способам очистки следует отнести и электромеханические щетки, которые предназначены для удаления с поверхности металла прочно сцепленной окалины. Сущность способа очистки электромеханическими щетками заключается в расплавлении окалины электрической дугой, возникающей между щеткой и очищаемой поверхностью. Расплавленная окалина легко снимается вращающейся стальной щеткой.

Производительность электромеханической щетки не превышает 3 м²/ч. Недостаток этого способа — невозможность его применения для очистки корпусов судов от остатков лакокрасочного покрытия или масляных загрязнений.

Химические способы очистки. Удаление окалины и продуктов коррозии химическими способами заключается в обработке поверхности черных металлов водными растворами серной, соляной, фосфорной и других кислот. При взаимодействии металла с кислотой одновременно протекают два процесса: растворение ржавчины и растворение металла. Чтобы уменьшить потери металла при травлении, предохранить его от водородной хрупкости, возникающей вследствие наводораживания поверхности за счет выделяющегося при реакции водорода, в травильные растворы кислот добавляют присадки ингибиторов.

Ингибиторы замедляют реакцию металла с кислотой, и действие кислоты сводится к растворению продуктов коррозии.

Технологический процесс химической очистки состоит из операций:

травления серной или соляной кислотой с добавкой соответствующих ингибиторов;

промывки металла от остатков кислоты;

нейтрализации щелочным раствором остатков кислоты;

промывки от остатков щелочи;

пассивирования (фосфатирования) очищенной поверхности.

При очистке корпусов судов от окалины и ржавчины для эксперимента применялись травильные пасты, изготовляемые смешением растворов кислот, содержащих ингибиторы, с инертными наполнителями и веществами, повышающими липкость паст и улучшающими смачивание металла травильными растворами. При введении в пасту какой-либо одной кислоты (соляной, серной или фосфорной) травильные пасты не дают удовлетворительных результатов, поэтому в опытах применялись смеси этих паст.

Химический способ очистки, заключающийся в нанесении паст, не нашел широкого применения из-за низкого качества очищенной поверхности и значительной затраты времени, превышающей затраты на ручную очистку.

Для защиты металлических поверхностей с небольшим слоем ржавчины в последние годы применяют различные покрытия без предварительного удаления продуктов коррозии. Их можно разбить на три группы:

пропитывающие покрытия, составленные на основе алкидных и фенольных смол, натуральной олифы и др. Пропитка обеспечивает уплотнение и повышает водонепроницаемость продуктов коррозии, играющих в данном случае роль пигментов;

стабилизирующие лакокрасочные материалы, защитное действие которых основано на превращении различных гидроокисей и окисей железа в гематит Fe_2O_3 и магнетит Fe_3O_4, т. е. направлено на стабилизацию ржавчины (создание труднорастворимых солей);

преобразователи ржавчины, превращающие продукты коррозии в безвредный или даже защитный слой, на который можно наносить лакокрасочные покрытия. Большинство пресбразователей содержат ортофосфорную кислоту, ингибиторы, препятствующие травлению металла, обезжиривающие и смачивающие вещества.

Такие покрытия рекомендуются для подводной части корпуса судна, имеющего толщину пленки коррозионного слоя 150—200 мкм. Так как на речных судах толщина слоя ржавчины достигает 2—3 мм, эти покрытия не нашли широкого применения.

Гидроабразивные способы очистки. Гидравлический способ обеспечивает очистку поверхности металла воздействием струи

воды высокого давления (500—1000 кгс/см²), создаваемого специальным насосом. Данный способ, предназначенный в основном для очистки наружной поверхности подводной части корпусов судов от обрастания и непрочного слоя защитных покрытий, не нашел еще распространения в отечественном судоремонтном производстве. Применение его для очистки судов внутреннего плавания связано с решением ряда сложных проблем, к которым относятся: удаление значительной массы отработавшей воды со слипов, не оборудованных специальными сточными системами; немедленное пассивирование очищенной поверхности обшивки из-за неэкономичности введения пассиватора в рабочую воду, расход которой в течение часа составляет 12—16 т; трудность удаления прочной прокатной окалины с поверхности обшивки; опасность при использовании высокого давления и отсутствие надежных шлангов.

Гидроабразивный способ очистки может быть осуществлен при использовании гидроабразивной смеси высокого и низкого давления. Установки высокого давления (80—150 кгс/см²) применяют для очистки литья от пригара; для них требуются мощные насосы, сложная система трубопроводов и специальные защитные устройства (камеры). Применение этого способа для очистки корпусов судов связано с решением тех же сложных проблем, что и при гидравлическом способе очистки.

Разновидностью гидроабразивного способа является установка, где смесь воды с абразивом подается насосом к лопастям центробежного колеса, имеющего резиновую износоустойчивую облицовку. Частота вращения центробежного колеса находится в пределах 2500—8000 об/мин. Под действием центробежной силы гидроабразивная пульпа с высокой скоростью направляется на очищаемую поверхность. В связи со сложностью установки этот способ не получил распространения.

Для очистки наружной поверхности корпусов судов на слипах и в доках в Министерстве речного флота РСФСР была разработана конструкция аппарата гидропескоструйной очистки низкого давления (рис. 145).

В этом аппарате воду и песок раздельно подают в сопло давлением сжатого воздуха. Смешивание песка с водой происходит на выходе из сопла рабочей головки аппарата.

Так как после гидропескоструйной очистки поверхность обшивки корпуса интенсивно окисляется, во избежание этого в резервуар для воды добавляют антикоррозионный раствор в количестве 0,4—1,0% от объема воды, что обеспечивает защиту поверхности от коррозии до 10 сут.

Производительность гидропескоструйного аппарата при очистке до чистого металла составляет 15 м²/ч. В качестве абразивного материала применяют сухой речной или карьерный кварцевый песок грануляцией до 1 мм. Расход песка на очистку 1 м² площади — 20—25 кг, воды — 8—10 л, воздуха — 10 м³.

Песок сушат естественным путем или в специальных печах барабанного типа при температуре до 200° С.

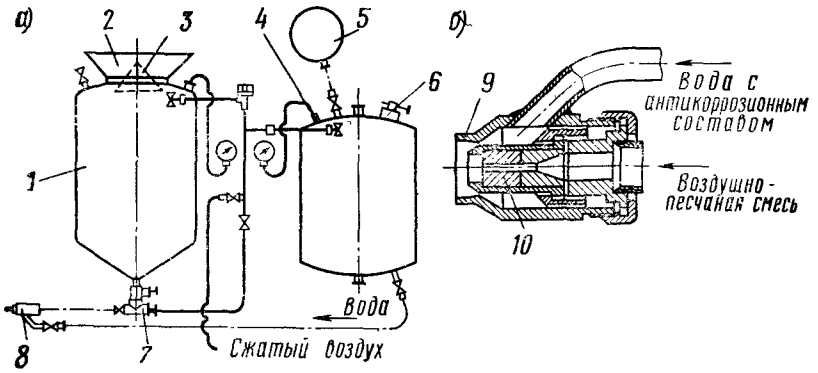


Рис. 145. Схема гидропескоструйного аппарата:
а — схема аппарата; *б* — рабочая головка; *1* — бак для песка; *2* — загрузочная горловина; *3* — загрузочный клапан; *4* — бак для воды; *5* — бак для антикоррозионного раствора; *6* — горловина для воды; *7* — воздушно-песчаный смеситель; *8* — рабочая головка; *9* — насадка; *10* — сопло

Абразивную очистку металлических поверхностей можно выполнять песко-, дробеструйными или дробеметными аппаратами.

Пескоструйная очистка дает хорошее качество очищенной поверхности. Производительность очистки 4—6 м²/ч при давлении сжатого воздуха 4—5 кгс/см². Из-за вредности условий труда этот метод для очистки корпусов судов на слипах неприменим. Значительное пылеобразование, достигающее концентрации 15 000 мг/м³ (допустимая норма 2 мг/м³), при длительной работе может вызвать заболевание рабочего силикозом. При очистке корпуса судна мельчайшая пыль попадает в трущиеся детали судовых механизмов и вызывает повышенный их износ.

Дробеструйные аппараты отличаются от пескоструйных видом абразивного материала и несколько бо́льшим давлением воздуха. Абразивным материалом служит колотая чугунная или стальная дробь, которая выбрасывается на очищаемую поверхность через специальное сопло с помощью сжатого воздуха. Производительность этих аппаратов не превышает 8 м²/ч. Из-за малой производительности, сложности сбора дроби в процессе очистки и значительного пылеобразования способ очистки на слипах и в доках не нашел применения.

Дробеметная очистка основана на принципе выбрасывания на очищаемую поверхность абразивного материала (колотой дроби) грануляцией 0,8—1,0 мм. Дробь подается самотеком из воронки на лопатки распределительного колеса, вращающегося вместе с основным лопаточным колесом. Распределительное колесо закручивает поток дроби и выбрасывает через окно неподвижной коробки. На вылете из окна коробки распределительного колеса дробь подхватывается рабочими лопатками основного колеса, которые укреплены между его двумя дисками, стянутыми распорными болтами. Под действием центробежной силы дробь скользит по рабочим лопаткам колеса от центра к периферии, выбрасывается в виде веера со скоростью 70 м/ч и, ударяясь об очищаемую поверхность, удаляет с нее окалину и ржавчину.

Для очистки корпусов судов на слипах с твердыми покрытиями созданы днищевые и бортовые дробеметные установки. Днищевая дробеметная установка представляет собой самоходный агрегат (рис. 146). Тележка установки состоит из сварной рамы на четырех колесах с обрезиненными ободами.

На тележке смонтирована платформа со всеми узлами установки. Основным узлом является дробеметный аппарат модели 393М, установленный в сварной конструкции, соединяющей расходный бункер с дробью и камеру очистки. Верхняя часть камеры очистки снабжена уплотняющим устройством из нескольких рядов капроновых щеток и резиновых полос, поджимаемым к днищу корпуса судна. Камера очистки соединена с пылеуловителем, в котором применен пылесос ЗИЛ-900. Для удаления пыли с очищенной поверхности служит радиальная капроновая щетка, приводимая во вращение от электродвигателя.

Очистка осуществляется следующим образом: сухую, просеянную дробь загружают в расходный бункер через горловину. Установку перемещают к объекту очистки и подключают к электроколонке. При включении механизма подъема уплотнительное устройство прижимается к поверхности, подлежащей очистке.

Вначале включаются электродвигатели привода дробеметной головки и пылесоса, а затем — электродвигатель передвижения, и открывается заслонка, регулирующая количество подаваемой дроби.

Во время работы из камеры очистки непрерывно отсасывается запыленный воздух, который направляется в пылеуловитель, очищается там и выходит в атмосферу, а пыль собирается в отстойнике и периодически удаляется.

Ширина очищаемой полосы днища корпуса — 1100 мм. Скорость передвижения агрегата — 45, 60 и 90 м/с, в зависимости от состояния

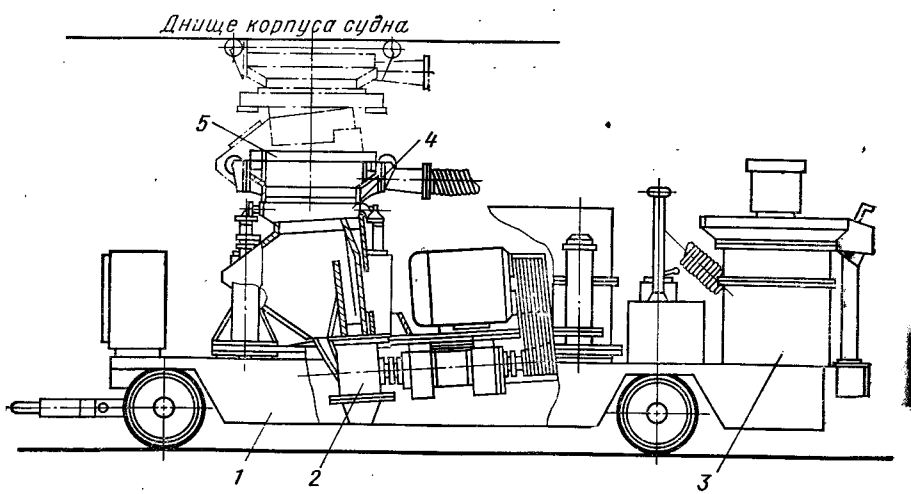


Рис. 146. Схема днищевого дробеметного агрегата:
1 — шасси; *2* — дробеметный аппарат; *3* — пылесос; *4* — бункер камеры очистки; *5* — уплотнительное устройство

очищаемой поверхности. Производительность очистки плотной окалины и ржавчины — 45 м²/ч, слабой ржавчины и отслаивающейся краски — до 90 м²/ч. Расход дроби на 1 м² очищенной площади — 100—120 г.

Дробеметная установка для бортовой очистки корпусов судов (рис. 147) смонтирована на автопогрузчике с высотой подъема до 5 м. Принцип работы установки, как и у днищевой, но изменяется направление циркуляции дроби. Дробь из расходного бункера попадает на рабочее колесо дробеметной головки самотеком и после очистки — в сборный бункер.

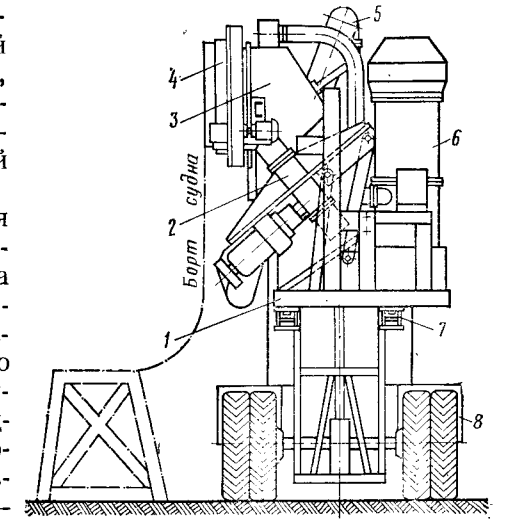


Рис. 147. Схема бортового дробеметного агрегата:
1 — платформа агрегата; *2* — дробеметный аппарат; *3* — камера очистки; *4* — уплотнительное устройство; *5* — элеватор; *6* — пылесосы; *7* — лапы автопогрузчика; *8* — шасси автопогрузчика

Дробь из сборного бункера в расходный подает транспортер специальной конструкции. Непрекращающееся перемещение дроби из сборного в расходный бункер обеспечивает непрерывную очистку. Выбор способа очистки подводной части корпуса судна обосновывается не только его производительностью и лучшими условиями труда, но и обеспечением требований к очищенной поверхности металла, которые сводятся к следующим:

поверхность должна быть очищена от окалины, старой, плохо держащейся краски, продуктов коррозии и других видов загрязнений;

поверхность должна обладать антикоррозионной стойкостью;

состояние поверхности должно обеспечить хорошую адгезию лакокрасочного покрытия с металлом.

Всем этим требованиям в большей мере отвечают гидропескоструйный и дробеметный способы очистки.

§ 50. МЕХАНИЗАЦИЯ ШПАКЛЕВОЧНЫХ РАБОТ

Устранение коррозионной шероховатости обшивки корпуса, предотвращение дальнейшего коррозионного разрушения и придание гладкости поверхности подводной части корпуса связаны с внедрением технологии шпаклевки корродированной обшивки в подводной части с последующим покрытием ее синтетическими красками.

Коррозионную шероховатость подводной части корпуса можно ликвидировать нанесением различных шпаклевочных покрытий на очищенную поверхность. До настоящего времени на судоремонтных заво-

дах не шпаклевали подводную часть корпуса из-за недооценки влияния коррозионной шероховатости на сопротивление воды движению судна, а также большой трудоемкости процесса при ручном исполнении. К тому же отсутствовали механизированные способы для качественной подготовки поверхности под шпаклевку, а при ручной очистке на корпусе оставались продукты коррозии, препятствующие прочной адгезии различных покрытий с металлом.

Возможность внедрения шпаклевочных работ в судоремонт будет зависеть от степени механизации этого процесса и подбора качественных шпаклевочных материалов.

В последние годы на судоремонтных заводах для лакокрасочных покрытий применяют этинолевые краски, обладающие лучшими качествами по сравнению с масляными красками и кузбасским лаком. Применение этинолевых лаков для приготовления шпаклевочных мастик создаст ряд преимуществ, главными из которых являются их длительная стойкость в воде, быстрое высыхание и низкая стоимость. Но более перспективны эпоксидные смолы ЭД-5 и ЭД-6, обладающие высокими адгезионными и антикоррозионными свойствами. Применение их в качестве шпаклевочных покрытий обеспечит длительную защиту корпусов судов от коррозионного разрушения, создаст гладкую поверхность обшивки и объединит в одном технологическом процессе шпаклевку и окраску корпуса.

На основании проведенных опытов по выбору наиболее рациональной схемы шпаклевки и окраски корпусов судов было установлено, что грунтовать очищенную поверхность следует краской ЭКЖС-40 в соответствии с действующими инструкциями по применению этинолевых красок.

Шпаклевочное покрытие наносят при неполном высыхании грунтовочного слоя (через 1—2 ч после грунтовки), т. е. когда последний имеет небольшой отлип.

Состав этинолевой шпаклевки: молотый мел, просеянный через сито (600 отверстий на 1 см^2), в количестве 60% по весу и 40% этинолевого лака.

Для механизации процесса шпаклевки корпусов судов разработана конструкция аппарата, аналогичная применяемому в строительной технике, но с измененным устройством шпателей, позволяющих наносить шпаклевку в вертикальном и потолочном положениях.

Шпаклевочный аппарат состоит из пневматического бака вместимостью 25—50 л, смонтированного на колесах, шлангов для подачи воздуха, шпаклевочной мастики и рабочей головки (рис. 148, *а*). Крышка бака имеет резиновое уплотнение. В верхней части бака приварен патрубок с вентилем для подачи сжатого воздуха. Выход шпаклевочной массы под давлением сжатого воздуха (5—6 кгс/см^2) производится через патрубок, расположенный в нижней части бака.

Конструкция разглаживающего шпателя изображена на рис. 148, *б*. При работе шпаклевочным аппаратом мастика должна иметь более жидкий состав, чем при ручной шпаклевке. Из аппарата мастика под давлением сжатого воздуха подается по шлангу к шпаклевочной головке. Нажатием педали задвижки шпателя открывают доступ мастике

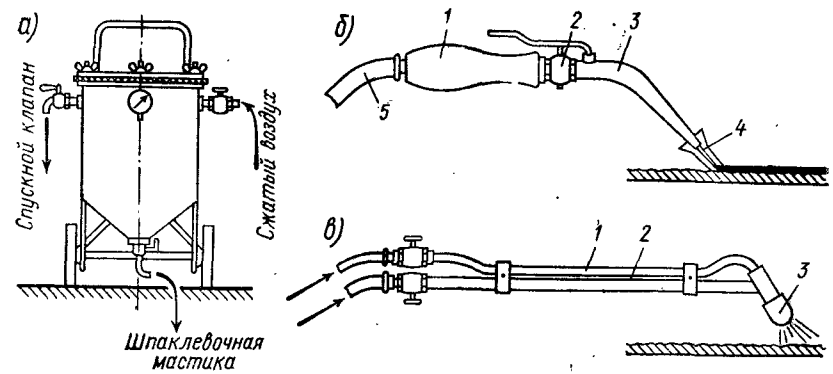


Рис. 148. Схема аппарата для шпаклевки корпусов судов:
а — схема аппарата; *б* — схема разглаживающего шпателя; *1* — рукоятка шпателя; *2* — клапанная задвижка; *3* — сопло; *4* — резиновая гладилка; *5* — шланг подачи шпаклевки; *в* — схема пульверизационного шпателя; *1* — трубка подачи мастики; *2* — трубка подачи сжатого воздуха; *3* — распыливающая головка

через сопло к резиновым гладилкам, имеющим у основания ширину 150 мм, наносят шпаклевку на корродированную поверхность обшивки корпуса и одновременно разглаживают ее по поверхности, заполняя язвенные углубления. Конструкция пульверизационного шпателя изображена на рис. 148, *в*. Пульверизационный шпатель может работать на мастике более жидкого состава — 50% молотого мела и 50% этинолевого лака. Из аппарата под давлением сжатого воздуха мастика подается по шлангу и трубке к распылительной головке. По второй трубке к распылительной головке подается сжатый воздух, который эжектирует мастику и в виде мелких капель наносит ее на корродированную поверхность обшивки. Жидкая мастика заполняет все углубления на поверхности металла. Для придания гладкости обшивке корпуса мастику необходимо разглаживать резиновым шпателем вручную, а после высыхания зачистить наждачным кругом.

В отличие от шпаклевки, приготовленной на олифе, этинолевая шпаклевка при высыхании не дает трещин, образуя плотный защитный слой. Расход шпаклевки при однослойном покрытии составляет 350 г/м^2, при двухслойном — 550 г/м^2.

Поверхность обшивки после шпаклевки покрывают (в зависимости от района плавания) двумя-тремя слоями этинолевой краски ЭКЖС-40.

§ 51. ЗАЩИТНЫЕ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ ОКРАСОЧНЫХ РАБОТ

Защитные свойства краски в большой мере зависят от толщины нанесенного слоя. Любая лакокрасочная пленка является пористой и при сильном увеличении выглядит, как сито. Пористость лакокрасочной пленки можно уменьшить нанесением нескольких слоев покрытия, подбором соответствующего пигмента, тонким его измельчением и правильной технологией нанесения покрытия.

Окрашиваемая поверхность, в зависимости от применявшегося способа ее очистки, имеет различную степень шероховатости, отличающуюся размером выступов и глубиной впадин.

Для обеспечения защиты металла от коррозии толщина слоя краски должна превышать выступающие на металле гребешки в 2—3 раза. Для надежной антикоррозионной защиты необходима минимальная толщина слоя краски 125 мкм, что видно из графика стойкости защитного покрытия в зависимости от толщины слоя сухой краски (рис. 149).

На толщину слоя и качество покрытия значительно влияют: качество кистей, состав растворителей, время нанесения краски, атмосферные условия и квалификация персонала.

Важным фактором, влияющим на качество защитного лакокрасочного покрытия, является техника нанесения краски. Все средства нанесения лакокрасочных покрытий могут быть сведены к трем основным группам: маховые и валиковые кисти, пневмопульверизаторы и установки безвоздушного распыла краски.

Многолетние наблюдения за качеством окрашенных поверхностей показали, что при нанесении грунтовочного слоя кистями получается лучшая его адгезия с металлом, чем при воздушном распыле краски.

Волосяную кисть применяют для окраски небольших внутренних помещений и в труднодоступных местах корпуса судна.

Валиковую кисть используют при окраске больших внутренних помещений, надстроек, а также для нанесения грунтовочных слоев краски на обшивку подводной части корпуса судна. При этом производительность труда повышается в 1,5 раза по сравнению с маховыми кистями.

Пневмопульверизаторы различных типов можно использовать для нанесения второго и третьего слоев краски на подводную часть корпуса судна, а также для окраски надводного борта, надстроек и других элементов судна.

Окраска корпусов судов пульверизаторами воздушного распыла не всегда дает положительные результаты. Принцип пульверизационной окраски заключается в том, что краска из резервуара посредством сжатого воздуха подается через шланг в пульверизатор и им распыляется. Подвод воздуха у большинства аппаратов сделан так, что часть воздуха поступает в головку пульверизатора, где смешивается с краской, измельчает ее и увлекает за собой, а другая часть воздуха давит на поверхность краски, обеспечивая подачу ее в пульверизатор. Сжатый воздух, получаемый из воздухораспределительной сети, содержит большое количество водяных паров, которые в момент расширения и связанного с этим охлаждения конденсируются в виде тумана. Поэтому краска, которая попадает на окрашиваемую поверхность обшивки корпуса, уже не имеет своего первоначального

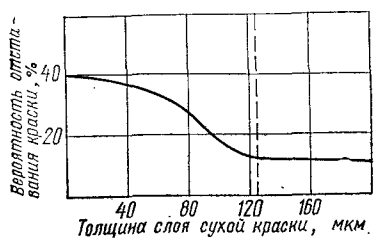


Рис. 149. График зависимости стойкости (вероятности отставания) защитного покрытия от толщины слоя сухой краски

состава, а представляет скорее эмульсию краски и воды. Так как в этой эмульсии, как и в любой другой, частицы воды и растворителя взаимно обволакивают друг друга, то ни вода, ни растворитель не могут нормально испаряться. В результате такая смесь через несколько часов после ее нанесения остается сырой и имеет плохую адгезию с металлом.

Недостатки воздушного распыла краски привели к выводу, что первый слой краски — грунтовочное покрытие — необходимо наносить кистью, а последующие слои — пульверизационным способом, так как этим достигается значительное увеличение производительности труда. Помимо указанных недостатков, необходимо также учитывать, что при воздушном распыле краски получается бóльший удельный расход лакокрасочного материала (примерно на 35—30% больше, чем при окраске кистями) и создаются более тяжелые условия труда из-за насыщения воздуха мельчайшим туманом краски.

Безвоздушное распыление краски. Недостатки, вызываемые применением сжатого воздуха для распыления красок, привели к попыткам распылять с помощью давления, создаваемого насосом. Распыление происходит за счет превращения потенциальной энергии краски, находящейся под высоким давлением, в кинетическую энергию при выходе ее в атмосферу.

Пока краска находится в системе под высоким давлением, растворитель не превращается в пар. При выходе краски из сопла давление падает до атмосферного и растворители мгновенно испаряются, так как процесс сопровождается значительным (1:1500) расширением, что способствует размельчению краски.

Для окраски корпусов судов и надстроек способом безвоздушного распыла краски создан аппарат с погружным насосом АБР-1 (рис. 150). При работе одним краскораспылителем производительность аппарата 200—250 м²/ч. Рабочее давление распыла лакокрасочного материала — 100—120 кгс/см². Рабочее давление воздуха для работы пневмопривода — 4—5 кгс/см². Ширина факела распыления зависит от типа сопла и составляет 150—450 мм. Масса аппарата без краски — 33 кг.

Основными узлами аппарата являются насос высокого давления, краскораспылитель, шланг из фторопласта, пневмомешалка, пневмопривод насоса, бак для краски, приборная панель.

При включении пневмопривода плунжер насоса высокого давления совершает возвратно-поступательное движение. При ходе плунжера вверх краска из бачка через сетчатый фильтр и всасывающий клапан засасывается в нижнюю полость цилиндра высокого давления. При ходе плунжера вниз всасывающий клапан закрывается, открывается клапан в корпусе плунжера и краска перепускается в верхнюю полость цилиндра насоса.

При обратном ходе плунжера вверх эта часть краски сжимается и под высоким давлением подается по шлангу к краскораспылителю. Одновременно через всасывающий клапан засасывается в нижнюю полость цилиндра новая порция краски и т. д.

При нажатии курка краскораспылителя краска, проходя через сопло, выбрасывается в атмосферу, образуя красочный факел.

При включении на приборной панели пневмотурбинки в бачке происходит перемешивание лакокрасочного материала.

Для окраски судов, находящихся на акватории судоремонтного предприятия, разработана конструкция переносного аппарата безвоздушного распыла краски с электроприводом.

Применение аппаратов безвоздушного распыла требует более тонкого помола лакокрасочного материала. Частицы пигмента в краске должны быть не более 20 мкм, что можно получить в шаровых мельницах.

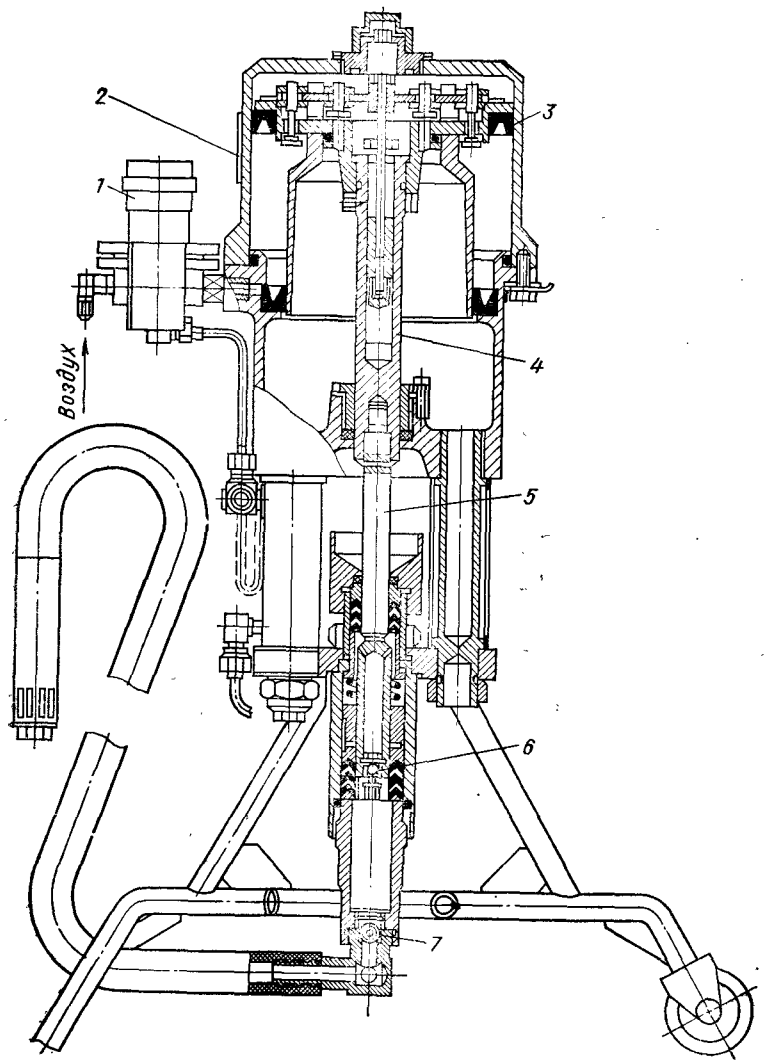


Рис. 150. Схема аппарата безвоздушного распыла краски:
1 — редукционный клапан; *2* — корпус пневмодвигателя; *3* — поршень пневмодвигателя; *4* — шток пневмодвигателя; *5* — плунжер насоса; *6* — перепускной клапан; *7* — всасывающий клапан

Нанесение лакокрасочного покрытия безвоздушным распылом обеспечивает такую же адгезию с металлом, как при использовании кистей, что позволяет использовать его при нанесении грунтовочного слоя краски и последующих слоев покрытия.

Применение средств механизации для защиты корпусов судов от коррозии не только оказывает влияние на долговечность и качество защитного покрытия, но и улучшает условия труда, резко повышая его производительность.

Глава XIV

РЕМОНТ СУДОВЫХ КОТЛОВ И ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

§ 52. ИЗНОСЫ, ПОВРЕЖДЕНИЯ И ДЕФЕКТАЦИЯ ПЕРЕД РЕМОНТОМ

Основными видами износов и повреждений судовых котлов и теплообменных аппаратов являются: разъедания — коррозионные и эрозионные разрушения; пропаривание и течь в соединениях; трещины и разрывы отдельных частей и остаточные деформации.

Коррозионное разрушение паровых котлов наблюдается как со стороны водяного, парового и топочного пространства, так и с внешней стороны котлов. В пароводяном пространстве коррозионный процесс развивается из-за воздействия кислорода и углекислоты, попадающих в котел вместе с питательной водой, а также в результате разложения пара. При окислении горячей стенки котла происходит реакция

$$3Fe + 4H_2O \rightarrow Fe_3O_4 + 4H_2. \qquad (114)$$

По внешнему виду разрушения носят точечный и язвенный характер. Наличие в котлах и теплообменных аппаратах узлов из разнородных металлов (стальные коллекторы и трубы, бронзовая и чугунная арматура), а также корродированных участков котлов создают гальванические пары.

Значительные разъедания внутренних поверхностей котлов вызывают различные органические и неорганические примеси, содержащиеся в питательной воде.

Эрозионные разрушения металла котлов наблюдаются как с внутренней стороны под воздействием протекающего пара и частиц воды, так и со стороны топочного пространства под воздействием газов и твердых частиц (золы).

Части котлов, расположенные в огневом пространстве, разрушаются также от химической коррозии под воздействием сернистых газов SO_2 и SO_3, образующихся при сгорании серосодержащих топлив.

Значительное влияние на скорость газовой коррозии оказывает температура уходящих дымовых газов. Если температура газов будет

ниже «точки росы» SO_2, то начинается образование сернистой кислоты, которая в виде капель осаждается на металлических поверхностях и разрушает их.

С внешней стороны стенки котлов разъедаются от воздействия на металл влажного воздуха и углекислоты. Особенно сильно подвержены подобному виду коррозии нижние части корпусов огнетрубных котлов и водяные коллекторы водотрубных котлов.

Пропаривание в соединениях котлов является одним из распространенных дефектов котлов. Основной причиной пропаривания в швах, местах крепления водогрейных и дымогарных труб, связей, арматуры является коррозия. Ослабленные коррозионными разрушениями кромки листов, заклепки, хвостовики дымогарных труб, связей совместно с их гнездами в трубных решетках, стенках огневых камер и днищах котлов теряют свою первоначальную прочность, плотность и под давлением в котлах пропаривают.

Несоблюдение правил технической эксплуатации котлов, чрезмерно быстрый подъем или снижение давления, возникновение температурных напряжений, нарушение технологии при ремонте или постройке котлов нередко является причиной хронического пропаривания.

Трещины в котлах возникают в результате усталости металла, в местах, наиболее подверженных действию температурных напряжений (отвороты жаровых труб и другие части).

Другим фактором, вызывающим появление трещин в котлах, является воздействие щелочной среды на напряженный металл котлов. Это явление носит название каустической или щелочной хрупкости. Каустическая хрупкость развивается при температурах выше 100° С и возникает обычно у краев отверстий водогрейных и дымогарных труб, связей, в гнездах трубных решеток. Для предотвращения появления трещин необходимо, чтобы местная концентрация щелочи не превышала 10—12%.

При ремонте котлов и изготовлении новых деталей нельзя допускать наклепа на отдельных поверхностях и при необходимости отжигать детали при температуре нагрева выше AC_3.

Остаточные деформации — нередкое явление в водотрубных котлах у водогрейных труб, элементов пароперегревателей и газонаправляющих щитов, а у огнетрубных котлов подобные явления наблюдаются в районе огневых камер, жаровых труб и трубных решеток. Характерным видом остаточных деформаций у котлов являются выпучины на отдельных частях и проседания жаровых труб, основной причиной появления которых являются местные перегревы стенок вследствие осаждения накипи и снижение механических свойств котельной стали. В отдельных случаях возникновению выпучин и проседаний способствует упущение воды из котлов во время эксплуатации, что вызывает перегрев отдельных участков, потерю прочности и остаточные деформации в виде выпучин и проседаний.

Освидетельствование и дефектация. Наблюдение и контроль за техническим состоянием котлов при эксплуатации судов внутреннего плавания осуществляет Речной Регистр РСФСР.

Контроль за техническим состоянием действующих котлов осуществляют наружным осмотром, внутренними освидетельствованиями и гидравлическими испытаниями.

Выбор условий ремонта котлов зависит от вида, характера и объема ремонтных работ, а также возможностей завода (мощности его грузоподъемных и транспортных средств, размеров производственных площадей и оборудования). Наиболее рационально и экономически целесообразно капитальный ремонт главных котлов выполнять в цехах заводов, а текущий и средний ремонт — при положении котлов на судовых фундаментах. Средний и капитальный ремонты вспомогательных утилизационных котлов и теплообменных аппаратов во многих случаях экономически целесообразнее осуществлять в цеховых условиях.

Разоружение котлов для транспортировки в цех заключается в отсоединении паровых и водяных трубопроводов, связей, крепящих котлы к корпусу судна, снятии арматуры и т. п. Вытаскивают котлы грузоподъемными средствами через верхнюю палубу, транспортируют на передвижных платформах к стендам, где их ремонтируют.

Дефектацию котлов выполняют после тщательной очистки от шлама, грязи, ржавчины, нагара, пыли и воды. Согласно требованиям техники безопасности освещение при дефектации котлов, как и в других случаях освидетельствования, допускается исключительно низковольтное — 6 или 12 В.

При дефектации жаровых труб в первую очередь обращают внимание на наличие проседаний. Замеры производят в четырех направлениях с помощью микрометрического или простого раздвижного штихмасса с точностью до 1 мм. Замеры вносят в таблицу, по ним делают заключение о наличии, размерах и направлении деформаций. Относительные деформации сличают с предельно допустимыми, установленными Правилами Регистра, которые определяются по формуле

$$f = \frac{D_н - D_м}{D_н} 100, \qquad (115)$$

где $D_н$ — нормальный диаметр волны или участка жаровой трубы, не имеющей повреждений, мм;

$D_м$ — минимальный диаметр в месте наибольшей деформации участка жаровой трубы, мм.

При f, равном или меньшем 3%, допускается дальнейшая эксплуатация жаровых труб. При больших деформациях жаровые трубы правят.

Остаточные деформации водогрейных и дымогарных труб котлов выявляют тщательным осмотром и проверкой. Деформированные трубы ремонтируют или заменяют новыми. Трещины в котлах являются недопустимым дефектом, их выявляют с помощью современных методов дефектации (цветной, магнитной, ультразвуковой дефектоскопии).

Выпучины плоских стенок котлов, трубных решеток, стенок огневых камер выявляют наложением линеек или шаблонов на исследуемую поверхность. По Правилам Регистра допустимая стрелка прогиба плоских стенок не более одной толщины замеряемого металла. При бо-

лее значительных выпучинах их устраняют правкой и постановкой ребер жесткости или заменяют деформированную часть.

Обнаруженные при дефектации разъедания замеряют по глубине и площади, после чего решают ремонтировать наплавкой или заменять дефектную часть новой вставкой.

§ 53. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РЕМОНТА

Выявленные дефекты котлов после очистки устраняют одним из следующих способов ремонта: электронаплавкой поврежденных коррозией и эрозией участков; вваркой вставок; устранением пропаривания и течи в соединениях; правкой выпучин; заменой основных частей котлов.

Очистку котлов производят перед ремонтом и как профилактическое мероприятие. Существует несколько способов очистки котлов: химическая, ультразвуковая и ручная механизированная.

Химическая очистка — один из наиболее эффективных способов, широко применяемых как в отечественной, так и зарубежной практике. Основными достоинствами этого способа являются: возможность применения для всех типов котлов и теплообменных аппаратов независимо от их конструкции и размеров, высокая производительность способа (длительность очистки сокращается в 20—30 раз по сравнению с ручной), обеспечивается более высокое качество очистки от накипи, шлама и ржавчины. К недостаткам химической очистки следует отнести более высокую стоимость работ и необходимость соблюдения повышенных требований техники безопасности и охраны труда в процессе очистки. Для химической очистки котлов отечественная промышленность выпускает специальный препарат, который состоит из 20%-ного водного раствора соляной кислоты (эмульгатор) и 0,8%-ного препарата Уникол ПБ-4, являющегося ингибитором. От действия эмульгатора накипь разрушается и легко удаляется из котла, а ингибитор предотвращает окисление металла котла. Химическая очистка состоит из операций: подготовки котлов к очистке и соответствующего раствора препарата, самой очистки котлов и нейтрализации воздействия препарата на металл котла. Очистку производят с помощью насоса посредством циркуляции раствора в котлах. Раствор через краны нижнего продувания засасывается насосом и снова через питательные клапаны подается в котлы. При низких наружных температурах раствор подогревают до 50—60° С. Контролируют качество раствора через каждые 30 мин путем отбора проб и определения состава раствора. Постоянство состава раствора поддерживают добавлением в него ингибированной кислоты. Прокачивание раствора через котел прекращается, если последние три пробы показывают, что концентрация раствора остается постоянной. После окончания кислотной промывки раствор из котла удаляют и всю систему заполняют теплой чистой водой. Промывку чистой водой производят до получения нейтральной реакции промывочной воды. После этого котел заполняют однопроцентным раствором тринатрийфосфата, нагретого до 60—70° С. Промывка последним раствором продолжается в течение 1 ч, затем котел окончательно промывается чистой водой. На рис. 151 изображена принципиальная схема промывки утилизационного котла от накипи кислотным раствором.

На рис. 152 показан газотрубный двухходовой утилизационный котел вертикального типа, который устанавливают на теплоходах с двигателем НВД-48 мощностью 500 л. с. Давление в котле и питание его водой регулируются автоматически. Для наблюдения за состоянием поверхности нагрева на обечайке имеются лючки. Трубы очищаются от накипи при поднятой или полностью снятой обечайке. Со стороны газового пространства поверхности очищаются специальными банниками при снятых верхней и нижней крышках. На нижней крышке имеется кран для периодического удаления гудрона из нижней камеры котла. Донышки верхней и нижней камер для обеспечения необходимой прочности подкреплены кницами. Ремонт или замену газовой заслонки производят при снятой верхней крышке без демонтажа всей верхней камеры. Полное осушение котла производят через кран, расположенный в нижней трубной решетке. Устойчивое положение котла на судне обеспечивается креплением его вертикальных и горизонтальных опор к фундаменту. Для компенсации тепловых расширений вертикальная опора имеет овальные отверстия. Котел изолирован совелитовыми плитами и покрыт кровельным железом. Все фланцевые соединения, заглушки и крышки изолированы асбестовыми матрацами.

Ультразвуковая очистка котлов, как и химическая, является одним из современных и прогрессивных способов, обеспечивающих предотвращение осаждения накипи на нагревательных поверхностях и освобождение от

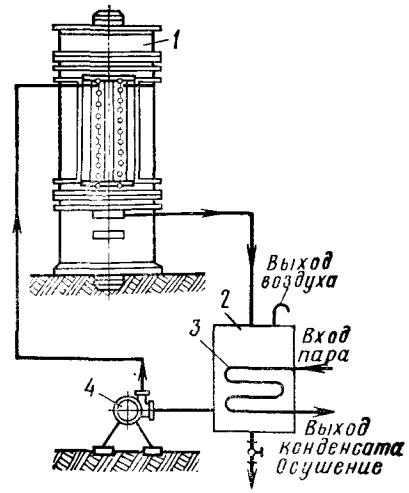


Рис. 151. Схема промывки утилизационного котла:
1 — котел; *2* — бак для раствора; *3* — змеевик для подогрева раствора; *4* — насос для промывки

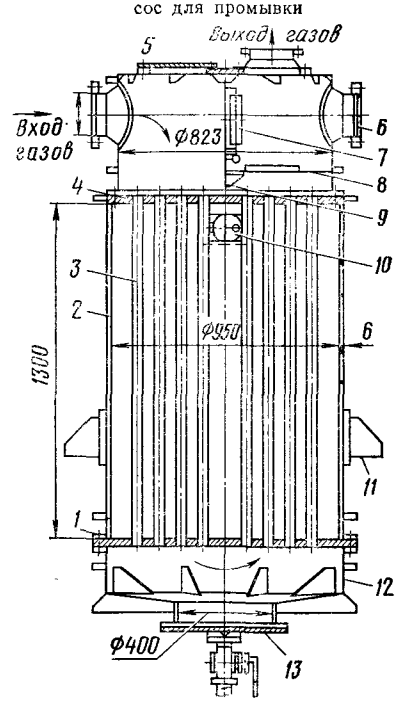


Рис. 152. Продольный разрез газотрубного котла:
1, 4 — трубная доска; *2* — обечайка; *3* — трубная поверхность нагрева; *5* — крышка; *6* — заглушка; *7* — заслонка; *8, 9* — перегородка; *10, 11* — опора; *12* — камера; *13* — крышка

нее паровых котлов и других теплообменных аппаратов. При этом способе очистки используются упругие колебания с частотами более 16000 Гц.

Ручную механизированную очистку выполняют обычно после щелочения и промывки котлов с помощью стальных щеток, секачей и ротационных пластинчатых приборов. Применение пневматического ударного инструмента при очистке не рекомендуется, так как возможно нанесение опасных для металла котлов надрезов, заусенцев и других повреждений.

Для очистки внутренних поверхностей водогрейных труб на месте применяют шарошки-фрезы, насаженные на гибкий вал с электрическим и пневматическим приводом, а также гидротурбинные очистители, которые одновременно очищают и промывают трубы водой.

Ремонт наплавкой с помощью электрической дуги выполняют для восстановления коррозионных разъеданий на отдельных деталях и частях паровых котлов: коллекторах водотрубных котлов, задних стенках огневых камер, трубных решетках, гнездах для труб и связей. Наплавка значительных площадей до 2500 см^2 при глубине разъеданий до 40—50%, хотя и допускается Правилами Регистра, однако не может быть во всех случаях признана экономически эффективной. Во многих случаях наиболее целесообразна вырезка корродированных участков и вварка на их место новых частей.

Такой способ ремонта особенно эффективен вместо выполнения потолочных наплавочных работ в котлах. Если ремонт наплавкой признан необходимым, принципиальный технологический процесс его выполнения следующий.

Корродированную площадь, предназначенную для наплавки, очищают от ржавчины с помощью секачей и щеток, затем разбивают на прямоугольные или треугольные участки со стороной, равной 100—150 мм, что делается для уменьшения усадочных напряжений. Наложение валиков при наплавке производится в шахматном порядке, и направление их положения на смежных участках принимается под углом 90° при прямоугольной и 60° при треугольной разбивке площади. При малых площадях наплавки участок не разбивается на прямоугольники (треугольники) и направление валиков в этом случае принимается перпендикулярно оси котла.

Для наплавки применяют электроды типа Э42 и Э42А в соответствии с ГССТ 2423—51.

В практике ремонта часто наплавляют гнезда трубных решеток, а также гнезда для связей в задних стенках и днищах котлов. До начала наплавочных работ с помощью разверток выбирают металл в гнездах, затем наплавляют кольцевые валики. Качество наплавки проверяют внешним осмотром с помощью физических методов контроля и гидравлических испытаний.

Ремонт вваркой вставок — один из наиболее распространенных и эффективных способов ремонта котлов и теплообменных аппаратов. Его применяют при постановке вставок в нижних частях коллекторов водотрубных котлов в районе подвижных опор, на жаровых трубах и стенках огневых камер огнетрубных котлов и при замене корродированных частей утилизационных котлов и других теплообменных аппаратов.

Согласно Правилам Регистра, каждое сварное соединение встык должно удовлетворять расчету на прочность по следующей формуле:

$$P \leqslant hl \frac{\sigma_р}{x} \varphi, \qquad (116)$$

где P — сила, действующая на шов в плоскости соединяемых элементов перпендикулярно шву, кгс;
h — высота рабочего сечения шва, мм;
l — длина шва, мм;
$\sigma_р$ — расчетный предел прочности при растяжении, равный низшему пределу прочности примененного основного металла кгс/см^2;
x — запас прочности;
φ — коэффициент прочности шва, который для стыковых швов принимается равным 1.

Важнейшим требованием при определении границ вставок является то, чтобы швы располагались вне отбортовок и отфланцовок, т. е. вне наиболее напряженных участков котла. Для сварки делают У- или Х-образную разделку кромок. Однако предпочитается Х-образная разделка кромок, так как при этом уменьшаются: трудоемкость сварки, расходы электродов и электроэнергии и, наконец, деформирование конструкции, которое возникает при сварке. Материалом для вставок паровых котлов с рабочей температурой до 400° С используют стали, близкие по свойствам к основному металлу (стали марок 15К, 20К, 25К в соответствии с ГОСТ 5520—50). Стали 15К и 20К применяют для вставок, подвергающихся штампованию и работающих под непосредственным воздействием горячих газов и высоких температур, сталь 25К — для вставок, не соприкасающихся с огнем.

Для ремонта паровых котлов, работающих при температурах более 400—500° С, применяют легированные стали: среднемарганцовистые, молибденовые (15М и 20М) и хромомолибденовые (12ХМ).

Для ремонта котлов постановкой вставок разрабатывают технологический процесс, который согласовывают и утверждают с Речным Регистром РСФСР.

Вварку вставок осуществляют обратноступенчатым способом, в строго определенной последовательности, благодаря чему обеспечиваются минимальные сварочные напряжения и незначительные деформации на участке ремонта котла.

Качество ремонта проверяют внешним осмотром и гаммаграфированием или рентгенопросвечиванием сварных швов и последующими гидравлическими испытаниями.

Смену отдельных частей котлов производят в тех случаях, когда износы и повреждения достигают значительных размеров и устранить их рассмотренными выше способами становится экономически нецелесообразным. В этих случаях сменяют отдельные части котлов, как, например, водогрейные и дымогарные трубы, связи, части огневых камер и трубные решетки.

Технологический процесс смены водогрейных и дымогарных труб состоит из операций: удаления старых негодных труб, подготовки гнезд трубных решеток, установки новых или отремонтированных труб на место, проверки качества выполненной работы. Способ удаления водогрейных и дымогарных труб из котлов зависит от конструкции их закрепления в трубных решетках.

Вырезают и удаляют водогрейные трубы со стороны топочного пространства. Оставшиеся развальцованные хвостовики водогрейных труб выбивают тупым чеканом или специальным приспособлением, чтобы не повредить гнезда. Водогрейные и дымогарные трубы, заваренные в трубных решетках, освобождают с помощью специальных приспособлений, оборудованных фрезами для срезания швов.

Простые вальцованные дымогарные трубы удаляют с помощью газовых резаков, а связные трубы, закрепленные на резьбе, подрезают резаками и выбивают из гнезд трубных решеток чеканами.

Гнезда трубных решеток проверяют на эллиптичность, которую устраняют наплавкой, расточкой или развертыванием (рис. 153).

Водогрейные трубы изготовляют из сталей марок 15М, 20М и 12ХМ, а дымогарные трубы — из низкоуглеродистой стали марок 10 и 20.

Водогрейные трубы изготовляют по шаблонам из стальной проволоки диаметром 4—6 мм, снятым с места или с плазовой разметки согласно чертежу.

Отрезают трубы на труборезных или токарных станках, дисковых пилах или с помощью газовых резаков. Подсадку концов труб до заданных размеров выполняют в кузнечных цехах на оправках. Гнут трубы на трубогибочных станках, затем концы труб отжигают. Завершающей операцией по изготовлению труб являются гидравлические испытания на рабочее давление.

При ремонте огнетрубных котлов Правилами Речного Регистра РСФСР допускается наращивание дымогарных труб из 1—2 сростков на одной трубе, если качество труб еще достаточно высокое.

Сращенные дымогарные трубы подвергают гидравлическому испытанию на давление, превышающее рабочее на 5 кгс/см^2.

Качество установки труб после окончания ремонтных работ проверяют путем гидравлического испытания.

Смену связей в котлах выполняют в соответствии с технологическим процессом, состоящим из операций: удаления старых связей, подготовки гнезд для установки новых, изготовления свя-

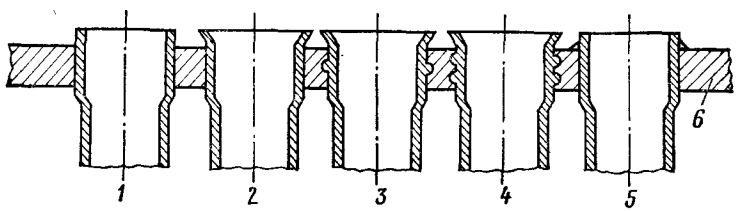


Рис. 153. Способы установки и крепления водогрейных труб:
1 — труба развальцована; *2* — труба развальцована на колокольчик; *3* — то же, с кольцом лабиринтового уплотнения; *4* — то же, с двумя кольцами лабиринтового уплотнения; *5* — труба приварена; *6* — трубная доска

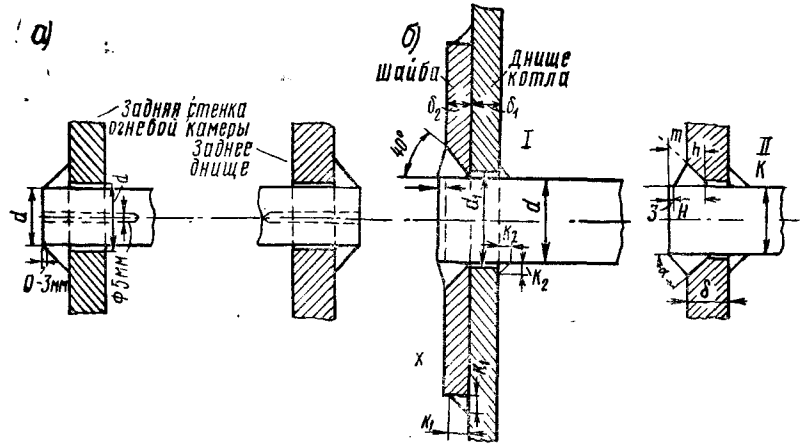


Рис. 154. Узлы крепления связей на сварке:
а — установка коротких связей; *б* — установка длинных связей; *1* — с приваркой шайбы; *2* — без шайбы

зей и установки их на место. Короткие связи, установленные на резьбе, удаляют выжиганием газовым пламенем или высверливанием с помощью сверлильных пневматических машин. После удаления стержней связей гнезда развертывают до полного устранения остатков резьбы.

Короткие связи изготовляют из горячекатаной калиброванной углеродистой стали марок 15К и 20К (ГОСТ 5520—50) без обработки на токарных стенках, если диаметр калиброванной стали удовлетворяет размерам. В торцах связей высверливают отверстия для сигнализации в случае разрыва и повреждения связи.

Установка коротких и длинных связей на сварке изображена на рис. 154. Перед сваркой места наложения швов тщательно зачищают. Звенья гладких жаровых труб изготовляют из одного листа с продольным стыковым швом. Материалом для них служит сталь марок 15К и 20К. Обечайки звеньев жаровых труб гнут на гибочных вальцах. Стыки подгоняют в нагретом состоянии при температуре не ниже 800° С. Компенсационные кольца изготовляют горячей штамповкой. Собирают трубы так, чтобы продольные швы были расположены ниже колосниковой решетки на 45°. Трубы сваривают в полном соответствии с технологическим процессом. По окончании всех работ котел подвергают гидравлическому испытанию.

Смена частей огневых камер — наиболее часто встречающийся вид ремонта котлов. Технологический процесс замены стенок огневых камер состоит из операций: удаления коротких связей и заменяемых частей, подготовки кромок, изготовления шаблонов и стенок, установки стенок на место, сварки их и установки коротких связей. Заменяемые части стенок вырезают газовыми резаками. Форма подготовленных кромок новых стенок для сварки У-образная.

Материалом для стенок служат стали марок 15К и 20К. Изготовленные части стенок доставляют на место, устанавливают на электро-

прихватки и сваривают обратноступенчатым швом, затем подваривают швы с обратной стороны. После этих операций сверлят и развертывают гнезда, а затем устанавливают короткие связи. Подобным же образом сменяют поврежденные потолки и другие части огневых камер.

Завершающий этап ремонта — гидравлическое испытание котла.

Смена и ремонт пароперегревателей состоит из демонтажа, предварительных гидравлических испытаний, изготовления отдельных частей, сборки, установки на место и окончательных гидравлических испытаний совместно с паропроводами.

В состав демонтажных работ входит: отсоединение паропроводов насыщенного и перегретого пара от коллектора, снятие крышек, удаление изоляции и отсоединенных элементов. После тщательной очистки элементы подвергают гидравлическим испытаниям для выявления дефектов.

Основными дефектами пароперегревателей являются: трещины, разрывы труб, выпучины, пережоги труб и др.

При замене труб пароперегревателей необходимо руководствоваться Правилами Регистра, согласно которым наименьшую толщину стенок труб в зависимости от рабочего давления, диаметра трубы и температуры пара определяют по формуле

$$t = \frac{pD_в}{200\,\sigma_ч} + c, \qquad (117)$$

где t — толщина стенки, мм;

p — рабочее давление в трубе, кгс/см²;

$D_в$ — внутренний диаметр труб, мм;

$\sigma_ч$ — допускаемое напряжение кгс/мм², принимают в зависимости от температурных условий рабочей среды;

c — плюсовая поправка; для двух рядов труб, обращенных к огню или ограничивающих ход газов из топки в трубу, $c = 1{,}5$ мм; для прочих труб $c = 0{,}5$ мм.

Материалом для труб пароперегревателей служат стали марок 10 или 20 (ГОСТ 304—50).

Коллекторы изготовляют из стали марок 15М и 15ХМ.

У котлов КВ-5 длина змеевиков достигает 20 м, в связи с этим последние сваривают встык из отдельных труб. Змеевики с коллекторами соединяют вальцовкой или на сварке. Отремонтированные в цехе элементы пароперегревателей подвергают гидравлическим испытаниям на двойное рабочее давление. Пароперегреватели после соединения с паропроводом совместно испытывают на полуторное рабочее давление плюс 3,5 кгс/см².

Отремонтированный котел подвергают паровой пробе, за которой следует установка изоляции и обшивки.

Изоляцию и обшивку периодически сменяют в связи с плановым гидравлическим испытанием, ремонтом коллекторов и корпусов водотрубных, огнетрубных и утилизационных котлов.

Изоляция состоит из двух основных частей: обмазки и обшивки, предохраняющей обмазку от разрушения.

В качестве изоляционных материалов для котлов применяют: асбестит, асботермит, асбозурит, ньювел, совелит. Их выпускают в виде порошка и на месте потребления превращают в тестообразную массу, добавляя соответствующее количество воды. Кроме указанных изоляционных материалов, нередко используют матрацы из асбестовой ткани, совелитовые и вулканитовые плиты.

В качестве обшивки, предохраняющей изоляцию от разрушения, используют: асбестовое полотно, равентух, кровельное железо.

После нанесения обшивки котел окрашивают суриком.

Наружным освидетельствованием котлов после ремонта представитель Регистра завершает процесс подготовки котлов к эксплуатации. Окончательную проверку качества ремонта и сдачу котлов в эксплуатацию осуществляют в процессе швартовных и ходовых испытаний судна.

§ 54. РЕМОНТ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

На судах применяют главным образом рекуперативные (поверхностные) аппараты, у которых одна рабочая среда передает тепло другой рабочей среде через разделяющую их поверхность — стенку. Теплопередающие поверхности обычно состоят из трубок или пластин различной конструкции.

По конфигурации поверхности теплообмена применяют змеевиковые, кожухотрубчатые, пластинчатые и другие аппараты.

В качестве материалов для них применяют металлы и неметаллические материалы.

На судах теплообменные аппараты служат для:

охлаждения забортной водой смазочного масла для двигателей внутреннего сгорания;

подогрева дизельного топлива и смазочного масла до подачи их в сепаратор или фильтр;

подогрева воды для санитарно-бытовых нужд отработавшей водой двигателей.

На судах получили применение трубчатые холодильники для охлаждения масла, работающие по схеме противотока (рис. 155). Охлаждающая вода входит по патрубку *3* и по трубе *4* опускается вниз, затем по латунным трубкам *5* поднимается вверх и выходит из холодильника по патрубку *2*. Горячее масло входит в холодильник через патрубок *1* и омывает снаружи трубки *5*, по которым протекает холодная вода, и охлажденное выходит из холодильника через патрубок *6*.

В процессе эксплуатации подобных холодильников наблюдается выпадение осадка из воды на охлаждающих поверхностях, корродирование патрубков, корпуса и трубных досок, нарушение герметичности в соединениях.

Стремление повысить скорость рабочей среды в теплообменных аппаратах для повышения коэффициента теплоотдачи часто вызывает увеличение эрозии трубок. Для уменьшения эрозионного разрушения трубок при ремонте могут быть полезны некоторые конструктивные изменения (рис. 156). В местах, где наблюдается наиболее сильное

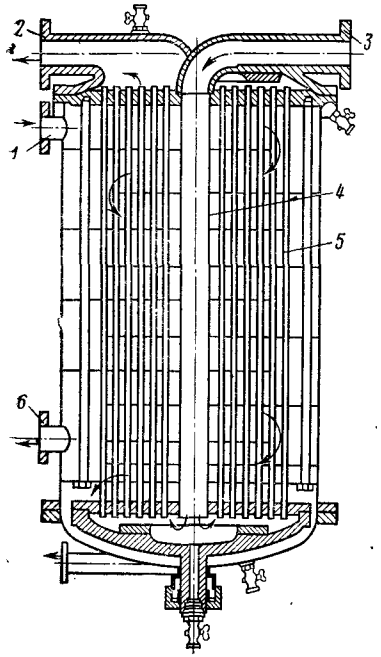


Рис. 155. Трубчатый холодильник для охлаждения масла

влияние эрозии, устанавливают соответствующие гасители энергии потока или преобразователи движения. Так, наиболее уязвимыми местами в теплообменных аппаратах являются входы рабочей среды в трубки и выход ее в междутрубное пространство. Соответственно в первом случае при ремонте и изготовлении концы трубок защищают антиэрозийными вставками, во втором — отражательными щитами.

Технология ремонта теплообменных аппаратов зависит от их конструктивного исполнения.

Если крепление трубок охладителей, подогревателей или конденсаторов к трубным доскам выполнено с помощью сальниковых втулок, все дефектные трубки заменяются новыми. Ремонт выполняют в такой последовательности:

вывинчивают сальниковые втулки и удаляют старую набивку;

вынимают трубки из гнезд трубных решеток;

изготовляют новые трубки;

устанавливают трубки на место;

ставят новую набивку;

завертывают и обжимают сальниковые втулки;

производят гидравлические испытания.

Если крепление трубок в трубных досках выполнено вальцовкой, старые трубки вырезают внутренним труборезом. При этом приспособление вводят внутрь трубки, цилиндрические ножи радиально раздвигают на необходимый размер и при

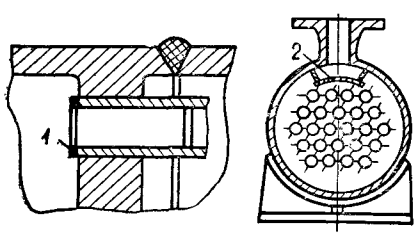


Рис. 156. Защита трубок аппарата от эрозии:

1 — установкой вставок; *2* — применением отражательного щита

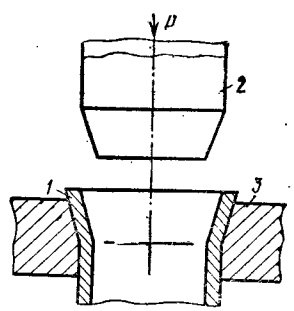


Рис. 157. Схема раздачи конца трубки в трубной решетке:

1 — трубка; *2* — оправка; *3* — трубная решетка

вращении трубореза ножи вырезают концы дефектных трубок. Одну часть трубки удаляют из решетки крейцмейселем, другую — выбивают деревянным молотком. Зачищают гнезда трубных решеток, вставляют новые трубки и закрепляют с помощью вальцовки. После развальцовки выступающие концы трубок разбуртовывают легкими ударами по оправке, вставленной в трубку (рис. 157). При ремонте корпусов теплообменных аппаратов места коррозионных разрушений зачищают, обезжиривают ацетоном и заделывают эпоксидной смолой.

Одним из часто встречающихся повреждений внутренних поверхностей чугунных корпусов теплообменных аппаратов является электрохимическая коррозия, возникающая под действием электрического тока из-за наличия разнородных металлов. Для предупреждения этого явления внутреннюю поверхность корпуса после тщательной очистки покрывают лаком.

Глава XV

РЕМОНТ ГЛАВНЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СУДОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

§ 55. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

К судовым механизмам относятся главные и вспомогательные судовые двигатели внутреннего сгорания (ДВС), компрессоры, насосы центробежные, вихревые, поршневые и шестеренчатые, шпили, брашпили, лебедки гидравлические и механические различных назначений, рулевые машины гидравлические и электрические и другие механизмы.

Работы по ремонту судовых механизмов по трудоемкости делят примерно на две равные части. К первой части относят демонтажно-монтажные и некоторые ремонтные работы, выполняемые на судах, ко второй — все ремонтные работы, проводимые в специализированных и слесарно-сборочных цехах судоремонтных предприятий.

Демонтажные работы. Этот вид работ включает операции по съемке механизмов в неразобранном состоянии с судовых фундаментов. Если судовые механизмы имеют большие габариты и массу, а ремонтные предприятия не располагают кранами соответствующей грузоподъемности, их разбирают на узлы и демонтируют по частям. Например, технологическая последовательность выполнения демонтажных работ по главному двигателю включает: съемку всех ограждений, контрольно-измерительных приборов и арматуры; разборку и снятие трубопроводов, навешенных механизмов, разъединение муфт коленчатых, упорных, промежуточных и гребных валов; выпрессовку фундаментных болтов, стрягивание механизмов с места, остропливание, подъем, выгрузку их из машинного отделения и доставку к месту ремонта.

К м о н т а ж н ы м относят работы по установке механизмов на судовые фундаменты; укладке валопроводов, их центровке, установке

на свои места трубопроводов, приборов и агрегатов, а также монтажу палубных механизмов и по установке механизмов машинного отделения на судовые фундаменты. Содержание монтажных работ не отличается от подобных работ, выполняемых в судостроении (см. гл. VI).

К ремонтным работам, выполняемым на судах, относят замену отдельных деталей главных и вспомогательных двигателей, профилактический осмотр и ремонт палубных механизмов и механизмов машинного отделения и некоторые другие работы по ремонту судовых трубопроводов, систем и устройств, в зависимости от видов ремонта и методов их проведения.

Ремонтные работы, выполняемые в цехах. Механизмы, поступающие в цех на ремонт, группируют по размерам, назначению, сходности технологии ремонта и транспортируют на наружную мойку, после чего они поступают на разборку и ремонт. В процессе разборки детали маркируют, укладывают в специальные контейнеры, направляют на промывку, дефектацию и ремонт.

На некоторых судоремонтных предприятиях есть специализированные цехи или отдельные участки по ремонту главных и вспомогательных механизмов, насосов, компрессоров, арматуры и др. Каждый такой цех или отдельный участок оснащен специальными стендами и приспособлениями, предназначенными для разборки, ремонта и сборки конкретных механизмов, а также для их обкатки и испытания.

Технологическая последовательность ремонтных работ, выполняемых в специализированных цехах, такова: механизмы, поступившие на ремонт, частично разбирают; с них снимают навешенные механизмы, приборы и трубопроводы и направляют на специальные участки, где их моют, разбирают и дефектуют. Одна часть деталей после дефектации поступает на сборочные участки, а другая идет в ремонт или в брак. В процессе ремонта детали подвергаются механической обработке, восстановлению их первоначальных размеров различными способами, снова подвергаются механической обработке, затем поступают на комплектацию. После комплектации деталей по узлам комплекты их поступают сначала на узловую, а затем на общую сборку, после которой механизмы подвергаются обкатке и испытанию.

§ 56. ИЗНОСЫ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ СУДОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

В процессе эксплуатации судовые механизмы и составляющие их узлы и детали изнашиваются. К износам относятся коррозионные и эрозионные разрушения поверхностей деталей, однако основная причина изнашивания деталей механизмов — трение. Различают несколько видов разрушений деталей:

1) усталостное разрушение деталей, которое возникает от действия на них сжимающих, растягивающих и крутящих усилий. На металлах оно проявляется в виде трещин. Усталостные трещины связаны со структурой металла, со следами обработки, усадочными порами, неоднородностью размеров кристаллов металла и др.

Различают следующие периоды усталостного разрушения металла:

первый — инкубационный период, связанный с накоплением искажений кристаллической решетки. В этот период повышаются микротвердость и предел текучести и снижается модуль упругости;

второй — период разрыхления, связанный с зарождением и развитием субмикроскопических трещин до трещин микроскопических размеров. В этот период снижаются микротвердость, механические свойства и модуль упругости;

третий — период развития микротрещин до критического размера. Происходит дальнейшее снижение прочности и пластичности;

четвертый — окончательное разрушение металла, связанное с распространением трещин критического размера;

2) разрушение от микрорезания, возникающее при соответствующей конфигурации контактирующего выступа или при наличии на поверхности трения частичек абразивов;

3) отделение частиц металла с поверхности вследствие повторного деформирования металла, приводящего к пластическому деформированию тонкого поверхностного слоя, перенаклепу и разрушению;

4) глубинное разрушение вырыванием, возникающее при взаимном скольжении поверхностей, сцепившихся в местах контакта. Оно носит характер выдирания или выкалывания материала не по месту спайки, а внутри, под поверхностью;

5) атомарный износ, возникающий при трении двух тел от градиента температуры, напряжений и деформаций, когда атомы из кристаллической решетки одной поверхности могут дифундировать в другую.

Основные факторы, влияющие на износ деталей. В зависимости от наличия смазки и состояния трущихся поверхностей различают несколько видов трения. При работе судовых механизмов наиболее характерно полужидкостное и граничное трение.

Полужидкостным называют трение тел при наличии смазки, не разделяющей полностью трущиеся поверхности. Предполагается, что в процессе полужидкостного трения свойства трущихся тел и промежуточной вязкой среды не изменяются.

Для граничного трения характерен эффект Ребиндера, который состоит в том, что поверхностно-активные молекулы смазки способны не только проникать в зачаточные микротрещины, имеющиеся на поверхности деталей, но и оказывать механическое действие, облегчающее рост этих трещин и разрушение деталей.

Различают три отчетливо выраженных периода в работе машин: начальный, или период приработки трущихся поверхностей, установившийся износ и аварийный износ трущихся деталей.

При изучении износов деталей судовых механизмов решаются важнейшие задачи, имеющие практическое значение для улучшения их технической эксплуатации, ремонта, повышения надежности и долговечности.

В настоящее время износы изучают при помощи радиометрического метода, который заключается в том, что если в материал детали ввести радиоактивный изотоп, то вместе с продуктами износа в масло попадает пропорциональное количество атомов радиоактивного изотопа. Этот

метод обладает большой чувствительностью, и результат, т. е. скорость изнашивания, получают быстро.

Иногда значение местного линейного износа определяют по методу вырезания лунок, который состоит в том, что на испытуемой поверхности вырезают резцом углубление в форме лунки. Зная радиус резца и измерив длину лунки l, вычисляют ее глубину Δh. На основе этого метода разработаны приборы, предназначенные для изучения износа цилиндровых втулок ДВС, поршневых колец, коленчатых валов, деталей топливной аппаратуры и др.

Дефектация деталей. На судоремонтных предприятиях износы и повреждения деталей выявляют при дефектации. Для этого детали делят на группы, например группа деталей остова, поршневая группа, валовая группа и др.

Ниже рассматривается дефектация основных деталей некоторых групп на судоремонтном предприятии.

К деталям остова относятся фундаментные рамы, блоки цилиндров, цилиндровые втулки, крышки и головки блоков.

Фундаментные рамы. К числу основных износов и повреждений фундаментных рам относят износы гнезд рамовых подшипников, а также верхних опорных поверхностей, на которые устанавливают блоки цилиндров, трещины на ребрах и в перегородках рам. Износы гнезд рамовых подшипников нарушают цилиндрическую форму их поверхностей и соосность.

Несоосность гнезд выявляют с помощью контрольного вала, который укладывают в гнезда, после чего щупом замеряют зазоры между шейками вала и поверхностями гнезд. Неплоскостность верхней базовой поверхности выявляют линейкой и щупом. Линейку укладывают в направлении оси вала и поперек нее. Этот же дефект выявляют и при помощи специальных оптических приборов.

Блоки цилиндров. К износам относят коррозионные разрушения посадочных поясов, фиксирующих положение цилиндровых втулок, местные выработки на нижней опорной поверхности в районе отверстий для анкерных связей; коррозионные разрушения поверхностей охлаждения; трещины в верхних частях блока, срыв резьбы в отверстиях для шпилек и др.

Коррозионные разрушения выявляют осмотром. Местные выработки на нижней опорной поверхности выявляют линейкой и щупом. По размеру зазора между линейкой и поверхностью блока определяют отклонение от плоскости.

Цилиндровые втулки. К характерным видам износов и повреждений относят увеличение их диаметра, эллиптичность, конусность, наработки на рабочих поверхностях, коррозионные разрушения посадочных поясов и трещины. Увеличение диаметра и искажение геометрической формы рабочего отверстия выявляют при замерах микрометрическим штихмасом.

Крышки цилиндров и головки блоков. К числу их износов и повреждений относят: коррозионные разрушения, сбгорание поверхностей со стороны камеры сгорания и трещины, которые

выявляют осмотром поверхностей и гидравлическим испытанием со стороны камеры сгорания, охлаждающих и пусковых полостей.

К деталям поршневой группы относятся: поршни, поршневые кольца, пальцы и шатуны.

Поршни. Износы поршней приводят к уменьшению их диаметра, искажению геометрической формы наружных поверхностей, увеличению диаметра отверстий в бобышках, увеличению высоты канавок для поршневых колец и изменению их первоначальной формы. Износы выявляют замерами с помощью микрометрических скоб, штихмасов и осмотром изношенных поверхностей

Износ поршневых колец определяют по зазору в замках и в поршневых канавках. Закономерность и размеры износов поршневых колец и канавок в поршнях зависят от совместного воздействия на них давления и температуры газов.

Износ поршневых пальцев характеризуется искажением их геометрической формы и уменьшением диаметра.

Шатуны. К числу основных износов и повреждений шатунов относят: износ отверстий под головную втулку, под вкладыши мотылевого подшипника и отверстий под втулку пальца прицепного шатуна (если он имеется), скручивание и изгиб стержня шатуна.

Износ отверстий под втулку и вкладыши выявляют осмотром и замерами. Скручивание и изгиб шатунов выявляют на специальных стендах.

Стяжные болты шатунов заменяют через определенное число часов работы в соответствии с техническими условиями на ремонт механизмов.

К деталям валовой группы относятся: коленчатые валы, рамовые и мотылевые подшипники.

К числу основных износов коленчатых валов относят: нарушение соосности рамовых шеек, эллиптичность и конусность рамовых и мотылевых шеек, уменьшение диаметра шеек и непараллельность осей мотылевых относительно осей рамовых шеек.

Несоосность и биение рамовых шеек выявляют на станках либо на специальных призмах путем проворачивания вала. Замеры производят индикаторами. За исходное положение при замерах всех рамовых шеек принимают положение первого мотыля в в.м.т.

Непараллельность осей мотылевых относительно рамовых шеек определяют индикатором. Мотылевую шейку устанавливают в н.м.т. Приспособление с индикатором, установленное на рамовую шейку, перемещается вдоль оси вала так, чтобы стержень индикатора скользил по образующей мотылевой шейки.

Подшипники. Основные износы вкладышей подшипников: утонение, отслаивание и выкрашивание антифрикционного слоя выявляют замерами и осмотром. Утонение определяют высверливанием отверстий на рабочей поверхности вкладыша и замером толщины антифрикционного слоя глубиномером. Отслаивание и выкрашивание антифрикционноного слоя выявляют осмотром и при помощи специальных приборов.

Дефектацию остальных узлов и деталей механизмов выполняют примерно так же, как указано выше, и в соответствии с действующими

техническими условиями на ремонт данного механизма, которые содержат все необходимые сведения о допустимых значениях износов, предельных размерах и порядке проведения осмотров, замеров и испытаний.

§ 57. ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ ИЗНОСОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ СУДОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

К технологическим мероприятиям, уменьшающим износы и повреждения деталей судовых механизмов, относят: повышение чистоты рабочих поверхностей деталей при механической обработке; применение износо-и коррозионностойких и легированных чугунов, антифрикционных сплавов и других современных материалов; применение поверхностной закалки, термических и химико-термических способов обработки деталей, пластического деформирования поверхностного слоя рабочих поверхностей деталей и др.

Повышение чистоты рабочих поверхностей деталей при механической обработке обеспечивают применением тонких методов обработки, таких, как тонкое точение, строгание, фрезерование и шлифование.

Применение износо- и коррозионностойких и легированных чугунов при изготовлении цилиндровых втулок и поршней позволяет резко снизить износы этих деталей. Отливка поршневых колец из чугуна, легированного вольфрамом, и после их механической обработки нанесение на рабочие поверхности слоя пористого хрома увеличивают сроки службы этих деталей в 2—3 раза. Применение современных антифрикционных сплавов для вкладышей подшипников трения также снижает износы деталей и увеличивает сроки их службы.

Применение поверхностной закалки с нагревом токами высокой частоты и газовым пламенем резко снижает износы деталей. Поверхностной закалке подлежат детали, изготовленные из сталей с содержанием углерода свыше 0,35%.

Сущность этого метода основана на использовании явлений электромагнитной индукции. В деталях, помещенных в электромагнитном поле, индуктируются вихревые токи, которые вызывают нагревание поверхностного слоя. После охлаждения этого слоя деталь приобретает высокую поверхностную твердость, новую структуру, в то же время сердцевина детали сохраняет исходное незакаленное состояние. Толщину закаленного слоя выбирают от 0,5 до 5 мм, и зависит она от глубины проникновения тока, которую определяют по формуле

$$t = 5030 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f_т}}, \qquad (118)$$

где ρ — удельное электрическое сопротивление, Ом/см²;
μ — магнитная проницаемость, Г/м;
$f_т$ — частота тока, Гц.

Закалке с нагревом ТВЧ подвергают шейки коленчатых валов; поршневые пальцы; шейки распределительных валов; шестерни; кулачковые валы и др. После закалки производят отпуск при температуре 250—350° С.

Термические и химико-термические способы обработки деталей. Термическая обработка — один из основных способов уменьшения износов деталей судовых механизмов при их изготовлении и ремонте.

Для повышения общей прочности и износостойкости деталей применяют операции объемной термической обработки (закалка, отпуск и нормализация). Такими способами обрабатывают клапаны, пружины, мотылевые болты шатунов и многие другие детали.

Для обработки деталей широко применяют химико-термические способы обработки, такие, как цементация, азотирование, нитроцементация, сульфоцианирование и др.

Способы накатывания и раскатывания поверхностей. Исследования и опыт эксплуатации судовых механизмов показывают, что от качества обработки рабочих поверхностей деталей зависит их износостойкость, усталостная прочность, коррозионная стойкость и повышенная работоспособность. Подробно изучено влияние геометрических параметров: макрогеометрии, волнистости, шероховатости и направления штрихов на изнашивание деталей механизмов.

Для ответственных деталей разработаны нормы предельно допустимых значений конусности, эллиптичности, бочкообразности и других отклонений от правильной геометрической формы.

Шероховатость поверхностей трущейся пары, при которой наблюдается наименьший износ, называют оптимальной.

Для каждой трущейся пары независимо от исходной технологической шероховатости после приработки устанавливают оптимальную эксплуатационную шероховатость. Поэтому для наименьшего износа в процессе приработки при механической обработке и последующем обкатывании или раскатывании рабочих поверхностей необходимо стремиться к максимальному приближению технологической шероховатости к эксплуатационной.

Наиболее распространен способ обкатки поверхностей роликами и шариками (рис. 158). В этом случае в поверхностном слое появляются остаточные напряжения сжатия, которые увеличивают твердость и повышают чистоту поверхности на 2—3 класса. Обкатывание и раскатывание цилиндрических поверхностей выполняют обычно на токарных, револьверных, а также специализированных станках и приспособлениях.

Усилие обкатывания зависит от механических свойств обрабатываемого металла, состояния обкатываемой поверхности, формы и размеров детали, ролика или шарика. Усилие обкатывания (в кгс) при обработке наружных и внутренних поверхностей роликами или шариками определяют по формулам:

при наружном обкатывании детали роликом (рис. 158, *а*)

$$P = \frac{D_н b q^2}{0{,}126 E \left(\frac{D_н}{d} + 1\right)}; \qquad (119)$$

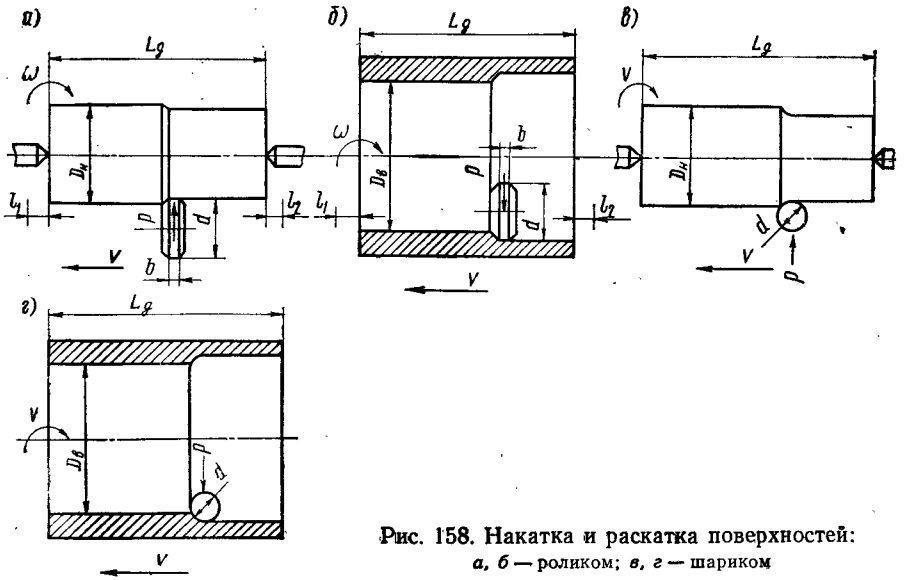


Рис. 158. Накатка и раскатка поверхностей:
а, б — роликом; *в, г* — шариком

при раскатывании поверхности отверстия детали роликом (рис. 158, *б*)

$$P = \frac{D_в\, bq^2}{0{,}18\,E\left(\frac{D_в}{d} - 1\right)}; \qquad (120)$$

при наружном обкатывании детали шариком (рис. 158, *в*)

$$P = \left(\frac{dq}{0{,}045\,E}\right)^2 q; \qquad (121)$$

при раскатывании поверхности отверстия детали шариком (рис. 158, *г*)

$$P = \left[\frac{D_в q}{0{,}54\,E\left(\frac{D_в}{d} - 1\right)}\right]^2 q, \qquad (122)$$

где q — максимальное давление обкатывания, кгс/мм², принимается равным $(1{,}8 \div 2{,}1)\sigma$, где σ — предел текучести обрабатываемого материала;
$D_в$ — диаметр обрабатываемой детали, мм;
d — диаметр ролика или шарика, мм;
b — ширина контактного пояска ролика;
E — модуль упругости обрабатываемого материала, кгс/мм². Обычно усилие обкатывания при обработке отверстий ротационными дорнами и многороликовыми раскатками не определяют. В таких случаях учитывают натяг, который определяют как разность между диаметрами раскатки и подготовленного к раскатке отверстия. При раскатке бронзовых и стальных деталей натяг принимают на каждые 100 мм диаметра отверстия 0,01—0,02 мм.

Дробеметная обработка поверхностей Этим способом обрабатывают пружины, шестерни, шатуны, шейки валов и др.

Сущность процесса заключается в том, что на окончательно обработанную поверхность с большой скоростью направляют струю стальной дроби, вызывая в поверхностном слое металла пластическую деформацию на глубину 0,10—0,30 мм. Дробеметная обработка повышает предел усталости на 50—100%, а долговечность деталей увеличивает в несколько раз.

Для стальных деталей применяют стальную дробь диаметром от 0,5 до 2,5 мм. Глубину наклепа (в мм) стальной дробью, время обработки t дробью поверхности и расход дроби Q определяют по формулам:

$$h_{накл} = k_i \frac{dv \sin\alpha}{\sqrt{H_{дин}}}; \qquad (123)$$

$$t = k_1 \frac{dl\sqrt{H_{дин}}}{vq \sin^2\alpha}; \qquad (124)$$

$$Q = k_2 \frac{dl\sqrt{H_{дин}}}{v \sin^2\alpha}, \qquad (125)$$

где k_i — коэффициент пропорциональности, зависящий от типа установки и принимаемый в пределах 1,1—1,2;
d — диаметр дробинок, мм;
α — угол атаки (угол встречи дроби с обрабатываемой поверхностью), град;
$H_{дин}$ — динамическая твердость обрабатываемого металла;
k_1 и k_2 — коэффициенты пропорциональности, определяемые условиями обработки, принимаемые соответственно 0,9 и 1,1;
l — расстояние от места вылета дроби до обрабатываемой поверхности;
q — пропускная способность дробемета.

§ 58. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ДО НОМИНАЛЬНЫХ И РЕМОНТНЫХ РАЗМЕРОВ

В результате износа детали изменяют геометрическую форму и номинальные размеры, нарушается характер посадки сопряжений. В связи с этим возникает необходимость восстановления изношенных деталей и первоначального качества сопряжений в соответствии с техническими условиями. Это обеспечивают следующими способами: электродуговой и газовой наплавкой металла на изношенные поверхности; гальваническими покрытиями, металлизацией напылением, применением полимерных материалов и антифрикционных сплавов, пластическим деформированием и механической обработкой деталей.

Восстановление деталей наплавкой. Этот способ восстановления и увеличения износостойкости деталей машин является одним из самых распространенных на судоремонтных предприятиях.

Наплавкой восстанавливается до 70% всех изношенных деталей механизмов.

Восстановление деталей хромированием. Гальваническое хромирование широко распространено на судоремонтных предприятиях. Оно обеспечивает восстановление размеров деталей, повышение их износостойкости и коррозионной стойкости.

Хромированные детали в зависимости от назначения могут иметь твердое, гладкое и пористое покрытия. Последнее наиболее часто применяют в судовом машиностроении и ремонте.

Твердое и гладкое покрытия отличаются повышенной твердостью, при ремонте эти виды применяют для восстановления посадок и сопряжений деталей, где не требуется постоянная масляная пленка. Для получения таких покрытий применяют ванны с низкой концентрацией хромового ангидрида.

Пористое хромирование можно получить механическим, химическим и электрохимическим способами.

При механическом способе перед хромированием на поверхности детали наносят углубления в виде каналов или пор, которые сохраняются после осаждения хрома. При таком способе отпадает необходимость в анодной обработке покрытия хрома.

При химическом способе пористость получают травлением слоя хрома в соляной кислоте.

Электрохимический пористый хром получается за счет анодной обработки хромированной поверхности, полученной при повышенных плотностях тока и пониженных температурах ванны, при которых образуется сетка трещин в слое хрома, проявляющаяся при травлении.

Основными характеристиками пористохромовых покрытий являются твердость, износостойкость, пористость и маслоемкость. Такие качества весьма ценны для деталей, работающих в условиях граничного трения, например поршневых колец и втулок цилиндров ДВС или компрессоров. Применение хромированных поршневых колец уменьшает их износ в 3—5 раз, одновременно снижается износ нехромированных цилиндровых втулок на 20—30%. Наилучшие результаты дают покрытия, имеющие пористость 30—40% поверхности. Твердость хромовых покрытий достигает 850÷1200 единиц по Виккерсу.

К недостаткам хромовых покрытий относят: снижение усталостной прочности деталей, покрытых хромом, на 15—25% из-за того, что в покрытиях возникают значительные напряжения растяжения.

Технологический процесс хромирования деталей состоит из следующих операций:

механическая обработка детали для придания ей правильной геометрической формы и чистоты, затем промывка в бензине;

изоляция поверхностей, не подлежащих хромированию;

сборка деталей на подвесках ванны;

электролитическое обезжиривание и промывание в горячей воде;

декапирование (удаление окислов с поверхности) и промывание в холодной воде;

хромирование деталей до требуемого размера с учетом припуска на шлифование и притирку;

анодная обработка с целью получения пористости поверхности;

промывание в горячей воде, просушивание деталей, контроль качества покрытия;

шлифование и доводка деталей до заданных размеров.

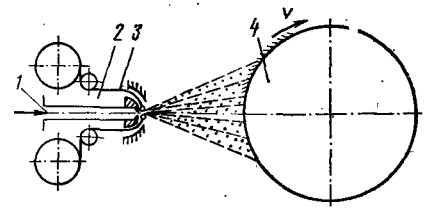


Рис. 159. Металлизация напыливанием:
1 — воздух; *2* — металлизатор; *3* — проволока; *4* — деталь

Восстановление деталей осталиванием. Осталиванием называют процесс электролитического осаждения железа на поверхность восстанавливаемой детали. Этот процесс отличается от хромирования применением растворимых анодов, более дешевых и малотоксичных электролитов. Скорость протекания процесса при осталивании выше. Так, например, выход железа по току достигает 80—90% вместо 12—15% при хромировании. В качестве электролитов применяют растворы хлористого железа. Толщина осаждаемого слоя железа обычно 2—3 мм. Твердость покрытия регулируется и зависит от плотности тока.

Технологический процесс осталивания состоит из следующих операций: очистки деталей, механической обработки поверхностей, сборки деталей на подвески ванны, изоляции мест, не подлежащих осталиванию, анодной обработки, промывки в горячей воде, осталивания, промывки в горячей воде, механической обработки и контроля качества.

Если от осталенных деталей требуется высокая твердость, то их упрочняют: цементируют с последующей закалкой, хромируют, сульфоцианируют и пр.

Восстанавление деталей металлизацией напыливанием Металлизацией напыливанием называют процесс нанесения расплавленного металла струей сжатого воздуха или инертных газов на поверхность детали. Для этих целей применяют специальные аппараты — металлизаторы, в которые подают проволоку для расплавления ее электрической дугой, токами высокой частоты или ацетилено-кислородным пламенем. Расплавленный металл распыливается сжатым воздухом и наносится на поверхность детали.

На рис. 159 приведена схема процесса металлизации напыливанием. Этот способ позволяет создавать качественные покрытия из различных металлов, включая многослойные покрытия на деталях судовых механизмов из разных металлов (сталь, чугун, бронза, алюминий и др.), любой конфигурации и размеров. Технологический процесс восстановления изношенных деталей металлизацией напыливанием состоит из операций: подготовки деталей к металлизации, нанесения покрытий, механической обработки и контроля качества покрытия.

Этот способ применяют для восстановления шеек гребных и промежуточных валов, посадочных мест под шарико- и роликоподшипники и других деталей.

Процесс осуществляют на токарном станке, оборудованном камерой с вытяжной вентиляцией. Материалом для нанесения покрытий является проволока из хромоникелевой стали марки ОХ18Н9, 1Х18Н9Т или обычная стальная проволока с содержанием углерода 0,8—1,2%.

Металлизационные покрытия имеют высокую износоустойчивость, наносимый слой может иметь любую толщину, несложность оборудования и низкая себестоимость работ позволяют широко применять эту технологию.

К недостаткам ее относят: низкую прочность сцепления покрытия с основным металлом детали и невысокие механические свойства металлизационного слоя, но достаточные для нормальной работы детали.

В связи с этим особое внимание уделяют подготовке поверхностей под металлизацию, которая состоит из нарезки резьбы на поверхности или насечки этой поверхности, после чего производят пескоструйную обработку резьбы или насеченной поверхности.

Толщину слоя покрытия (в мм) при восстановлении изношенной детали определяют по формуле

$$t = t_1 + t_2 + t_3, \qquad (126)$$

где t_1 — минимальная толщина слоя металлизации после механической обработки детали, мм;
t_2 — припуск на механическую обработку на сторону, мм;
t_3 — припуск на шлифование на сторону, мм.

Подачу аппарата в осевом направлении (в мм/об) при металлизации деталей на токарном станке определяют по формуле

$$v_a = 1{,}25\frac{qk}{v_q h_1}, \qquad (127)$$

где q_a — производительность аппарата, г/мин;
k — коэффициент использования металла;
v_q — окружная скорость детали, см/мин;
h_1 — толщина слоя покрытия за один проход, см.

Расход стальной проволоки (в г) при металлизации цилиндрических поверхностей определяют по формуле

$$q = \frac{\pi dlh\gamma}{1000k}, \qquad (128)$$

где d — диаметр восстанавливаемой поверхности, см;
l — длина восстанавливаемой части детали, см;
h — толщина слоя покрытия с учетом припуска на обработку, см;
γ — плотность проволоки, г/см^3;
k — коэффициент использования металла.

Ремонт деталей способом пластической деформации. Восстановление деталей этим способом основано на использовании пластических свойств материала и производится как в холодном, так и в горячем состоянии деталей.

При обработке деталей в холодном состоянии прикладывают значительные усилия. В металле происходит сдвиг атомов или их групп,

при этом в результате наклепа изменяются физико-механические свойства, повышается твердость, снижается вязкость, увеличивается предел текучести.

При восстановлении деталей горячим способом их нагревают до соответствующих температур в зависимости от марки стали. При нагреве деталей изменяются структура и механические свойства материала. Пластическую деформацию деталей осуществляют раздачей, осадкой и обжатием их.

При раздаче деталей типа втулок увеличивается наружный диаметр.

Обжатие деталей применяют для восстановления внутреннего размера деталей типа втулок из цветных сплавов: бронзы, латуни и сплавов алюминия.

Наружный диаметр деталей после обжатия восстанавливают до первоначального размера металлизацией распыливанием, электролитическим осталиванием, наплавкой.

Восстановление деталей склеиванием. Склеивание различных деталей объясняется механическим сцеплением, адсорбционным, химическим и электрическим взаимодействием молекулярных сил. При ремонте применяют карбонильный клей на основе смолы БФ и эпоксидный. Технологический процесс склеивания состоит из операций: очистки склеиваемых поверхностей, обезжиривания их ацетоном, подготовки клея, нанесения его на склеиваемые поверхности, соединения поверхностей и сушки клея при температуре 20° С.

Компоненты, входящие в состав эпоксидных компаундов, могут вызвать раздражение кожного покрова и слизистых оболочек, поэтому при работе необходимо соблюдать правила техники безопасности.

Особенности технологического процесса ремонта главных и вспомогательных судовых механизмов. Судовые механизмы ремонтируют разными способами: восстановление геометрической формы их деталей — механической обработкой; нанесением на их поверхности слоя металла и заменой изношенных деталей новыми.

В зависимости от условий, в которых выполняют ремонт механизмов, выбирают наиболее целесообразный способ, обеспечивающий высокое качество ремонта и наименьшую его себестоимость.

Последовательность выполнения операций при ремонте устанавливают с учетом их особенностей. Например, правильное взаимное расположение рабочих поверхностей некоторых деталей восстанавливают правкой, а после правки базовые поверхности деталей подвергают механической обработке. Для протачивания или растачивания детали устанавливают и закрепляют по наиболее точным неизношенным поверхностям.

Выбор и создание установочных баз при ремонте деталей являются более сложной задачей, чем при их изготовлении. В большинстве случаев ремонтируемые детали имеют неправильную геометрическую форму и деформации. У многих деталей отсутствуют первоначальные установочные базы.

После восстановления или исправления базовых поверхностей ремонтируют все остальные изношенные поверхности деталей.

§ 59. СБОРКА СУДОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

Судовые механизмы собирают либо на специальных сборочных стендах (в условиях специализированных цехов), либо на судовых фундаментах, когда ремонт механизмов выполняют на судах. Однако в обоих случаях сборку отдельных узлов механизмов производят почти всегда в цехе. Сборку узлов на судне выполняют только в отдельных случаях, например, когда судно находится в рейсе и возникла необходимость замены отдельных деталей.

Измерения, выполняемые при сборке. К основным видам проверок, осуществляемых при сборке узлов, относят: контроль зазоров, проверку на радиальное, осевое и торцевое биения; контроль параллельности и перпендикулярности осей или поверхностей; контроль соосности, прямолинейности и плоскостности и проверку положения детали в узле.

Для обеспечения требуемой точности измерений необходимо, чтобы контролируемые детали или узел находились в удобном для рабочего положении и базировались на жестких опорах. Сборочные участки оборудуют плитами, подставками для измерительного инструмента и средствами для закрепления проверяемых деталей и узлов.

Приспособления, применяемые при сборке. Сборочные приспособления делят на универсальные и специальные. Универсальные приспособления применяют при сборке механизмов в слесарно-сборочных цехах. Специальные приспособления применяются в специализированных цехах по ремонту ДВС и других судовых механизмов.

Все приспособления делят на группы: приспособления-зажимы, предназначенные для закрепления собираемых деталей в требуемом положении; установочные, предназначенные для правильной установки соединяемых деталей и узлов относительно друг друга; рабочие, используемые при выполнении отдельных операций технологического процесса сборки, например, для запрессовки деталей; контрольные, предназначенные для контроля размеров в процессе сборки, и др.

Подготовка деталей к сборке. Под подготовкой деталей к сборке понимают их пригонку по сопрягаемым поверхностям для достижения необходимой точности сопряжений. Если точность сборки обеспечивают пригонкой, детали — звенья размерной цепи изготовляют по увеличенным допускам. Допуск замыкающего звена цепи

$$\Delta\delta' = \sum_{i=1}^{m-1} \delta_i$$

в этом случае будет больше заданного $\Delta\delta$, следовательно,

$$\Delta\delta = \Delta\delta' - \delta_k,$$

где δ_k — размер компенсации, т. е. погрешность, которая должна быть устранена пригонкой.

В результате пригоночных работ компенсирующая деталь оказывается выполненной по месту, что почти всегда бывает в ремонтном производстве.

Пригонку осуществляют опиливанием, зачисткой, притиркой, полированием и шабрением. В процессе сборки выполняют сверление, развертывание, торцевание и шарошение отверстий.

Моечные работы. В судовом машиноремонте применяют разные способы мойки деталей: химический, электрохимический и ультразвуковой. При химической мойке контейнеры с деталями погружают в ванну, выдерживают там некоторое время, выгружают, промывают в проточной воде и просушивают. При электрохимической мойке происходит механическое и химическое воздействие потоков жидкости на деталь, а также катодная поляризация, что интенсифицирует процесс мойки. Ультразвуковой процесс мойки состоит в том, что в жидкости возбуждаются ультразвуковые колебания, в результате образуются кавитационные пузырьки, механически воздействующие на загрязненную поверхность.

Узловая сборка. В процессе узловой сборки выполняют операции по сборке резьбовых, прессовых и конических соединений, узлов с подшипниками трения и качения и других соединений.

Сборка резьбовых соединений. На прочность резьбовых соединений большую роль оказывает момент затяжки

$$M_{зат} = P_{кл} l_{кл}, \qquad (129)$$

где $P_{кл}$ — усилие, прикладываемое к ключу в момент затяжки;
$l_{кл}$ — длина рукоятки ключа.

Если принять коэффициент трения в резьбе и на торце гайки равным 0,20—0,25, а $d_{ср} \approx d$, где $d_{ср}$ и d — средний и наружный диаметр резьбы, то

$$M_{зат} = P_{кл} l_{кл} = (0{,}20 \div 0{,}25)\, dP_{зат}.$$

Из этого выражения определяется обычно $P_{кл}$.

Необходимо учитывать, что момент, создаваемый на ключе при затяжке, должен быть не больше $M_{зат.макс} = 0{,}1d^3\sigma_в$, где $\sigma_в$ — предел прочности материала болта или шпильки.

Ответственные резьбовые соединения собирают с помощью динамометрических ключей, с регулируемым моментом затяжки. Момент затяжки находят по расчету.

Сборка конических соединений. Эту операцию начинают с подбора охватывающей детали по конусу вала. Проверку производят на краску и на качку. Прочность соединения обеспечивают натягом δ, создаваемым при запрессовке. Если размеры сопрягаемых деталей выполнены правильно, то качество соединения контролируют измерением осевого перемещения ступицы по конусу вала h. Зависимость δ в коническом соединении от h выражается в таком виде:

$$h = \frac{\delta}{2 \operatorname{tg} \alpha}, \qquad (130)$$

где δ — диаметральный натяг;
α — угол уклона конуса.

Прессовые соединения. К ним относят поперечно-прессовые и продольно-прессовые соединения. Перед сборкой в этих соединениях либо нагревают охватывающую деталь, либо охлаждают охватываемую. При продольно-прессовом соединении охватываемую деталь запрессовывают в отверстие охватывающей, при этом возникают силы трения, обеспечивающие соединение деталей.

Сборку с нагревом охватывающей детали осуществляют в тех случаях, когда в соединении предусмотрены значительные натяги.

При посадках с нагревом обеспечиваются натяги в 2 раза больше тех, которые возникают при запрессовке детали.

Температуру, до которой нагревают охватывающую деталь, определяют из условия

$$\Delta = d - d_1 < k_\alpha t_н d_1,$$

откуда

$$t_н > \frac{d - d_1}{k_\alpha d_1},$$

где Δ — натяг соединения, принимаемый равным $0{,}015 + 0{,}001 d_1$;
d — диаметр вала;
d_1 — диаметр отверстия в ступице;
k_α — коэффициент линейного расширения материала детали.

Подсчитанную температуру нагрева детали $t_н$ увеличивают на 50—60%.

Если охлаждают охватываемую деталь, температуру охлаждения определяют из условия

$$t_0 \leqslant \frac{\Delta + \delta}{k_\alpha d},$$

где δ — зазор, позволяющий легко ввести охватываемую деталь в отверстие.

Нагрев деталей осуществляют в печах или специальных нагревательных приспособлениях, а охлаждение — в термостатах, наполненных твердой углекислотой или жидким азотом. Твердая углекислота позволяет охлаждать до $t_0 = -70°$ С, а жидкий азот до $t_0 = -190°$ С.

Процесс сборки продольно-прессовых соединений состоит в том, что к одной из двух деталей, охватываемой или охватывающей, прикладывается осевая сила, надвигающая детали друг на друга.

Теоретический натяг Δ при прессовой посадке определяют по размерам диаметра вала $d_в$ и втулки d_0:

$$\Delta = d_в - d_0.$$

Этот натяг зависит от чистоты сопрягаемых поверхностей. При шероховатых поверхностях натяг уменьшается. Для определения действительного натяга, с учетом чистоты сопрягаемых поверхностей, необходимо знать максимальную высоту их неровностей. Обозначив

максимальную высоту неровностей сопрягаемых поверхностей через h_1 и h_2, а среднюю высоту неровностей через k_1 и k_2, действительный натяг δ после запрессовки, с учетом влияния неровностей, определяют по формуле

$$\delta = \Delta d - 2(h_1 + h_2) + (k_1 + k_2). \quad (131)$$

Принимая $k_1 = k_2 = k = 0{,}5\ h_1 = 0{,}5 h_2$, действительный натяг будет равен

$$\delta = \Delta d - (h_1 + h_2).$$

Усилие запрессовки (в кгс), необходимое для соединения двух деталей, находят из условия

$$P = f_{зат} \pi d l \sigma_{сж}, \quad (132)$$

где $f_{зат} = 0{,}22$ — коэффициент трения (с повышением чистоты обработки поверхностей уменьшается);
d — диаметр охватываемой детали по поверхности сопряжения;
l — длина запрессовки;
$\sigma_{сж}$ — напряжение сжатия на контактной поверхности, определяемое по формуле

$$\sigma_{сж} = \frac{\delta}{d} \frac{10^{-3}}{\left(\frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2}\right)}, \quad (133)$$

где $\delta = \Delta d - (h_1 + h_2)$ — расчетный натяг, мкм;
h_1 и h_2 — высота гребешков; приводится в таблицах справочников и зависит от чистоты обработанных поверхностей;
c_1 и c_2 — коэффициенты, определяемые по формулам:

$$c_1 = \frac{d^2 + d_0^2}{d^2 - d_0^2} - \mu; \quad (134)$$

$$c_2 = \frac{D^2 + d^2}{D_н^2 - d^2} + \mu, \quad (135)$$

где d — диаметр вала;
D — наружный диаметр охватывающей детали;
d_0 — наружный диаметр охватываемой детали;
E_1 и E_2 — модули упругости материала вала и втулки;
$\mu = 0{,}25$ — коэффициент Пуансона.

Гидропрессовые соединения. Для соединения двух цилиндрических концов валов надевают втулку, имеющую внутреннюю цилиндрическую, а наружную коническую поверхности. Втулку длиной l свободно надевают на концы валов, по наружной конусной поверхности которой надвигают соединительную — основную втулку с такой же конусностью отверстия.

Через специальные отверстия нагнетают масло, проникающее через кольцевые выточки наружной втулки в зазор между сопрягаемыми поверхностями. От давления масла наружная втулка раздается и под действием осевого домкрата надвигается на конус внутренней втулки на величину h, определяемую расчетом. После этого давление снимают и наружная втулка плотно обжимает внутреннюю, а последняя — соединяемые концы валов.

Размеры втулок, давление, необходимое для напрессовки и раздачи втулок, определяют расчетом. Конусные концы валов соединяют без дополнительной втулки.

Общая сборка судовых механизмов. Технологический процесс общей сборки осуществляют по операциям с указанием инструмента и приспособлений, используемых для ее выполнения.

В качестве примера рассматривается общая сборка судового дизеля, ремонтируемого в специализированном цехе. На специальный сборочный стенд устанавливают фундаментную раму ДВС. Правильность установки рамы на стенде проверяют щупом и ватерпасом. Щупом замеряют зазоры между привальными поверхностями стенда и рамы. Ватерпасом выверяют горизонтальность установки рамы на стенде.

По гнездам вкладышей рамы подбирают и пригоняют вкладыши рамовых подшипников. Правильность их пригонки выверяют с помощью вала-калибра.

На пригнанные по гнездам вкладыши рамовых подшипников укладывают коленчатый вал. Затем выверяют масляные зазоры в каждом подшипнике, накладывают их крышки и подшипники обжимают.

На фундаментную раму устанавливают блок цилиндров, заводят и обжимают анкерные связи и в каждый цилиндр заводят поршни с шатунами, но без поршневых колец. Собирают мотылевые подшипники, коленчатый вал проворачивают и определяют перекосы между поршнями и цилиндровыми втулками. После устранения или уменьшения до норм перекосов поршни поднимают, ставят на место поршневые кольца каждого поршня, поршни с шатунами заводят в цилиндры и устанавливают на место крышки цилиндров.

Укладывают на место газораспределительный вал, собирают механизм газораспределения, механизмы пуска и реверса и проверяют топливоподачу по каждому цилиндру.

После этого собранный ДВС поступает на обкатку и испытание. Легкие ДВС подвергаются холодной обкатке, а тяжелые — горячей. В процессе обкатки прирабатываются все трущиеся поверхности. Обкатку начинают с малых оборотов коленчатого вала и постепенно доводят до рабочих.

Испытывают на стендах, оснащенных тормозными устройствами. В процессе испытаний определяют мощность по цилиндрам, расход топлива, температуру выхлопных газов, охлаждающей воды, качество распыла топлива и другие паспортные данные.

В процессе испытания, при остановках, устраняют все замеченные неисправности и производят окончательную регулировку топливоподачи.

Глава XVI

РЕМОНТ ВАЛОПРОВОДОВ, ДВИЖИТЕЛЕЙ И НАСАДОК

§ 60. ИЗНОСЫ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ВАЛОПРОВОДА

В процессе эксплуатации судна валопровод и отдельные его элементы изнашиваются и повреждаются.

Износы и повреждения возникают как от основных, так и от дополнительных нагрузок, действующих на валопровод, а также от таких факторов, способствующих износу, как коррозия, эрозия, упругие и пластические деформации и др.

К основным нагрузкам, воспринимаемым валопроводом, относят реакции от крутящего момента двигателя, упор гребного винта и веса отдельных элементов валопровода. К дополнительным относят нагрузки, возникающие от местного искривления осевой линии валопровода, случайных ударов о гребной винт и др.

Если основные нагрузки являются неизбежными для нормальной работы судового валопровода (их значения и направление рассматриваются в других курсах), то дополнительные являются случайными и нежелательными, не зависимыми от нормальной работы валопровода и их стремятся уменьшать конструктивными, технологическими и эксплуатационными мероприятиями.

Искривление осевой линии валопровода возникает от многих причин, однако основными из них являются общая и местная деформации корпуса судна, износы трущихся поверхностей деталей судового валопровода и др.

Совместная работа корпуса и валопровода при общей деформации корпуса судна изучены акад. Ю. А. Шиманским. При общей продольной деформации корпуса судна в материале элементов валопровода возникают нормальные знакопеременные напряжения, размеры которых определяют исходя из следующих соображений.

Если допустить, что материал корпуса судна под воздействием нагрузки испытывает напряжения в пределах пропорциональности

$$\sigma = \frac{E}{\varepsilon}, \tag{136}$$

где E — модуль продольной упругости, кгс/см^2;
ε — относительная деформация (величина безразмерная),

то дифференциальное уравнение изгиба корпуса судна будет иметь вид

$$EI_x \frac{d^2y}{dx^2} = -M_x, \tag{137}$$

где I_x — момент инерции рассматриваемого поперечного сечения, см^4;
$\frac{d^2y}{dx^2}$ — вторая производная прогиба корпуса судна;
M_x — изгибающий момент, действующий в поперечном сечении корпуса судна.

Из формулы (137) следует, что

$$\frac{d^2y}{dx^2} = y'' = \frac{M_x}{EI_x}. \quad (138)$$

Следовательно, наибольшие напряжения от действия на корпус судна изгибающего момента σ будут

$$\sigma = \frac{M_x}{I_x} a_x \text{ или } \frac{M_x}{I_x} = \frac{\sigma}{a_x}, \quad (139)$$

где a_x — расстояние от нейтральной оси поперечного сечения корпуса судна до наиболее удаленного волокна.

Подставив значение $\frac{M_x}{I_x}$ в формулу (138), получим

$$y'' = -\frac{1}{E}\frac{\sigma}{a_x}. \quad (140)$$

Предполагается, что a_x по длине корпуса судна есть величина постоянная, т. е.

$$a_x = a = \text{const}.$$

Тогда

$$y'' = -\frac{1}{E}\frac{\sigma}{a}. \quad (141)$$

Рассуждая аналогично, можно получить и дифференциальное уравнение упругой линии изгиба судового валопровода, которое будет иметь вид

$$y''_в = -\frac{M_в}{EI}, \quad (142)$$

где $M_в$ — изгибающий момент, действующий в поперечном сечении валопровода, кгс·см;

I — момент инерции поперечного сечения валопровода относительно его нейтральной оси, см⁴.

Если принять, что прогибы корпуса судна и валопровода будут равны, т. е.

$$y'' = y''_в,$$

то, следовательно,

$$M_в = -EIy'' = -EI\frac{1}{E}\frac{\sigma}{a} = -\frac{I\sigma}{a}. \quad (143)$$

Напряжения в материале валопровода от изгибающего момента будут

$$\sigma = \frac{M_в}{I} r, \quad (144)$$

где r — радиус рассматриваемого элемента вала, см.

Подставляя в формулу (144) значение момента $M_в$, получим

$$\sigma = \frac{M_в}{W} = \frac{M_в r}{I} = \frac{rI\sigma}{Ia}. \quad (145)$$

Таким образом, напряжение в валопроводе от изгибающего момента, выраженное через напряжение в корпусе судна, будет равно

$$\sigma = \frac{r}{a}\sigma. \quad (146)$$

Но так как радиус вала r значительно меньше a, то и $\frac{r}{a}$ всегда будет значительно меньше единицы. Следовательно, и дополнительные напряжения в валопроводе, вызванные общим изгибом корпуса судна, будут малы по сравнению с напряжениями, возникающими в корпусе судна.

Искривление осевой линии валопровода от местных деформаций корпуса судна приводит к расцентровкам его и значительным износам и повреждениям шеек валопровода и подшипников.

Под расцентровкой валопровода понимают нарушение прямолинейности оси валопровода или на всем его протяжении, или на части его длины.

Одной из многих причин, вызывающих расцентровку валопровода, является также износ рабочих поверхностей шеек валов и их подшипников.

При искривлении линии валопровода основные нагрузки передаются через изогнутый вал, а это вызывает дополнительные напряжения в шейках вала и опорных подшипниках, что отрицательно сказывается на работе всего валопровода.

Износы и повреждения валопровода, когда судно находится на плаву, выявляются в процессе его дефектации, которая осуществляется в определенной последовательности.

Все элементы валопровода подвергают наружному осмотру. Выявленные дефекты замеряют и заносят в специальный журнал. Затем отвертывают гайки соединительных болтов фланцев валов, болты выпрессовывают, вал-проставыш, не имеющий на фланцах центрирующих выступов, удаляют, валы перемещают вдоль оси вращения до тех пор, пока центрирующие выступы одного фланца промежуточных валов не выйдут из центрирующих впадин на другом фланце.

После этого замеряют и вычисляют изломы φ и смещения δ осевой линии валопровода, методика определения которых изложена в гл. VI.

Перед разборкой валопровода замеряют толщину фундаментных прокладок под опорными и упорными подшипниками, составляют схемы расположения прокладок на каждом фундаменте подшипника с указанием их толщин и выполняют или проверяют маркировку всех основных деталей валопровода.

До съемки гребных винтов замеряют осевые зазоры между их торцами и торцами кронштейнов или дейдвудных втулок. При этом гребные валы должны быть соединены с промежуточными и упорными валами. С помощью длинного щупа замеряют в четырех положениях (верх, низ, справа и слева) у каждого торца радиальные зазоры между дейдвудными втулками и шейками валов. Результаты замеров записывают в журнал.

Проверяют правильность посадки и крепления гребных винтов, а также осевой натяг, необходимый для последующего закрепления гребных винтов на конусах валов.

Выполнив все измерения, разъединяют фланцевые соединения валов выпрессовкой соединительных болтов. Затем удаляют вал-проставыш и смещают вдоль оси вращения промежуточные валы до тех пор, пока центрирующие выступы не выйдут из впадин. Изломы и смещения замеряют на каждом фланцевом соединении, валы поднимают с опор, укладывают на заранее подготовленные прокладки и транспортируют в цех для ремонта.

Перед выемкой гребного вала выясняют направление, по которому будут выводить вал из корпуса судна, после чего готовят оснастку для стрaгивания и съемки гребных винтов и вытаски валов.

Гребные винты стрaгивают и снимают с конуса гребного вала различными способами. Наиболее рациональным является гидропрессовый способ, сущность которого изложена раньше.

На судоремонтных предприятиях применяют и другие способы. Например, между торцами ступицы гребного винта и ахтерштевня забивают стальные клинья. Иногда применяют различные стяжки, например, имеющие тяги с резьбой на одном конце, и захваты, зацепляемые за лопасти винта, — на другом. Применяют и различные приспособления с гидравлическими домкратами.

Некоторые судоремонтные предприятия используют специальные устройства — агрегаты (рис. 160), с помощью которых производят стрaгивание гайки, крепящей гребной винт, стрaгивание и съемку гребных винтов, их погрузку на транспортные средства, а также выемку гребных валов и погрузку, выпрессовку дейдвудных втулок и другие операции.

Операции снятия гребных винтов выполняют в такой последовательности: удаляют стопоры гайки, стрaгивают гайку и гребной винт, свертывают гайку и снимают гребной винт.

После удаления гребных валов выпрессовывают дейдвудные втулки с помощью гидравлических или винтовых приспособлений, предназначенных для запрессовки и выпрессовки подобных деталей.

Детали валопровода, требующие ремонта, направляют в соответствующие цехи. Там их осматривают, обмеряют шейки и облицовки, определяют размеры биения шеек валов и базовых поверхностей фланцев, проверяют резьбу на гребном валу, в съемной муфте, гайках и состояние шпоночных пазов.

Обнаруженные на валах и других деталях трещины, корродированные места и другие дефекты тщательно исследуют с точки зрения влияния их на прочность детали. Определяют глубину и протяженность трещин. Рабочие шейки валов и облицовки замеряют с помощью микрометрических скоб в двух взаимно перпендикулярных направлениях и по трем сечениям по длине.

По результатам замеров находят эллиптичность и конусность шеек. Если нарушение геометрической формы шеек окажется выше допустимого, валы ремонтируют.

Биение базовых поверхностей фланцев валов определяют на станках при помощи штатива с индикатором. Вал устанавливают в центры станка и медленно поворачивают. Если биение проверяемой поверхности окажется выше допустимого, то такие валы ремонтируют. На каждые 100 мм диаметра фланца допускается торцевое биение до 0,03 мм, по центрирующим выступам и впадинам — до 0,03 мм, а по цилиндрической поверхности фланца — до 0,01 мм.

Валы, у которых биение проверяемых поверхностей не выходит за пределы норм, проверяют на станках в спаренном виде. Сначала спаривают гребной вал с первым промежуточным, затем первый промежуточный — со вторым и т. д.

На гребных валах проверяют состояние облицовок. При износе их до 50% от первоначальной радиальной толщины облицовки протачивают на ближайший ремонтный размер. При износе облицовки свыше 50% ее заменяют.

Радиальную толщину облицовки валов (в мм) определяют по формуле Правил Регистра:

$$\delta_в = \frac{D_в + 235}{32}, \qquad (147)$$

где $D_в$ — диаметр гребного вала, мм.

При дефектации валопроводов осматривают стяжные болты соединительных муфт валов. При наличии на болтах и гайках трещин и

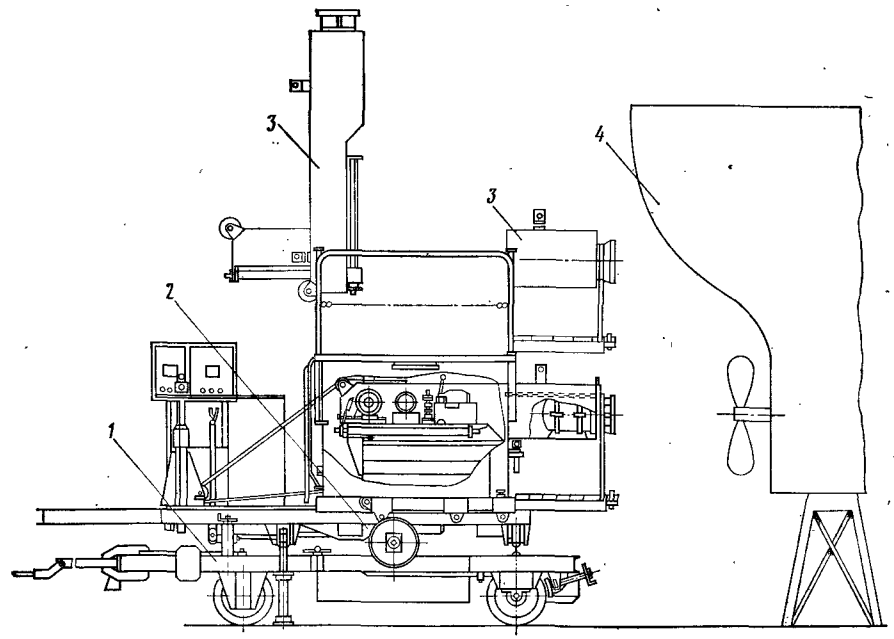


Рис. 160. Устройство для ремонта винторулевого комплекса:
1 — нижняя тележка; 2 — верхняя тележка с платформой; 3 — поворотная балка; 4 — ремонтируемое судно

коррозионных разрушений, а также резьбы с вытянутыми витками их заменяют.

Дейдвудные трубы и кронштейны имеют втулки, работающие как подшипники. Обычно втулки, расположенные на носовой части дейдвудной трубы, выпрессовывают внутрь судна, а кормовые — наружу. Внутреннюю рабочую поверхность металлических втулок облицовывают древеснослоистыми пластиками, текстолитом, резиной, пластмассой, а иногда заливают антифрикционными сплавами.

Детали дейдвудного и переборочного сальников осматривают и замеряют. Износившиеся от проседания вала направляющая и нажимная втулки, а также крышки сальника заменяют.

Замеряют радиальный зазор между антифрикционной заливкой и шейками вала опорных подшипников промежуточных валов. Износ антифрикционного слоя допускается до 50% от первоначального, толщина остающегося слоя антифрикционного сплава на вкладышах подшипников должна быть не меньше 1,5 мм.

Верхние и нижние вкладыши осматривают. На их поверхностях выявляют отслаивание антифрикционного слоя и трещины. После осмотра решается вопрос о способе их ремонта.

Упорные подшипники осматривают. В результате осмотра и замеров определяют осевые зазоры между упорными скобами или кулачками и упорным диском вала. Осевые зазоры, при которых подшипники подлежат ремонту, определяют по судовым документам. Определяют размер оставшегося слоя антифрикционного сплава, который должен быть не меньше 1,5 мм.

После дефектации и назначения способа ремонта детали валопровода направляют на ремонт.

§ 61. ПРОБИВКА ОСЕВЫХ ЛИНИЙ ВАЛОПРОВОДОВ

При ремонте корпуса судна меняют отдельные элементы или секции, в том числе кормовую оконечность корпуса и фундаменты под главный двигатель, упорный и опорные подшипники. Для того чтобы правильно определить размеры и расположение фундаментов под главный двигатель и подшипники и согласовать высоту фундаментов с осью дейдвудной трубы, при ремонте корпуса судна пробивают осевые линии валопроводов.

Если при ремонте заменяют главные двигатели, а дейдвудные трубы сохраняют, за исходную базу при пробивке осевых линий волопроводов принимают геометрические оси дейдвудных труб, отверстий их втулок и втулок кронштейнов гребных валов.

Если же выполняют большие ремонтные работы в кормовой части судна с заменой дейдвудных труб и кронштейнов гребного вала, а главные двигатели остаются на месте, за исходную базу при пробивке осевых линий валопроводов принимают геометрические оси коленчатых валов главных двигателей.

При замене дейдвудных труб и судовых фундаментов под главные двигатели за базу принимают оси валопроводов, указанные в чертежах, составленных на ремонт судна. Способы пробивки осевых линий валопроводов в этом случае такие же, как при постройке судна.

Если дейдвудные трубы сохраняются, согласуют расположение осей коленчатых валов главных двигателей с осями дейдвудных труб и кронштейнов гребных валов. По новому положению определяют высоты фундаментов под главные двигатели h и под подшипники валопровода, а также толщины прокладок a, устанавливаемых между привальными поверхностями фундаментных рам главных двигателей *1*, опорных и упорных подшипников и верхними листами судовых фундаментов *2* с учетом расстояния b от оси коленчатого вала главного двигателя до привальной поверхности фундамента (рис. 161).

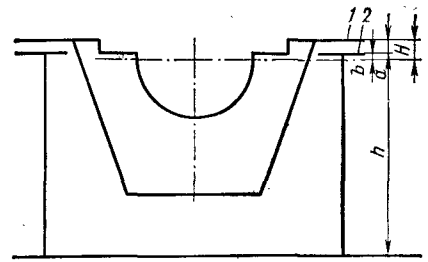


Рис. 161. Определение высоты фундаментов под главный двигатель и толщины прокладок

Прицентровку валов и главных двигателей производят по фланцам до тех пор, пока изломы и смещения валов не будут близки к допускаемым по нормам.

При прицентровке валов и главных двигателей опорные и упорный подшипники устанавливают на отжимные болты, с помощью которых подшипники с валом перемещаются в вертикальной плоскости. Для перемещения вала с подшипниками в горизонтальной плоскости применяют специальные приспособления. После прицентровки валы соединяют стяжными болтами, которые затягивают в отверстия охлажденными до температуры —150° С.

Зазоры между привальными поверхностями подшипников, фундаментной рамы главного двигателя и поверхностями судовых фундаментов, на которые установлены подшипники и главный двигатель, замеряют, составляют схемы зазоров и по полученным данным замеров изготовляют прокладки под подшипники и главный двигатель. После установки прокладок подшипники валопровода и главный двигатель болтами крепят к судовым фундаментам.

Ремонт валов. При ремонте валы правят, заваривают на них трещины, наплавляют на шейки металл с целью восстановления их первоначального размера, ремонтируют шпоночные пазы, отверстия во фланцах, восстанавливают конусность в месте посадки гребного винта и ремонтируют облицовки гребных валов.

Правка валов. В зависимости от размера деформации валы правят либо в холодном состоянии, либо с нагревом.

Правка валов в холодном состоянии без последующей термической обработки не дает хороших результатов. Так, например, валы, выправленные в холодном состоянии, в процессе эксплуатации под действием осевых нагрузок часто снова деформируются и возвращаются в прежнее искривленное положение. Это объясняется тем, что рабочие напряжения в материале вала суммируются с остаточными напряжениями, возникшими неравномерно в процессе правки по поперечному се-

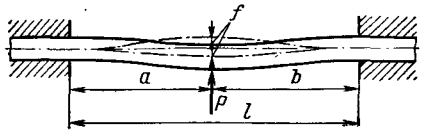


Рис. 162. Выявление стрелки прогиба у вала, подлежащего правке

чению вала. Для уменьшения остаточных напряжений в материале вала место правки нагревают до температуры 400—420° С с выдержкой при этой температуре в течение 50—80 мин. В каждом отдельном случае способ правки и температуру нагрева назначают в зависимости от размера деформации и термической обработки вала до правки.

Правку валов в холодном состоянии с помощью наклепа применяют для всех диаметров валов при условии, что содержание углерода в материале вала не превышает 0,45%, суммарное количество легирующих присадок не более 2,5% (в том числе молибдена не более 0,3%), а стрелка прогиба вала не превышает 0,5 мм на 1 м длины вала.

При этом способе правят как на токарном станке, так и на специальном приспособлении. Обычно валы диаметром до 120 мм правят в центрах токарных станков, а валы свыше 120 мм — в специальных приспособлениях.

Вал устанавливают на станке и проверяют биение (проворачивая вал) индикатором. После этого размечают место правки на вогнутой части и молотком со сферическим бойком наклепывают поверхность вала. В слое наклепанного металла на поверхности вала возникают остаточные напряжения сжатия, которые и устраняют изгиб вала.

Так поступают до тех пор, пока остаточное биение не будет превышать 0,1 мм. Повторные удары по одному и тому же участку увеличивают степень наклепа, поэтому не следует делать более 4—5 ударов.

При стрелке прогиба f более 1 мм на 1 м (рис. 162) длины вала делают правку в холодном состоянии с выгибом вала. Для этого изогнутый вал устанавливают в центра токарного станка или на специальное приспособление и с помощью гидравлического домкрата, расположенного в месте максимального прогиба, выгибают вал в сторону, обратную вогнутости. Стрелка выгиба не должна превышать значения, при котором напряжения изгиба превышают предел текучести материала вала. Допустимую стрелку выгиба определяют расчетом, так как место наибольшего изгиба вала часто лежит не в его середине. Стрелка выгиба, при которой начинаются пластические деформации, будет равна

$$f = \frac{Pab\,(a+2b)\sqrt{3a\,(a+2b)}}{27\,EIl}. \qquad (148)$$

При этом максимальный изгибающий момент и усилие находят по формулам:

$$M = \frac{Pab}{l}; \qquad (149)$$

$$P = \frac{Ml}{ab}, \qquad (150)$$

где l — расстояние между опорами, см;
a и b — расстояния от опор до точки приложения силы, см. (рис. 163).

Заменив M через $W\sigma$, получим

$$P = \frac{W\sigma l}{ab}. \qquad (151)$$

Следовательно, допустимая стрелка выгиба вала в процессе правки будет равна

$$f_н = \frac{W\sigma\,(a+2b)\sqrt{3a\,(a+2b)}}{27\,EI_в}, \qquad (152)$$

где W — момент сопротивления сечения вала, принимается равным $W = 0{,}1d_в^3$, см³;
σ — предел текучести материала вала, кгс/см², [9,81 · 10⁴ Н/м²];
E — модуль упругости, кгс/см² [9,81 · 10⁴ Н/м²];
$I_в$ — момент инерции сечения вала, принимается равным ≈ ≈ 0,05 d^4.

При достижении заданного значения выгиба вала f в районе изгиба по выпуклой стороне обстукивают кувалдой массой 5—8 кг через каждые 50—100 мм и оставляют вал в таком положении на 2—4 ч. Затем домкраты убирают, и вал проверяют на биение, как указано раньше. Операцию повторяют несколько раз до получения требуемых результатов.

Усилие домкрата (в кгс) для выгиба вала при правке определяют по формуле (151).

На некоторых судоремонтных предприятиях освоен способ правки валов и других деталей с помощью местного нагрева. Суть этого способа правки заключается в следующем. Вал устанавливают в центра станка или приспособления выпуклостью вверх. Определяют место наибольшего изгиба, очищают его и изолируют листовым асбестом на длине не менее трех диаметров вала. В районе наибольшего изгиба в асбестовом листе вырезают отверстие размерами 3×5 см. Затем через это отверстие вал нагревают автогенной горелкой до температуры

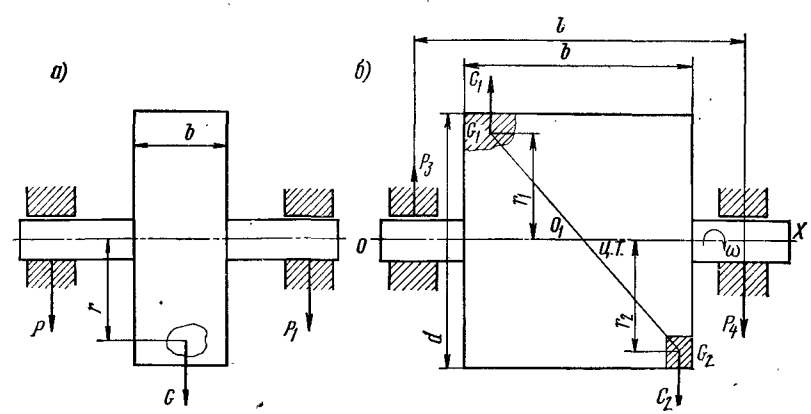


Рис. 163. Балансировка гребных винтов

500—550° С. В результате металл расширяется и изгиб вала еще больше увеличивается. Создаваемый при этом радиальный градиент температур способствует тому, что ненагретая часть вала препятствует расширению нагретого участка металла, создавая в холодной зоне напряжения сжатия. Дальнейшее нагревание приводит к росту этих напряжений, значение которых превышает предел текучести данного материала вала, вследствие чего происходит местная пластическая деформация.

При охлаждении вала напряжения в холодной зоне меняют знак и вал выпрямляется. Если вал после остывания не полностью выправился, нагревают соответствующие участки справа, затем слева, после чего место нагрева перемещают вдоль оси вала. Нагревая и охлаждая вал в разных участках, добиваются полного его выправления.

Применимость указанного способа правки проверяют расчетом. Для этого сначала определяют максимальный прогиб вала, при котором начинаются пластические (остаточные) деформации, по формуле

$$f_{\text{макс}} = \frac{W\sigma l^2}{3EI_{\text{в}}}. \qquad (153)$$

Затем по стрелке прогиба вала $f_{\text{д}}$, которую замеряют, определяют напряжения в материале вала по формуле

$$\sigma_{\text{д}} = \frac{f_{\text{д}} 3EI_{\text{в}}}{Wl}. \qquad (154)$$

Если напряжения $\sigma_{\text{д}}$ превышают σ не больше чем на 15%, то правка вала таким способом целесообразна. Если же $\sigma_{\text{д}}$ превышают σ более чем на 15%, то правка вала таким способом считается нецелесообразной.

Размер стрелки прогиба, при которой начинается пластическая деформация, определяется по формуле (148).

Изгибающий момент, соответствующий усилию P, и усилие находят по формулам (149) и (151), а необходимую стрелку выгиба в процессе правки вала — по формуле (152).

Правку валов нагревом в месте изгиба с применением домкрата выполняют также на токарном станке или в приспособлении, но в этом случае вал устанавливают и закрепляют прогибом вниз и нагревают.

Место изгиба вала нагревают до температуры 700—750° С. После этого под прогиб устанавливают домкрат, с помощью которого и правят вал.

Чтобы вал не просел после нагрева от собственного веса, справа и слева от места нагрева ставят специальные опоры, предотвращающие провис.

После правки валы проверяют на биение шеек, торцевых, цилиндрических и направляющих поверхностей центрирующих выступов и впадин на фланцах. При наличии биения указанных поверхностей последние протачивают все за одну установку вала на станке.

Заварка трещин. Незначительные и неглубокие трещины на цилиндрической поверхности вала устраняют заваркой, если их глубина составляет не более 5% и длина не более 10% от диаметра вала.

Ремонт валов наплавкой. Цилиндрические участки гребных и промежуточных валов, пораженные коррозией, а также шейки валов восстанавливают с помощью электронаплавки. Применяют автоматическую, полуавтоматическую и ручную электродуговую наплавки, которые обеспечивают минимальную, но достаточную глубину провара при наибольшей производительности. Количество наплавляемого металла определяют по формуле

$$Q_{\text{н}} = \alpha_{\text{н}} I_{\text{св}} t, \qquad (155)$$

где $\alpha_{\text{н}}$ — коэффициент наплавки принимается для ручной сварки 6—7 и автоматической под слоем флюса 13—18 г/А·ч;
$I_{\text{св}}$ — сила тока, А;
t — время горения дуги, ч.

Количество наплавляемого металла (в ч) может быть определено и по другой формуле с учетом размеров вала и длины наплавляемого участка:

$$Q_{\text{н}} = \pi dlh\gamma, \qquad (156)$$

где d — диаметр наплавляемой детали, см;
l — длина наплавки, см;
h — толщина слоя, см;
γ — плотность наплавляемого металла, г/см³.

Ремонт шпоночных пазов. Стенки шпоночных пазов при небольших вмятинах зачищают шаберами. При значительных вмятинах (более 25% длины и 30% глубины паза) боковые стенки паза простругивают или фрезеруют на очередной ремонтный размер или на свободный с минимальным снятием металла. Увеличение ширины паза допускается до 10% от первоначальной.

При разделке пазов на валу на соответствующую ширину разделываются и пазы в ступице гребного винта или муфты.

Иногда приходится устанавливать ступенчатую или фасонную шпонку, имеющую в нижней части ширину по пазу вала, а в верхней части соответствующую ширине паза в ступице гребного винта или муфты. Разница по ширине верхней и нижней частей такой шпонки допускается не более 5% нормальной ее толщины, но не более 4 мм.

Повреждения отдельных ниток резьбы вала исправляют опиливанием. При смятии резьбу проверяют на станке снятием минимальной стружки, после чего изготовляют новую гайку. При значительном повреждении резьбы протачивают и нарезают резьбу меньшего диаметра при условии достаточной прочности резьбы. Иногда наплавляют слой металла на сточенную резьбу, протачивают наплавленный участок и нарезают резьбу первоначального размера.

При ремонте конусных участков валов последние наплавляют и прогачивают на первоначальный размер.

Отлитые и предварительно обработанные облицовки подвергают гидравлическому испытанию давлением в 1,5 кгс/см². Пористость

отливки устраняют опусканием ее в расплавленный свинец, или бакелитизированием, или пропиткой карбинольными клеями.

Облицовки большой длины изготовляют из двух частей, и после посадки их на вал стык заплавляют газоацетиленовой горелкой.

Насадку облицовок на вал производят в горячем состоянии. Целесообразно в процессе насадки охлаждать место посадки вала в жидком азоте.

Втулки кронштейнов гребных валов и дейдвудных труб. При изготовлении новой втулки отливают заготовку, которая после предварительной механической обработки подвергается гидравлическим испытаниям давлением на 0,5 кгс/см^2.

Обработку наружной поверхности втулок выполняют в соответствии с размером посадочного отверстия кронштейна или дейдвудной трубы с учетом напряженной посадки.

У втулок, залитых баббитом, проверяют, чтобы сплав на поверхности не имел трещин, раковин, пористости, сыпи и посторонних включений и вместе с тем имел бы с металлом втулки хорошую адгезию.

Если втулку набирают из пластин текстолита или слоистого пластика, то крепят их во втулке в специальных продольных пазах, имеющих сечение «ласточкина хвоста».

В нижних частях разъемных и неразъемных втулок древеснослоистый пластик набирают торцами к поверхности шейки вала. В верхней части втулок планки размещают вдоль волокон из-за меньшей нагрузки.

Планки древеснослоистого пластика набирают во втулки в размоченном состоянии.

В настоящее время используют втулки с резиновыми вкладышами. Резина обладает низким коэффициентом трения при смазке водой. Дейдвудные втулки с резиновыми облицовками изготовляют цельнопрессованными и сегментными.

Дейдвудные сальники. Ремонт дейдвудных сальников и их крышек заключается в восстановлении изношенных нажимных втулок, т. е. на заплечики втулки и направляющего стакана наплавляют металл, затем обрабатывают; чаще изношенные втулки заменяют новыми.

Опорные подшипники. При ремонте вкладыши опорных подшипников перезаливают, затем их растачивают по шейке вала и пригоняют.

Иногда вместо перезаливки наплавляют антифрикционный сплав на всю поверхность вкладыша или на отдельные его участки и затем обрабатывают.

Упорные подшипники. При осевых зазорах между упорными подушками или скобами и упорным диском вала больше 0,5 мм подшипники, имеющие устройства для осевого перемещения упорных подушек или скоб, регулируют с целью доведения зазора до нормального. Если же упорные подушки или упорные скобы не имеют устройства для регулирования, то баббит на подушках или скобах перезаливают, и в дальнейшем путем пригонки зазор доводят до нормального.

§ 62. РЕМОНТ ГРЕБНОГО КОМПЛЕКСА

Гребные комплексы состоят из гребных винтов и направляющих насадок.

Гребные винты имеют различные износы и повреждения, к ним относятся: изгиб или излом одной или нескольких лопастей от ударов винта о твердые предметы, эрозионно-кавитационные разрушения поверхностей лопастей, трещины и др.

Ремонтируют гребные винты холодной и горячей правкой их лопастей, заваркой трещин, проваркой части или целой лопасти, шлифованием лопастей, наплавкой на поверхность конусного отверстия металла и последующей его расточкой.

Холодную и горячую правку лопастей гребных винтов осуществляют в специальных приспособлениях. При холодной правке винт центральным отверстием устанавливают на конусную стойку и нижней поверхностью погнутую лопасть прижимают к сменной плите, которая имеет уклон, соответствующий шаговой поверхности лопасти. В месте изгиба к лопасти подводят шток гидравлического домкрата, который, прижимая лопасть к плите, выправляет ее.

Операцию правки повторяют до тех пор, пока лопасть не будет выправлена.

При горячей правке изогнутую лопасть подогревают до температуры 850—900° С, после чего винт, как указано выше, устанавливают на стойку, закрепляют и производят правку в такой же последовательности, как указано выше.

Подогревают лопасти либо в горне, либо в нагревательной печи.

Выправленные стальные гребные винты подвергают термообработке, т. е. их нагревают до температуры 850—900° С и охлаждают вместе с печью.

Правку бронзовых гребных винтов осуществляют только с нагревом их до температуры 350—400° С.

Приваривают отломанную часть или целую стальную лопасть по заранее составленному технологическому процессу. Стыкуемые кромки лопасти или ее части обрабатывают под сварку, после чего устанавливают в кондукторе и закрепляют с помощью электроприхваток. Затем сваривают электродами Э42А в соответствии с Правилами применения сварки в судостроении и судоремонте. После сварки швов зачищают шлифовальным кругом.

Большие трещины у корня лопасти, если количество их не больше двух, и все мелкие трещины, расположенные у кромок лопасти, заваривают.

Кавитационные разрушения в корневой части лопасти глубиной до 0,4 ее толщины заваривают, а при глубине более 0,4 толщины лопасти винт заменяют.

Статическая и динамическая балансировка. При изготовлении и ремонте гребных винтов возможны погрешности, а следовательно и нарушение уравновешенности, когда ось вращения винта не совпадает с главной центральной осью инерции, проходящей через центр тяжести винта.

Различают статическую и динамическую неуравновешенности.

При статическом уравновешивании добиваются совмещения центра тяжести вращающегося винта с его геометрической осью вращения. Если винт установить на горизонтальные направляющие (рис. 163, *а*), то вес неуравновешенной массы создаст крутящий момент и повернет винт в нижнее положение.

Значение этого крутящего момента $M_{кр}$ определяют по формуле

$$M_{кр} = G_м r, \qquad (157)$$

где $G_м$ — вес неуравновешенной массы металла, кгс;

r — расстояние от центра тяжести неуравновешенной массы до оси вращения детали.

По положению неуравновешенного груза определяют направление радиуса r, проходящего через центр тяжести неуравновешенной массы.

Уравновешивающий груз и расстояние его от оси вращения винта подбирают так, чтобы соблюдалось равенство

$$G_м r = G_{ур} r_{ур}, \qquad (158)$$

где $G_{ур}$ — вес уравновешивающего груза; кгс;

$r_{ур}$ — расстояние от центра тяжести уравновешивающего груза до оси вращения винта, см.

Если ось вращения не является главной осью инерции, то возникают моменты от неуравновешенных центробежных сил. На рис. 163, *б* изображена деталь, у которой длина b значительно больше диаметра d. Если центр тяжести O_1 лежит на оси вращения OX, то деталь будет статически уравновешена. Однако существуют грузы G_1 в левой части детали, равные G_2 в правой его части.

Такой случай неуравновешенности называют чисто динамическим, так как он выявляется только при вращении детали.

Неуравновешенные массы в левой части детали создают центробежную силу C_1, а в правой части—силу C_2. В результате при вращении детали с угловой скоростью ω возникает неуравновешенная пара сил

$$M_н = \frac{G_м}{g} r\omega^2 b. \qquad (159)$$

Неуравновешенный момент $M_н$ вызовет равный момент от дополнительных усилий на подшипниках. Так как вектор—момент от сил неуравновешенности — будет вращаться вместе с деталью, то моменты от дополнительных усилий в подшипниках соответственно также изменяют свое направление. Это вызывает пульсирующие усилия в направлении, перпендикулярном оси подшипников, которые вызовут вибрацию, особенно сильную при резонансе. Дополнительные усилия на подшипниках P_3 и P_4 определяют по формуле

$$P_3 = P_4 = \frac{M_н}{l} = \frac{G_м}{g} r\omega^2 \frac{b}{l}. \qquad (160)$$

Значение динамически неуравновешенной пары зависит от длины детали b. Чем больше длина детали, тем больше динамическая неуравновешенность. Так как динамические пары сил возникают только при вращении детали, динамическое уравновешивание производят на специальных станках с раскручиванием детали до определенного числа оборотов в минуту. Такие детали сначала приблизительно уравновешивают статически, чтобы не нарушить точности станка при динамической балансировке и упростить динамическое уравновешивание.

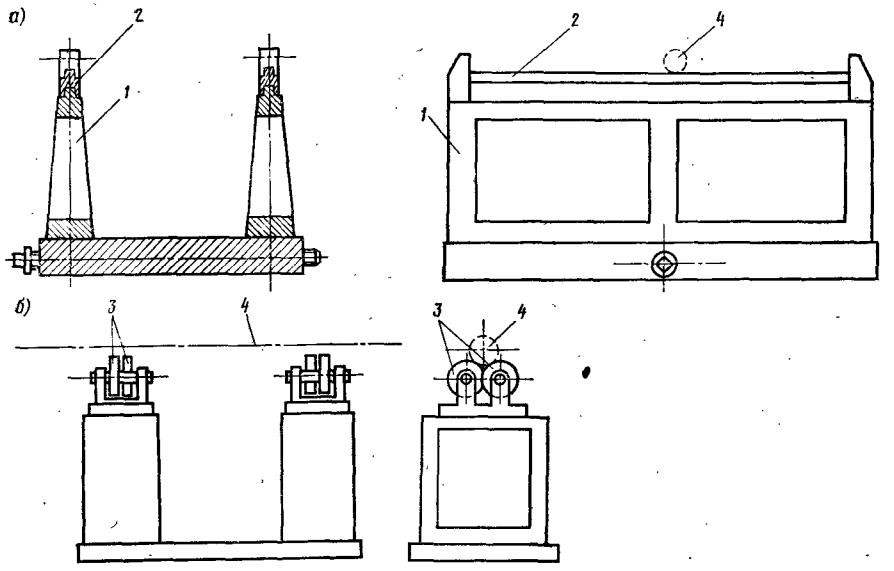


Рис. 164. Стенды для статической балансировки гребных винтов

При динамическом уравновешивании добавлением или снятием грузов стремятся совместить центр тяжести детали с ее осью вращения и сделать геометрическую ось вращения главной центральной осью инерции.

Для вращающихся деталей, у которых длина b значительно больше диаметра d, статическое уравновешивание недостаточно. Такие детали могут быть уравновешены только динамически на специальных станках.

Статическому уравновешиванию (балансировке) подвергают все без исключения гребные винты. Но так как статическая балансировка устраняет только первый вид неуравновешенности, а динамическая — оба вида, то одного статического уравновешивания для некоторых винтов недостаточно.

Динамическую балансировку проходят некоторые цельнолитые широколопастные гребные винты с окружной скоростью вращения более 15 м/с и соотношением $\frac{L_в}{D_в} > 0{,}3$ ($L_в$ — длина и $D_в$ — диаметр винта).

Статическое уравновешивание выполняют на специальных стендах. На рис. 164, *а* изображена схема стенда с раздвижными стойками *1* и параллельными опорными планками *2*. На рис. 164, *б* изображена схема стенда с вращающимися опорными дисками *3*. Для более точ-

ного статического уравновешивания (балансировки) применяют стенды с вращающимися дисками, на которые опирается вал-оправка *4* с насаженным на него гребным винтом. На практике встречаются и другие конструкции стендов для статической балансировки.

При статической балансировке гребной винт с четным числом лопастей закрепляют на валу-оправке *4* и устанавливают на стенд. Если гребной винт неуравновешен, то под действием неуравновешенной массы он начнет поворачиваться. Более тяжелые лопасти займут нижнее положение, на тяжелых лопастях мелом делают соответствующую пометку «Т». К концам легких лопастей крепят уравновешивающий груз в форме специальных струбцин, свинцовых шариков с пластилином и т. п. Грузы подбирают до тех пор, пока винт не примет безразличного равновесия. На поверхностях ступицы и тяжелых лопастей определяют места, с которых будут снимать металл; чтобы не испортить поверхности лопастей, стремятся снять металл с поверхности ступицы.

Вес металла (в кгс), подлежащего снятию, определяют по формуле

$$G_{\text{м}} = \frac{G_{\text{ур}} R_{\text{ур}}}{r}, \tag{161}$$

где $G_{\text{ур}}$ — вес уравновешивающего груза;
$R_{\text{ур}}$ — расстояние от оси гребного винта до центра тяжести уравновешивающего груза;
r — расстояние от оси гребного винта до центра поверхности, с которой намечено снимать металл.

Если у четырехлопастного гребного винта окажутся легкими две лопасти, то металл снимают с обеих тяжелых лопастей. Статическое уравновешивание двух- и шестилопастных гребных винтов производят аналогично уравновешиванию четырехлопастных. Для статической балансировки гребного винта с нечетным числом лопастей его закрепляют на валу-оправке *4* и устанавливают на стенд. После двух-трех оборотов винта определяют легкую, тяжелую и средней тяжести лопасти и маркируют их соответственно «Л», «Т», «С». Затем на лопастях «Л» и «С» закрепляют уравновешивающие грузы так, чтобы гребной винт принял безразличное равновесие.

После подсчета уравновешивающих грузов определяют количество металла, которое необходимо снять с лопастей «Т» и «С». Для чего на лопасти «Л» закрепляют уравновешивающий груз. Поэтому для обеспечения равновесия винта необходимо с лопасти «Т» снять такое количество металла, чтобы после этого вес каждой из трех лопастей был близок к весу лопасти «Л». С лопасти «Т» необходимо снять количество металла, равное весу уравновешивающих грузов, прикрепленных к лопасти «Л», а с лопасти «С» — количество металла, равное разности веса уравновешивающих грузов, укрепленных на лопасти «Л» и «С». Например, если при уравновешивании трехлопастного винта на конце лопасти «Л» укреплен уравновешивающий груз весом $a_{\text{в}}$ кгс, а на конце лопасти «С» — $\delta_{\text{в}}$ кгс, то при балансировке необходимо снять: с лопасти «Т» $G_{\text{ур}} = a$, с лопасти «С» $G'_{\text{ур}} = (a_{\text{в}} - \delta_{\text{в}})$.

Место расположения уравновешивающих грузов определяется по формуле (158).

Для проверки статической уравновешенности гребного винта на концевую кромку любой лопасти закрепляют контрольный груз. При установке контрольного груза отбалансированный гребной винт должен начать вращение или перекатывание по опорным планкам *2* или опорным дискам *3* стенда.

Вес контрольного груза $G_{\text{к}}$ (в кгс) для проверки допустимой остаточной неуравновешенности гребных винтов находят по формуле

$$G_{\text{к}} = \frac{G_{\text{в}}}{R} k, \tag{162}$$

где $G_{\text{в}}$ — вес гребного винта после балансировки, тс;
R — радиус, на котором закрепляется контрольный груз (радиус гребного винта), м;
k — коэффициент; $k = 1$ — для винтов высшего класса; $k = 2$ — для винтов обычного класса.

Эта формула учитывает и техническое состояние стенда. Применяя ее, получают более жесткую норму остаточной статической неуравновешенности гребного винта.

Если принять допуск на точность балансировки равным 2% от $G_{\text{в}}$ (вес гребного винта), то по формуле теоретической механики получим

$$0{,}02\, G_{\text{в}} = \frac{G_{\text{н}}}{g} R \left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2. \tag{163}$$

Тогда момент (в кгс·м) допустимой неуравновешенной массы гребного винта будет

$$G_{\text{н}} R = \frac{0{,}02\, G_{\text{в}} g}{\left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2}. \tag{164}$$

При динамической проверке статически уравновешенного гребного винта контрольный груз $G_{\text{к}}$ определяют по значению допускаемого момента от действия статической неуравновешенности, т. е. приняв, что

$$G_{\text{к}} R = \frac{0{,}02\, G_{\text{в}} g}{\left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2}, \tag{165}$$

получим

$$G_{\text{к}} = \frac{0{,}05\, G_{\text{в}} g}{\left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2 R} \approx \frac{18\, G_{\text{в}}}{R n^2}, \tag{166}$$

где $g \approx 9{,}81$ м/с^2;
n — частота вращения гребного винта, об/мин.

После статической или динамической балансировки гребные винты осматривают и на каждый отремонтированный или изготовленный винт составляют документ, характеризующий основные его параметры.

Ремонт направляющих насадок. Проведенные исследования по износам насадок показывают, что наиболее распро-

страненными причинами выхода насадок из строя являются: эрозия внутренних поверхностей направляющих насадок, трение и удары в деталях узла баллер—муфта поворотных насадок, деформации корпуса насадок от механических повреждений при поломке гребных винтов, ослабление крепления стабилизаторов и трещины в корпусах насадок.

Узел баллер—муфта подвержен износам, так как значительные усилия, воспринимаемые насадкой и баллером, плохая смазка и наличие абразивной среды способствуют быстрому увеличению зазоров в узле трения, что приводит к ударам при поворотах насадки и бортовой качке.

Деформация насадок, трещины и ослабление креплений стабилизаторов возникают в основном от ударов о подводные и плавающие предметы, а также от поломок гребных винтов.

Основными мероприятиями по устранению износов и повреждений насадок от эрозии являются: наплавка на изношенные поверхности слоя металла электродами марки 13КН/ЛИВТ. Наплавку производят по заранее составленному технологическому процессу. После наплавки восстановленные участки зачищают абразивными кругами.

При значительных износах и деформации элементов узла ремонт сводится к вырезке муфты из корпуса насадки с последующей наплавкой на наружную ее поверхность слоя металла и механической обработке на станке. После наплавочных работ муфту подгоняют по конусу баллера, центруют по струне с корпусом насадки и приваривают к ней.

Деформации насадок устраняют правкой. Если правка нецелесообразна, дефектную насадку заменяют.

Ослабление креплений стабилизаторов устраняют подваркой ослабленных мест и постановкой дополнительных деталей на места, ослабленные приваркой.

Глава XVII

РЕМОНТ СУДОВЫХ УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ

§ 63. ИЗНОСЫ, ПОВРЕЖДЕНИЯ И РЕМОНТ СУДОВЫХ УСТРОЙСТВ

Рулевые устройства. Периодически представители Речного Регистра РСФСР подвергают рулевые устройства судов освидетельствованиям, которые включают наружный осмотр и испытания в действии. При наружном осмотре руль проверяют в надводной части, и лишь при наличии неисправностей судно поднимают на слип или в док и производят детальное освидетельствование всего рулевого устройства.

При осмотре проверяют состояние опорного палубного подшипника (рис. 165), сектора, румпеля, цепей, передач, тросов, шкивов, валиков, штурвала и деталей управления.

На слипе определяют состояние баллера, пера руля и ребер, петель, штырей руля и подшипников.

К числу дефектов и повреждений, которые приводят к ненадежности управления судном, относят:

изгиб пера руля, наличие поломок и трещин в раме пера, петлях, пятке, баллере, секторе, румпеле;

предельные износы, трещины и изломы в зубьях передаточных шестерен, штуртросной проводки, а также в пальцах и втулках направляющих блоков;

предельные износы штырей и втулок в петлях ахтерштевня;

неисправность штуртросной проводки;

неисправность запасного рулевого привода.

Предельно допустимые износы штырей составляют 7% их первоначального диаметра, втулок в петлях ахтерштевня — не более 7% диаметра штырей; облицовок баллера—не более 50% первоначальной толщины, а штанг и цепей — не более 10% первоначального диаметра.

Износ рабочих мест баллера руля определяют обмером шеек микрометрическими скобами в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и трех сечениях по длине шейки. Результаты замеров заносят в соответствующую таблицу. Представительное число таких замеров является основанием для определения срока службы деталей и периодичности их ремонта.

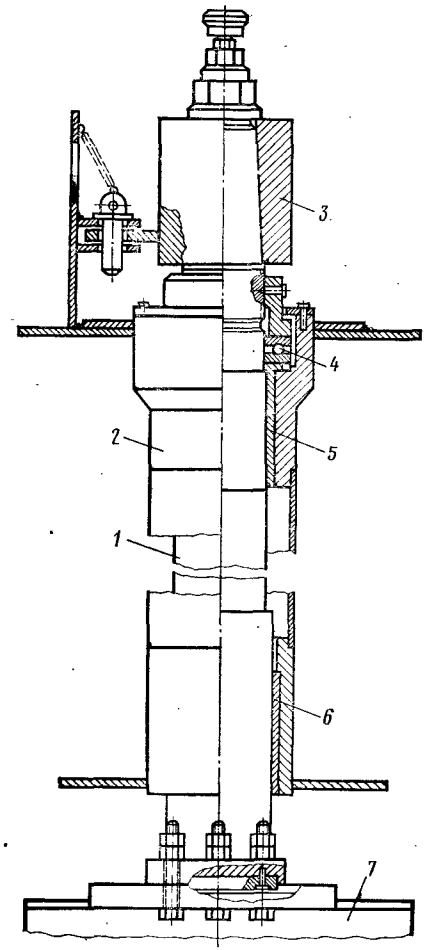


Рис. 165. Баллер руля в сборе:
1 — баллер; *2* — гельмпортовая труба; *3* — румпель; *4* — упорный подшипник; *5* — верхний опорный подшипник; *6* — нижний опорный подшипник; *7* — перо руля

Продолжительность срока службы $T_{пр}$ (в тыс. ч) детали можно определить по формулам:

для баллера
$$T_{пр} = \frac{Д_0 - Д_{пр}}{v_б}; \qquad (167)$$

для подшипника
$$T_{пр} = \frac{Д_{пр} - Д_0}{v_п}, \qquad (168)$$

где $Д_0$ и $Д_{пр}$ — построечный и предельно допустимый при эксплуатации размеры;

$v_б$ и $v_п$ — средние скорости изнашивания соответственно баллера и подшипника, мм/тыс. ч.

Продолжительность эксплуатации деталей до ремонта $T_р$ (в тыс. ч) определяют по выражениям:
для баллера

$$T_р = \frac{Д_0 - Д_р}{v_б} = \frac{\delta_р}{v_б}; \quad (169)$$

для подшипника

$$T_р = \frac{Д_р - Д_0}{v_п} = \frac{\delta_р}{v_п}, \quad (170)$$

где $Д_р$ — предельный размер, допустимый после последнего ремонта;
$\delta_р$ — износ от начала эксплуатации до последнего ремонта, мм;
$Д_р$ — находят из выражения

$$Д_р = Д_{пр} \pm v\Delta T, \quad (171)$$

где ΔT — межремонтный период, тыс. ч; знаки плюс — для вала, минус — для подшипника.

Периодичность ремонта узла трения баллер—подшипник $T_{р.у}$ (в тыс. ч) можно найти по выражению

$$T_{р.у} = \frac{\Delta_{пр} - \Delta_0}{v_\Delta}, \quad (172)$$

где $\Delta_{пр}$ и Δ_0 — предельно допустимый и номинальный зазоры в подшипнике.

Правила технической эксплуатации и ремонта судов устанавливают средние скорости изнашивания деталей и скорости зазорообразования в узлах трения, зная которые легко найти ремонтные размеры деталей. При предельном износе шеек и других посадочных мест баллера восстановление их производят по следующему технологическому процессу.

Изношенные шейки баллера протачивают на токарном станке до чистого металла. При установке баллера на станке базой могут служить концевая посадочная часть и рабочая часть фланца (рис. 166). Наплавку шеек производят по винтовой линии на специальном станке при вертикальном положении баллера. Такой способ наплавки исключает значительные деформации баллера и обеспечивает высокую производительность труда при наплавке. При содержании углерода в металле баллера более 0,2% рекомендуется подогрев его до 200° С в процессе наплавки. Для снятия внутренних напряжений и выравнивания структуры металл подвергают отжигу. Нагрев его до 600—650° со скоростью 60—70° С в час, выдержка при температуре нагрева в течение 2—3 мин на каждый миллиметр толщины баллера; затем медленное охлаждение до температуры наружного воздуха. Наиболее удобным и экономичным является индукционный нагрев токами промышленной частоты, при котором может быть обеспечен автоматический контроль температуры и времени нагрева.

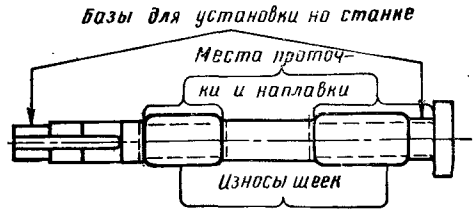


Рис. 166. Износы шеек баллера и проточка их под наплавку

После наплавки и отжига баллер обрабатывают на станке, в результате чего шейки должны удовлетворять определенным техническим условиям, указанным на чертеже: по конусности, бочкообразности, эллиптичности и перекосу шеек.

При дефектации баллера особое внимание следует обращать на трещины, наличие которых может вызвать аварию. Выявленные трещины перед заваркой вырубают по всей длине и глубине, концы засверливают, заваривают электродами марки Э42А с соблюдением технических условий на выполнение сварочных работ, предусмотренных Правилами Регистра. При содержании углерода в металле баллера более 0,2% перед заваркой рекомендуется подогрев баллера до 200° С. Для улучшения структуры основного и наплавленного металла, а также уменьшения внутренних напряжений после заварки производят термическую обработку—нормализацию, сущность которой заключается в следующем: нагревают сталь на 50—70° С выше верхней критической точки $АС_3$, выдерживают при этой температуре и затем охлаждают на воздухе. Нормализация обеспечивает более высокие механические свойства стали, чем отжиг. После нормализации места заварки обрабатывают наждачным кругом. При изгибе баллера руля правку его производят в горячем состоянии, нагревая до 850—900° С. После правки баллер подвергают отжигу или нормализации. Правку осуществляют на чугунной плите или токарном станке. При скручивании баллера старый шпоночный паз заваривают электронаплавкой, затем производят отжиг, механическую обработку, разметку и фрезерование нового паза.

У пластинчатых рулей часто повреждается перо и рама: разрывы листов наружной обшивки, вмятины, трещины. У многих пустотелых рулей внутреннюю полость заполняют варпеком, который при обычной температуре представляет собой твердую массу, а при нагревании становится жидким. При ремонте рулей с варпеком следует соблюдать технику безопасности, т. е. во избежание взрыва варпека и несчастных случаев при нагревании пера руля в нижней части обшивки пера вырезают окно размером около 200 × 200 мм, под руль ставят бочку и осторожно подогревают обшивку в районе окна. По мере вытекания варпека зону нагрева перемещают вверх таким образом, чтобы не образовывались газовые мешки. После вытекания варпека отрезают газовым резаком поврежденную часть, правят, заготовляют новые части, собирают и сваривают перо руля.

Ремонт штырей и петель руля. Основной причиной износа этих деталей является трение и коррозия. Штыри ремонтируют электродуговой наплавкой до восстановления номинальных размеров или изготавливают новые. Ремонт петель выполняют в такой последовательности: после выпрессовки втулок из петель рудерпоста производят их центровку по струне. Определяют смещение центров петель, которые учитывают при изготовлении новых втулок за счет эксцентричности внутреннего отверстия относительно их наружной поверхности.

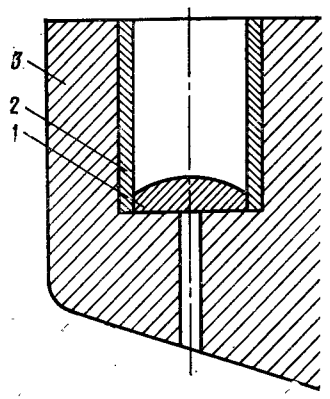


Рис. 167. Износ гнезда пятки руля

Интенсивному износу и коррозии подвержено гнездо пятки руля в ахтерштевне. Разрушаются чечевица *1*, втулка *2* и тело ахтерштевня *3* (рис. 167).

Места коррозионных разрушений восстанавливают электронаплавкой, после чего гнездо растачивают по размеру новой втулки.

Сборку и монтаж рулевого устройства выполняют в обратной последовательности, принятой при разборке. По окончании монтажа проверяют легкость перекладки, максимальные углы и время перекладки руля, показания рулевых указателей и т. п. Во время швартовных испытаний выявляют недостатки, допущенные при ремонте и сборке рулевого устройства, которые устраняют к началу ходовых испытаний судна.

Ремонт якорного устройства. При дефектации якорных устройств используют результаты периодических осмотров и освидетельствований судов.

Основные виды износа якорных устройств:

механический и коррозионный износы якорных цепей, палубных и бортовых клюзов, осей и гнезд якорей, стопоров, жвака-галсов и т. п.;

усталостный износ звеньев якорных цепей, снижающий механическую прочность их материала;

деформация деталей стопоров, якорей, клюзов и других деталей.

Средний ремонт для якорных устройств установлен через каждые 5—6 лет в цехах судоремонтных заводов.

Дефектацию цепей осуществляют после извлечения их из цепных ящиков, очистки от грязи, ржавчины и краски. При осмотре особое внимание уделяют местам сварки звеньев, прочности крепления распорок в звеньях, степени износа каждого звена, наличию трещин, состоянию вертлюгов, глаголь-гаков, соединительных скоб и др.

Нормы предельных износов якорных цепей регламентированы Правилами Регистра.

Наличие усталостного износа и наклепа звеньев устанавливают по сроку службы цепи, по истечении которого принимают меры для снятия внутренних напряжений и выравнивания структуры материала с последующим испытанием якорных цепей на растяжение.

Для устранения наклепа каждую смычку цепи медленно нагревают до 900—930° С, выдерживают при этой температуре в течение 2,5 — 3,0 мин на каждый миллиметр толщины звена, затем охлаждают на воздухе до температуры окружающей среды.

После ремонта цепи очищают от ржавчины и окрашивают каменноугольным лаком.

Якори, как правило, редко ломаются. Появившиеся трещины в сварных якорях конструкции Матросова разделывают под сварку

и заваривают с соблюдением технических условий. Якорные клюзы изнашиваются в местах сопряжения их с бортом и палубой (рис. 168). Эти износы у стальных якорных клюзов устраняют электродуговой наплавкой. При восстановлении чугунных клюзов их поверхности тщательно очищают, размечают места постановки шпилек в шахматном порядке, сверлят отверстия, нарезают резьбу, а затем устанавливают шпильки. При наплавке сначала обваривают шпильки, а затем заполняют швами всю поверхность. Во избежание местного перегрева клюза и возникновения внутренних напряжений, наплавляют его с перерывами. Периодически проколачивают ручником наплавленные валики, после наплавки поверхности зачищают наждачным кругом.

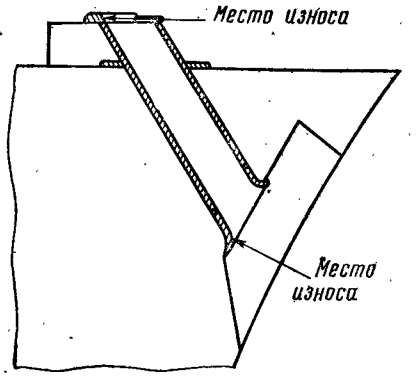


Рис. 168. Износ якорного клюза

При значительных повреждениях клюза целесообразно заменить его новым сварной конструкции. После ремонта якорное устройство испытывают в соответствии с техническими условиями.

Нормы нагрузок и время испытаний якорного устройства определено требованиями, предъявляемыми к брашпилям.

Испытания под нагрузкой проводят в режиме, соответствующем подъему якоря с номинальной глубины стоянки после отрыва его от грунта. Испытательную нагрузку определяют по формуле

$$Q_1 = \frac{(2G_я + qH_г)K}{2\eta_{кл}}, \qquad (173)$$

где $G_я$ — масса якоря, кгс;

q — масса 1 м якорной цепи, кгс/м;

$H_г$ — номинальная глубина стоянки на якоре, м;

K — коэффициент уменьшения веса стали в воде, равный 0,87;

$\eta_{кл} = 0{,}77$ КПД клюза.

Продолжительность испытания (в мин)

$$t_1 = \frac{H_г}{v_{ср}}, \qquad (174)$$

где $v_{ср}$ — средняя скорость подъема якоря, м/мин.

Испытание в режиме, соответствующем подъему якоря, висящего на полностью вытравленной цепи,

$$Q_2 = \frac{(G_я + qL_я)K}{2\eta_{кл}}, \qquad (175)$$

где $L_я$ — длина якорной цепи, м.

Продолжительность испытания равна

$$t_2 = \frac{L_я}{v_{ср}}, \qquad (176)$$

Испытание ленточного тормоза после ремонта производят на нагрузку

$$Q_з = 1{,}2\,(G_я + qL_я)K\eta_{кл}, \qquad (177)$$

где 1,2 — коэффициент, учитывающий инерцию цепи и якоря. Продолжительность испытаний 15 мин.

Окончательно проверяют отремонтированное якорное устройство на швартовных и ходовых испытаниях судна.

Ремонт швартовного устройства. Его составными частями являются: кнехты, швартовы, киповые планки, клюзы, швартовные механизмы и тросовые вьюшки. Кнехты представляют собой металлические тумбы, прочно укрепленные на палубе судна и предназначенные для закрепления швартовов.

По способу изготовления кнехты бывают сварные и литые. Палубный настил в местах установки кнехтов обычно имеет подкрепление.

Основными дефектами кнехтов являются износ тумб вследствие трения каната, коррозионные разрушения в местах крепления кнехтов, трещины в сварных швах. Кнехты, имеющие износ более 25% первоначальной толщины стенки, подлежат замене или восстановлению их размеров. Все трещины должны быть устранены, отверстия для крепления кнехта, имеющие износ более 2 мм, заплавляют электросваркой и сверлят вновь.

Киповые планки в результате эксплуатации имеют износы роульсов, трещины, коррозионные разрушения, изгиб штырей. При износе планок более 25% толщины последние заменяют или восстанавливают до первоначальных размеров.

Разрушенные кромки роульсов восстанавливают наплавкой с последующей механической обработкой. Втулки роульсов при износе более 2 мм на сторону заменяют. Погнутые штыри выправляют или заменяют новыми.

Швартовные клюзы при выработке более 20% первоначальной толщины восстанавливают наплавкой. Признается экономически нецелесообразным ремонт чугунных деталей швартовных устройств, так как холодная сварка чугуна не обеспечивает достаточной прочности, а стоимость ремонта сравнительно высокая. Поэтому при значительном износе или поломках чугунные кнехты, киповые планки и швартовные клюзы заменяют новыми.

При установке кнехтов на фундаменты последние обычно крепят к палубе на сварке, а кнехты—к фундаментам болтами.

Ремонт буксирного устройства. Буксирное устройство состоит из следующих основных частей: лебедок, гака, буксирных арок, клюзов, троса, битенгов, кнехтов. При освидетельствовании перед ремонтом определяют износы и повреждения отдельных деталей и пригодность их к дальнейшей эксплуатации. Буксирный гак (рис. 169) имеет износ в районе прилегания троса, а также в шарнирном соединении. Изнашиваются оси, пальцы, пружина амортизатора, щеки откидных буксирных гаков. Буксирные арки повреждаются тросами и часто имеют прогибы, поломки и трещины по сварным швам.

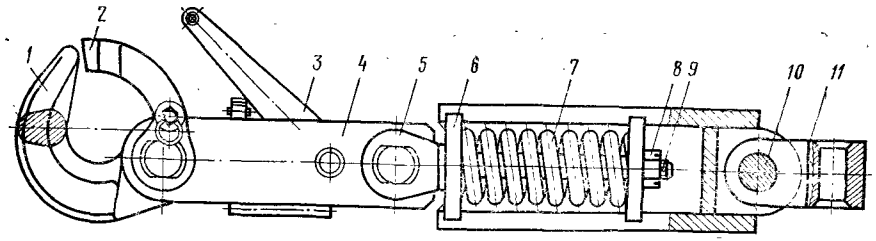


Рис. 169. Гак буксирный:
1 — крюк; *2* — скоба; *3* — рычаг; *4* — обойма; *5* — тяга; *6* — обойма; *7* — пружина; *8* — гайка; *9* — шплинт; *10* — палец; *11* — проушина

Битенги и кнехты проверяют на надежность крепления и отсутствие трещин и вмятин. Износы буксирных гаков в рабочей части устраняют электродуговой наплавкой, а при наличии трещин или поломок гаки заменяются новыми.

Гаки и другие детали изготовляют штамповкой, а при индивидуальном производстве—свободной ковкой с последующей термической обработкой по техническим условиям, указанным в чертеже.

Ремонт буксирного гака с гидравлическим затвором состоит в замене отдельных деталей гидроцилиндра: плунжера, клапана, штока, пружины и др. По окончании ремонта внутреннюю полость гидроцилиндра заполняют маслом ГТН по ГОСТ 861—57.

Трущиеся поверхности гака после ремонта смазывают. Все сварочные работы при ремонте буксирных арок и гаков выполняют качественными электродами типа Э42. Все детали буксирного устройства после ремонта сдают представителю Речного Регистра РСФСР. Буксирный гак испытывают пробной статической нагрузкой, равной двойному тяговому усилию гака в течение 10 мин. Буксирные арки после ремонта или изготовления испытывают под нагрузкой, равной двойному значению максимального тягового усилия на гаке. При этом упругие деформации арок под нагрузкой не должны превышать 1/500 расстояния между опорами. После снятия нагрузки остаточные деформации не допускаются.

Ремонт шлюпочного устройства. Освидетельствование шлюпок заключается в наружном осмотре для проверки на отсутствие трещин, водотечности самих шлюпок и воздушных ящиков.

Освидетельствование шлюпбалок с их вооружением производят для определения прочности и пригодности к дальнейшей эксплуатации. При износе втулок стандерсов поворотных шлюпбалок более 1 мм последние заменяют. При износе шеек шлюпбалок более 2 мм по диаметру шейки восстанавливают электронаплавкой. Износ сферической пяты шлюпбалки допускается до 3 мм (рис. 170). При освидетельствовании шлюпок заваливающегося типа (рис. 171) выявляют износы и повреждения подъемных механизмов.

Увеличение межцентрового расстояния шестерни подъемного механизма не должно быть более 2 мм; выработка зубьев шестер-

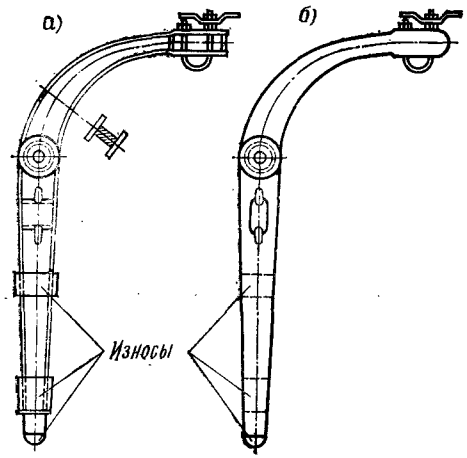


Рис. 170. Поворотная шлюпбалка:
а — сварная; *б* — кованая или литая

ни на сторону допускается до 1 мм, выработка ручья шкива — до 5 мм, износ втулки шкива—не более 1 мм. Скобы, гаки, имеющие износ более 10% первоначального размера, подлежат замене. Трещины не допускаются.

Погнутые шлюпбалки правят в нагретом состоянии при температуре 750—800° С. Трещины на шлюпбалках заваривают с соблюдением технических условий, предусмотренных Правилами Регистра. Сварку производят электродами типа Э42. Для улучшения структуры основного и наплавленного металла, а также уменьшения напряжений после сварки их отжигают. Ремонт металлических шлюпок заключается в постановке вставок (заплат) на поврежденные части наружной обшивки шлюпки. После ремонта испытывают шлюпочное устройство в соответствии с требованиями Правил Регистра.

Прочность шлюпбалок проверяют спуском шлюпок на воду с полным грузом плюс 10% от всей нагрузки. Шлюпбалки заваливающегося типа после ремонта подвергают статическому испытанию при полном вылете на двойную рабочую нагрузку в течение 10 мин.

Результаты испытаний признают положительными, если при упомянутых нагрузках не будет обнаружено остаточных деформаций. Шлюпки и воздушные ящики проверяют на непроницаемость.

Гаки, блоки, вертлюги и другие вновь изготовленные детали подвергают пробным испытаниям на двойную нагрузку.

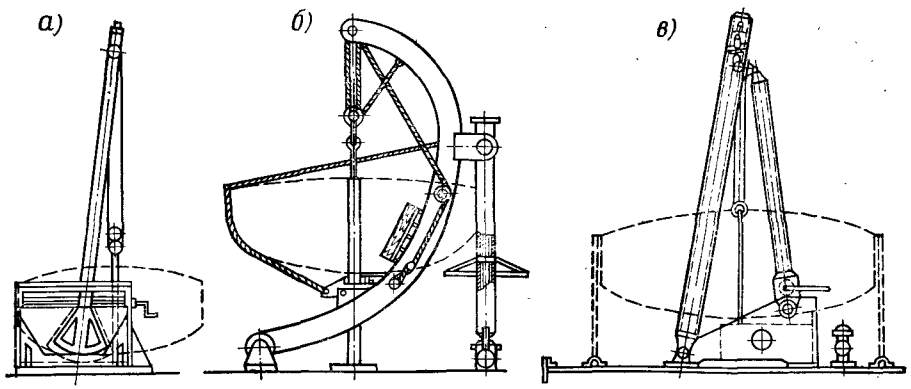


Рис. 171. Заваливающиеся шлюпбалки:
а — секторная; *б* — серповидная; *в* — винтовая

§ 64. РЕМОНТ СУДОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ И СИСТЕМ

Износы и дефектация трубопроводов. Износы, повреждения и разрушения трубопроводов и систем проявляются в виде коррозионных и эрозионных разъеданий, нарушений плотности соединений, вмятин, трещин, свищей и разрывов. Коррозионные разъедания стальных труб, стальной и чугунной арматуры являются результатом химической и электрохимической коррозии на их внутренних и наружных поверхностях. Эрозионные разъедания внутренних поверхностей труб обнаруживаются в местах их изгибов и ответвлений. Скорость равномерной коррозии (в мм/год) внутренних поверхностей труб в зависимости от материала и рабочей среды приведена в табл. 23.

Таблица 23

Трубопровод	Материал трубопровода		
	Сталь углеродистая	Медь	Алюминиевые сплавы
Топлива и масла	0,2	—	0,2
Пресной воды	0,2	0,1	0,2
Воздуха и инертных газов	0,2	0,1	0,2
Обогревания жидких грузов танкеров	0,5	—	—
Перегретого и насыщенного пара	0,2	—	—

Демонтаж трубопроводов для ремонта. Технологический процесс демонтажа трубопроводов состоит из следующих операций: маркировки труб согласно демонтажной схеме, разъединения труб и арматуры, освобождения их от изоляции и подвесок, очистки от ржавчины, краски и грязи. После доставки труб в цех производят окончательную дефектацию трубопроводов и арматуры. Основными способами дефектации являются наружный осмотр и гидравлические испытания. Дефектацию арматуры производят отдельно от труб и при этом выполняют тщательную очистку и осмотр, гидравлические испытания, замер износов и зазоров деталей и сопряжений.

Трубы и детали арматуры, на поверхности которых обнаружены трещины, вмятины, коррозионные разъедания, свищи и другие дефекты, ремонтируют. При дефектации учитывают и экономические соображения: что выгоднее — ремонт или замена. Намечают технологический процесс ремонта: наплавкой металла, проточкой, правкой, заваркой и другими способами.

Металл на торцы фланцев, труб или арматуры наплавляют при наличии на них отдельных раковин, глубина которых не превышает 15% от первоначальной толщины фланца. Проточку фланцев, труб и арматуры производят в том случае, если толщина их после такой обработки будет составлять не менее 90% первоначальной. Если фланцы и детали нельзя отремонтировать, их заменяют новыми. Если длина дефектного участка трубы составляет меньше одной трети ее длины, то ремонтируют наращиванием. Правка вмятин допускается, если их длина не превы-

шает 3/2 диаметра трубы и 1/6 окружности трубы. Разрешается заварка трещин при механических повреждениях труб.

Крышки клапанов, кранов, клинкетов, теплообменных аппаратов, штоки, крышки сальников, тарелки клапанов заменяют при наличии в них трещин, свищей, пористости, расслоения металла, раковин, глубина которых достигает 40% первоначальной толщины изделия; уменьшение толщины детали более 10% от первоначальной, искривление оси, износ резьбы, ослабление в местах посадки также вызывают необходимость замены таких изделий. Детали, имеющие предельный износ по техническим условиям, признают негодными и заменяют.

Корпуса арматуры, выдержавшие гидравлические испытания при заданном постоянном давлении в течение 10 мин, считаются пригодными для дальнейшей эксплуатации.

После полной дефектации трубопроводов и арматуры окончательно уточняют объем по ремонтной ведомости и составляют график работ.

Ремонт трубопроводов и арматуры выполняют в такой последовательности: очистка труб и арматуры; ремонт с помощью сварки и пайки; правка труб; устранение неплотностей в соединениях.

Очистка труб и арматуры. Трубы и арматуру очищают от ржавчины и загрязнений любым способом. Механическую очистку производят на специальных станках с пневматическим или электрическим приводом, шарошками, стальными щетками или фрезами. Применяют также песко- или дробеструйную очистку труб и арматуры увлажненным песком или дробью. Последние два способа позволяют одновременно очищать наружную и внутреннюю поверхности труб.

Химическую очистку выполняют в водных растворах кальцинированной соды, тринатрийфосфата, мыла, жидкого стекла и других моющих средств, что обеспечивает полное удаление загрязнений. При этом способе очистки требуется полное соблюдение правил техники безопасности в части оборудования приточно-вытяжной вентиляции, хранения химикатов, приготовления растворов с учетом токсичности применяемых веществ.

Ремонт электросваркой и пайкой. Устранение трещин и коррозионных разъеданий на стальных трубах производят электронаплавкой, заваркой трещин и свищей, вваркой кусков труб и приваркой частей из листовой стали внакрой и встык на поврежденные участки труб. Ремонт медных труб с подобными дефектами выполняют газовой или электродуговой сваркой и пайкой. Дефекты бронзовой арматуры устраняют газовой наплавкой. Стальные трубы, имеющие большие площади, поврежденные коррозией и эрозией, а также значительные по длине трещины и разрывы заменяют новыми участками труб, приваренными встык. После ремонта трубы обязательно отжигают, а после охлаждения очищают и продувают сжатым воздухом. При ремонте труб электросваркой применяют электроды типа Э42 и Э42А. При газовой сварке в качестве присадочного материала используют латунную проволоку, а в качестве флюса — буру (70%), борную кислоту (10%) и поваренную соль (20%). Для пайки медных труб применяют медно-цинковые, медно-серебряные и оловянисто-свинцовые припои. После пайки и сварки медные трубы отжигают.

Технология изготовления и монтажа судовых трубопроводов изложена в гл. VII.

Ремонт пластмассовых трубопроводов. Отечественная промышленность изготовляет трубы из полиэтилена, винипласта, полихлорвинила и их стекловолокнистых пластмасс.

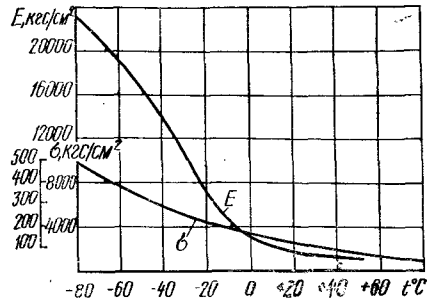


Рис. 172. Зависимость прочностных характеристик полиэтилена от температуры

Полиэтилен представляет собой высокомолекулярный парафин, полученный путем полимеризации этилена при высокотемпературном крекинге нефти. Он является хорошим материалом для изготовления труб и фасонных частей трубопроводов. Полиэтилен обладает высокой химической стойкостью при температуре рабочей среды +20° С, устойчив к многим кислотам, растворам солей и инертен к воде. Неблагоприятно влияют на него при длительном воздействии нефть, керосин, бензин и минеральные масла. С повышением температуры рабочей среды химическая стойкость полиэтилена снижается. При ремонте и замене трубопроводов необходимо учитывать, что прочностные характеристики труб из полиэтилена низкой плотности резко снижаются с повышением температуры. Эта зависимость графически изображена на рис. 172.

При изготовлении, ремонте и монтаже полиэтиленовых трубопроводов учитывают их высокий температурный коэффициент линейного расширения, который примерно в 20 раз больше, чем у стальных труб. Значение температурного изменения длины трубопровода (в мм) можно найти по формуле

$$\Delta l = l\alpha\Delta t = 0{,}00022 l \Delta t, \qquad (178)$$

где l — длина трубопровода, мм;

$\alpha = 0{,}00022$ — температурный коэффициент линейного расширения полиэтилена;

Δt — разность между температурами: минимальной при монтаже и в период эксплуатации.

При повышении температуры трубопровод удлиняется и в материале возникают напряжения сжатия, которые при жестком закреплении приводят к продольному изгибу и деформациям трубопровода. При понижении температуры происходит обратное явление — укорочение трубопровода, при этом возникают растягивающие напряжения, которые могут привести к обрыву труб.

Системы, которые работают при отрицательных и положительных температурах, не должны иметь жестко закрепленных к корпусу судна прямых участков труб и снабжаются гнутыми участками в качестве компенсаторов.

При ремонте и замене трубопроводов следует использовать сортамент МРТУ605-918—63, согласно которому в зависимости от толщины стенки трубы выпускают:

«Л» (легкие) — на условное давление 2,5 кгс/см²;

«С» (средние) — на условное давление 6 кгс/см²;

«Т» (тяжелые) — на условное давление 10 кгс/см².

Минимальную толщину стенки трубы (в см) из полиэтилена высокого давления (низкой плотности) можно найти по формуле

$$t_{\text{мин}} = \frac{pD_{\text{н}}}{2\sigma}, \qquad (179)$$

где $D_{\text{н}}$ — наружный диаметр трубы, см;

p — рабочее давление среды в трубопроводе, кгс/см²;

σ — допускаемое напряжение на растяжение, принимаемое для полиэтилена высокого давления (низкой плотности) равным 70 кгс/см².

Характеристика и область применения пластмассовых труб приведены в табл. 24.

Таблица 24

Материал трубы	Область применения	Диаметр труб, мм	Особенности
Полиэтилен	Трубопроводы питьевой и мытьевой воды, рефрижераторные системы, трубопроводы агрессивных жидкостей	21,4—168	Сохраняет твердость и морозостойкость при температуре от +50 до —80° С; сваривается горячим воздухом при 130° С, в 7 раз легче стального трубопровода такой же протяженности
Полипропилен	Трубопроводы питьевой и мытьевой воды, рефрижераторные системы, трубопроводы агрессивных жидкостей	21,4—168	Предел допустимых температур от 0 до +40° С
Винипласт	То же	6—150	Сваривается горячим воздухом, теплостойкость до +50° С
Полихлорвинил	«	6—60	Допускается соединение клеем, сварка горячим воздухом, штуцерное соединение
Фторопласт-4	Трубопроводы для фреона, пресной воды, кислоты	6—60	Рабочая температура от —50 до +200° С. Водой не смачивается

Опыт эксплуатации труб из полиэтилена на судах отечественной и заграничной постройки показал, что увеличить долговечность систем можно применением труб типа «С» с использованием фасонных частей для изготовления разъемных и неразъемных соединений труб с целью сокращения отбуртовки и гибки труб.

На рис. 173, 174 изображены возможные узлы соединений труб из полиэтилена.

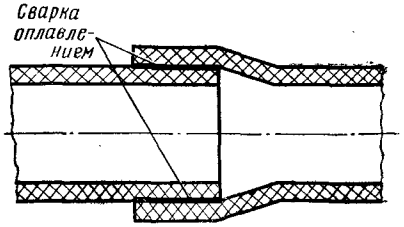


Рис. 173. Соединение в раструб

Технология обработки полиэтиленовых труб состоит из следующих операций: резка труб и снятие фасок; нагрев и обработка труб; гибка труб; сварка; гидравлические испытания.

Концы труб под обработку нагревают в ванне с дистиллированным глицерином до температуры $t = 125 \div 130°$ С.

Развальцовку и отбортовку труб выполняют в нагретом состоянии. Трубы гнут только горячим способом по проволочным шаблонам, изготовленным по старым трубам, по месту на судне или с макета. В качестве наполнителей при гибке труб используют резиновые трубки, специальные навитые пружины или чистый речной песок. Размеченый участок трубы для гибки нагревают в электропечи горячим воздухом до 110—120° С. Сварку труб осуществляют двумя методами: оплавлением и прутковой (газовой) сваркой с азотным теплоносителем. Оба метода обеспечивают качественное соединение труб. Более эффективна сварка поверхностным оплавлением, при этом снижается трудоемкость сварочных работ при изготовлении судовых трубопроводов в 1,5—2,0 раза по сравнению с прутковой сваркой.

Концы труб под сварку нагревают любым нагревателем, который обеспечивает равномерный нагрев в зависимости от толщины стенки трубы до следующих температур:

3—4 мм	180—200° С
5—6 мм	190—210° С
6—8 мм	210—220° С
8—14 мм	220—230° С

Все же лучший и более равномерный нагрев может быть получен в электрических нагревателях. Наблюдение за температурой нагрева осуществляют посредством термопар. Контроль качества сварных соединений судовых трубопроводов состоит из операций: контроля технологии сварки; наружного осмотра сварных соединений; гидравлических испытаний сварных соединений.

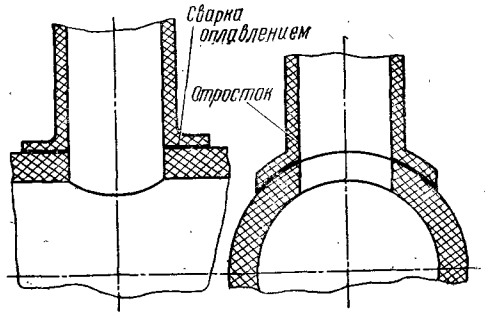


Рис. 174. Присоединение отростка малого диаметра к полиэтиленовым трубам

Последние производят на давление, указанное в чертеже, при температуре воды 15—25° С с выдержкой под давлением не менее 15 мин. Монтаж и крепление трубопроводов на судне выполняют

на подвесках с резиновыми прокладками. Полиэтиленовые трубы обычно устанавливают на расстоянии не менее 250 мм от горячих трубопроводов и устройств с температурой стенки не более 60° С. При этом следует предохранять их от воздействия повышенных температур. При ремонте в районе полиэтиленовых трубопроводов последние защищают от воздействия сварочной дуги, искр и брызг металла.

При эксплуатации полиэтиленовых трубопроводов возможны следующие повреждения: течь в сварных соединениях; течь в разъемном соединении; поломка труб; замерзание воды в трубопроводе.

При незначительных повреждениях полиэтиленовых труб (трещины) допускается ремонт с помощью паяльника. Перед началом ремонтных работ трубы полностью осушают от жидкостей. Электропаяльник нагревают до температуры 250° С, вставляют в место повреждения трубы, нагревают поврежденную часть до оплавления и обжимают место повреждения до закрытия трещины. При наличии в трубопроводах более серьезных повреждений полностью заменяют трубы и арматуру.

Техника безопасности при ремонте полиэтиленовых трубопроводов предусматривает соблюдение следующих правил:

рабочие и технический персонал должны быть ознакомлены с правилами и приемами безопасной работы. Помещение, в котором обрабатывают и сваривают полиэтиленовые трубы, оборудуют общеобменной и местной вентиляцией;

к сварке трубопроводов допускаются только сварщики, которые прошли специальное обучение, аттестацию и не имеют медицинских противопоказаний;

сварочные работы при ремонте полиэтиленовых труб выполняют в цехе и только в исключительных случаях на судах.

Экономические расчеты показывают, что внедрение полиэтиленовых труб при ремонте с применением фасонных частей позволяет сократить трудоемкость и стоимость ремонтных работ на 20—30%, при этом уменьшается вес систем в 2—3 раза.

Глава XVIII

РЕМОНТ РАБОЧИХ УСТРОЙСТВ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ СНАРЯДОВ

§ 65. ИЗНОСЫ И ПОВРЕЖДЕНИЯ РАБОЧИХ УСТРОЙСТВ ЗЕМСНАРЯДОВ И ФАКТОРЫ, ИХ ВЫЗЫВАЮЩИЕ

Современные дизельные и дизель-электрические снаряды, являющиеся техническими средствами производства дноуглубительных работ, по конструкции грунтозаборных устройств делятся на многочерпаковые, землесосные и специальные. Условия извлечения и транспортировки грунта определяют специализацию этого вида флота и оказывают существенное влияние на износы рабочих устройств.

Многочерпаковые, штанговые и грейферные земснаряды предназначены для извлечения любых грунтов, кроме скальных. Землесосные

снаряды, в зависимости от конструкции грунтозаборных устройств, предназначены для извлечения песков и глинистых грунтов; снаряды, оснащенные всасывающими грунтозаборными устройствами без разрыхлителей, могут работать на рыхлых насосных песках, оснащенные гидравлическими разрыхлителями — на плотных песках, а оборудованные механическими разрыхлителями — на извлечении гравелистых песков и глинистых грунтов. Сложные условия работы земснарядов на различных грунтах вызывают интенсивное изнашивание и повреждения специальных металлических конструкций и грунтозаборных устройств. К специальным металлическим конструкциям относят черпаковую башню, опоры рамоподъемных устройств, черпаковую раму, рамы всасывающего и грунтопровода и подвеса лонгкулуара, грунтовые клапаны и др. При эксплуатации на эти конструкции действуют переменные динамические нагрузки, поэтому, кроме абразивного и коррозионного изнашивания, они весьма часто получают механические повреждения. К рабочим устройствам земснарядов относят черпаковые, рефулерные, всасывающие и швартовные. От технического состояния зависит навигационное время и эффективность работы земснарядов. Ежегодные расходы на ремонт рабочих устройств составляют от 30 до 50% всех средств, затрачиваемых на ремонт земснарядов, а профилактический и аварийный ремонты их отдельных узлов вызывают в период навигации длительные простои, составляющие для отдельных групп и типов снарядов до 15% эксплуатационного времени.

Черпаковые устройства подвергаются абразивному изнашиванию и повреждениям, особенно при работе земснарядов на плотных, глинистых и гравелистых грунтах с большим количеством валунов. Наиболее интенсивно изнашиваются черпаки, буксы, шейки валов и вкладышей подшипников, грани и ребра верхних и нижних барабанов, роликовые скаты и холостые звенья черпаковой цепи, а также пальцы, втулки, кольца и шайбы, являющиеся деталями сочленения черпаков с холостыми звеньями цепи. Основные причины интенсивного изнашивания — истирание металла при работе снаряда на тяжелых грунтах, несоблюдение условий технической эксплуатации, чрезмерные перегрузки отдельных узлов или понижение механических свойств материала (ползучесть, усталость и др.). Характерными износами элементов черпаков при нормальной работе являются износ режущей кромки козырька, выработка рабочих плоскостей полозков, появление эллиптичности у отверстий полозков под втулки. При работе черпаковой цепи с заклиненными роликовыми скатами (не вращается один или несколько роликов из-за прекращения смазки и попадания абразивной среды в подшипники) интенсивно изнашиваются полозки черпаков и холостые звенья цепи, а ролики в таких случаях снашиваются с одной стороны. При работе земснаряда на тяжелых грунтах с большим количеством валунов возможны разрывы козырьков и отрыв полозков от спинок черпаков. Спинки черпаков деформируются, как правило, в результате смещения черпаковой цепи на реборду нижнего барабана при большом шлейфе (излишней слабине) цепи, а также при неправильном расположении отводных планок на нижнем барабане. Интенсивность изнашивания катушек

(роульсов) черпаковых скатов зависит от их конструкции, качества металла, из которых они изготовлены, чистоты обработки поверхности и тщательности выполнения их монтажа на черпаковой раме и надрамнике. Износ катушек, изготовленных из разных металлов, после 2100 ч работы изображен на рис. 175. Наименее изношены катушки, изготовленные из модифицированного чугуна МСЧ28-48, отлитого в кокиль. Работа земснаряда с креном на один борт вызывает неравномерную нагрузку на отдельные ветви черпаковой цепи и приводит к износу реборд и граней барабанов. У многочерпаковых земснарядов верхний барабан может быть с четырьмя и пятью гранями. При движении черпаковой цепи по четырехгранному барабану на взаимно противоположные грани ложатся только черпаки, а на другие две грани — только промежуточные звенья, поэтому первые грани изнашиваются быстрее и со временем форма барабана изменяется с квадратной на прямоугольную. Такой износ барабана служит причиной появления дополнительных динамических нагрузок в черпаковой цепи, усиливающих изнашивание деталей цепи и граней барабана. Усиленный износ барабанов и звеньев цепи наблюдается при небрежном выполнении наплавочных работ, так как значительная шероховатость наплавленного слоя увеличивает контактные напряжения и изнашивания в процессе приработки деталей. Интенсивно изнашиваются шейки валов и вкладыши подшипников. Для защиты от износа на шейки валов барабанов надевают в горячем состоянии сменные буксы. При отсутствии централизованной автоматической смазки и надежного уплотнения вкладыши подшипников изнашиваются на отдельных земснарядах до 6 мм за навигацию. При внедрении автоматической смазки высокого давления износ вкладышей уменьшился до 1—1,5 мм за навигацию.

Перегрузка черпакового привода и цепи вызывает ослабление посадки верхнего барабана и шестерен на валу верхнего черпакового привода, ускоренный износ накладок барабана и зубьев шестерен, сопровождаемый сильным стуком. Интенсивность изнашивания шестерен верхнего привода зависит от конструкции передачи (неравномерная нагрузка зубчатых зацеплений), качества применяемого материала и технологии восстановления зубьев шестерен, а также точности выполнения монтажа, т. е. устранения несоосности и непараллельности валов, соблюдения межцентровых расстояний и т. п.

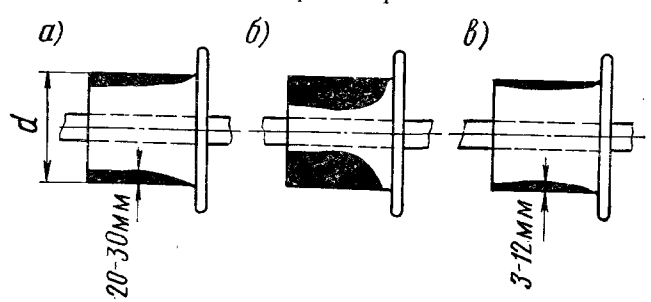


Рис. 175. Износ катушек черпаковых скатов после 2100 ч работы:
а — стальная, обваренная и проточенная; *б* — чугунная, отлитая в землю; *в* — чугунная, отлитая в кокиль

Из-за чрезмерного износа (особенно при низком качестве изготовления деталей черпаковой цепи — пальцев и втулок) могут поломаться пальцы и оборваться черпаковые звенья. Несоблюдение монтажных зазоров между пальцем и втулкой черпаковой цепи усиливает износ деталей черпакового устройства.

Рефулерные устройства интенсивно изнашиваются из-за взаимодействия их деталей с разрабатываемым грунтом, например, всасывающие наконечники и трубы, шаровые соединения, рабочие колеса и облицовки рефулерных насосов, напорные грунтопроводные трубы, т. е. детали, через которые проходит гидроабразивная среда (пульпа).

При гидроабразивном изнашивании металл разрушается одновременно от воздействия твердых частиц грунта и струй жидкости (эрозионное разрушение) и коррозии. Преобладающим видом изнашивания является гидроабразивное (эрозионное), подразделяющееся на общее и местное. При общем гидроабразивном изнашивании на поверхности детали, омываемой пульпой, образуются относительно равномерные сглаженные выемки глубиной 2—4 мм. Для местного износа характерны канавообразные углубления, достигающие за тот же период работы землесоса глубины 20—25 мм.

Общее гидроабразивное изнашивание деталей происходит от трения и ударов твердых частиц пульпы, которые ударяясь под различными углами о поверхности деталей, уменьшают скорость потока. Интенсивность изнашивания деталей рефулерных насосов зависит от скорости истечения пульпы, от твердости, размеров и формы фракций грунта, а также от насыщенности пульпы.

Местное изнашивание появляется на деталях по направлению движения пульпы за какими-либо неровностями поверхности (электросварные швы, вмятины, отверстия и т. п.) вследствие завихрений возмущенного потока и кавитации. При резком возрастании скорости потока снижается давление и в зонах глубокого вакуума жидкость может вскипать при сравнительно низкой температуре, образуя пузырьки пара. Время существования пузырьков исчисляется сотыми долями секунды, и окружающая жидкость мгновенно занимает место исчезнувшего парового пузырька, образуя местные гидравлические удары. Эти удары происходят с высокой частотой и охватывают микроскопические области пристеночных участков стальных и чугунных деталей, образуя трещинки, выколы мельчайших частиц металла, что постепенно приводит к появлению крупных каверн. Абразивные частицы в пульпе усиливают кавитационное разрушение металла и быстро выводят детали из строя. Наряду с местным проявлением кавитации во всасывающей части насосной установки появляется так называемая общая (полостная) кавитация (парообразование), возникающая при превышении высоты всасывания.

Интенсивность гидроабразивно-кавитационного изнашивания деталей и узлов рефулерного устройства зависит от насыщенности пульпы гравелистым грунтом и скорости соударений абразивных частиц о поверхность. Следовательно, скорости изнашивания этих деталей и узлов зависят: от режима эксплуатации рефулерной установки, грунтовых условий, качества материала деталей, соблюдения правил тех-

ничеекой эксплуатации и технологии производства дноуглубительных работ.

У рефулерного насоса интенсивно изнашиваются: лопатки рабочего колеса, ступицы, облицовки, уплотнительное кольцо. Предельный износ лопаток рабочего колеса, попадание в межлопастное пространство вместе с грунтовой смесью камней и металлических предметов приводит к поломке крылатки рефулерного насоса. Нарушение системы промывки сальника, попадание в сальниковое уплотнение пульпы приводит к интенсивному износу рефулерного вала. На износостойкость деталей существенно влияет качество материала, из которого они изготовлены, совершенство их конструкции, чистота обработки конструктивных поверхностей, а также соблюдение монтажных и эксплуатационных зазоров в узлах трения. Повышенные износ дисков крылатки и облицовок рефулерного насоса и зазоры между ними вызывают понижение давления в напорном грунтопроводе, а нарушение уплотнений в сальнике, грунтовых трубах всасывающей стороны — понижение вакуума в рефулерном насосе. Неудовлетворительное состояние уплотнений напорного грунтопровода вызывает усиленный износ и разрушение шаровых и фланцевых соединений от воздействия вытекающей под напором пульпы. Изыскание новых износостойких материалов, внедрение рациональных конструкций, совершенствование технологии ремонта и соблюдение режима эксплуатации позволит увеличить срок службы деталей рефулерных насосов, грунтопроводных труб и их соединений.

Всасывающие и разрыхлительные устройства землесосных снарядов подвержены особенно сильному изнашиванию. У щелевидных наконечников с верхним криволинейным фронтом размыва больше всего изнашиваются выносные мусороотбойные решетки, уплотнительные прокладки в местах присоединения наконечников к трубам, резиновые гибкие шланги, соединяющие трубы гидроразрыхлителя на раме с корпусными трубами и сопла гидроразрыхлителя. У наконечников с принудительным подводом грунта изнашиваются рабочие полости и особенно—нижние кромки грунтоприемника, а у эллиптических наконечников—кромки зева сосуна и колосники мусороотбойной решетки. Фрезерные разрыхлители подвержены ударной нагрузке и истиранию грунтом режущих кромок ножей. При консольном расположении фрезы на валу разрыхлителя интенсивно изнашиваются вкладыши нижнего подшипника. Неплотность посадки разрыхлительной головки на конус вала разрыхлителя вызывает ослабление ее во время работы и может привести к поломке деталей. Повышение скорости изнашивания всасывающих и разрыхлительных устройств приводит к внеплановым ремонтам для замены вышедших из строя деталей.

Швартовные устройства изнашиваются весьма интенсивно, что связано с характером работы земснарядов. Частая швартовка грунтоотвозных шаланд к земснаряду вызывает истирание и местные надрезы на стальных кнехтах и утках. Киповые устройства папильонажных тросов землесосных снарядов могут поворачиваться на оси вместе с блоками, смонтированными для уменьшения сопротивления трения на подшипниках качения. Блоки имеют два или четыре направляющих чугунных ролика, интенсивность истирания которых при взаимодействии с тросами зависит от качества металла роликов, шероховатости их поверхности и состояния тросов. Заклинивание роликов вызывает усиленный износ тросов и одностороннее канавочное подрезание тросом самих роликов. Из-за неправильного монтажа роликов и блоков с обоймами в зазоры могут попадать тросы, что приводит к излому устройства. Техническое состояние швартовных устройств существенно влияет на срок службы дорогостоящих папильонажных и становых тросов.

§ 66. ПОДГОТОВКА ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ СНАРЯДОВ К РЕМОНТУ

В отличие от транспортных судов подготовка дноуглубительных снарядов к ремонту имеет много особенностей в связи со сложностью их специальных устройств, крупными габаритами и значительной массой отдельных узлов и деталей. Демонтаж основных устройств и приведение земснарядов в зимовочное состояние выполняет судовой экипаж в течение 4—7 сут, в зависимости от мощности энергетической установки. Участок акватории и береговой полосы, приспособленный для демонтажных работ, определяет судоремонтное предприятие. Для определения объема ремонтных работ перед разоружением судна комиссия, состоящая из представителей судовладельца и ремонтного предприятия, проверяет техническое состояние его отдельных элементов.

Демонтаж специальных устройств и механизмов земснаряда, поднятого на слип для производства среднего ремонта, ведут с помощью крановых средств бригады такелажников завода и судового экипажа под руководством командира дноуглубительного снаряда. Значительно сложнее демонтировать устройства при нахождении земснаряда на плаву, особенно такие, как верхний и нижний привод, черпаковая цепь и т. д. Специальное оборудование дноуглубительных снарядов приводят в зимовочное состояние в определенной последовательности из-за трудностей по транспортировке на берег крупногабаритных деталей (черпаковая цепь, понтоны, рефулеры и др.). Черпаковую цепь небольших земснарядов (производительностью до 200 м³/ч) при удобном рельефе береговой полосы акватории можно снять всю без разборки на отдельные звенья; у крупных земснарядов ее разбирают на секции по нескольку черпаков и с помощью лебедок через канифас-блоки вытаскивают на берег для ремонта. При демонтаже черпаковой цепи на плаву земснаряд устанавливают перпендикулярно к берегу, если глубина акватории не менее 1,5 осадки судна в районе нижнего барабана. На расстоянии 50—60 м от воды на берегу к причальной тумбе крепят строп, к которому присоединяют полиспаст из двух-трех блоков. Нижний конец рамы поднимают в верхнее положение и в районе нижнего барабана разъединяют черпаковую цепь, для чего в месте разъединения удаляют чеки и шайбы и выбивают черпаковые пальцы. Нижнюю ветвь разъединенной черпаковой цепи закрепляют папильонажным тросом, проходящим через канифас-блок и нижний барабан,

с помощью которого цепь удерживается в натянутом состоянии. В разъем верхней ветви черпаковой цепи в отверстие полозков черпака вставляют металлический стержень, к которому крепят трос становой лебедки, пропущенный через полиспаст, укрепленный на берегу. Для передвижения снимаемой цепи на берегу укладывают отрезки труб или круглые бревна. Снятие цепи начинают с ослабления троса, удерживающего нижнюю ее ветвь, затем медленным вращением верхнего барабана на задний ход и подтягиванием станового троса верхнюю ветвь цепи вытягивают на берег. Когда конец нижней ветви цепи подходит к верхнему барабану, заблаговременно заделывают запасной трос на верхний барабан и внимательно следят за правильностью захода на него натяжного троса от папильонажной лебедки, удерживающего нижнюю ветвь черпаковой цепи. Понтоны плавучих грунтопроводов также вытаскивают на берег с помощью лебедок. После укладки черпаковой цепи на берегу разъединяют каждый черпак и холостые звенья для осмотра и уточнения объема ремонтных работ, а земснаряд устанавливают на отведенное ему место в затоне для дальнейшего приведения в зимовочное состояние.

Палубные лебедки и тросы демонтируют после разборки деталей рабочих устройств и установки черпаковой рамы на деревянный брус, положенный поперек прорези, или закрепления ее на специальных подвесках. В гидравлических системах снаряда спускают рабочую жидкость, трубопроводы продувают воздухом, а все механизмы очищают от загрязнений и промывают керосином для тщательного осмотра и установления объема ремонтных работ. Не требующие ремонта механизмы консервируют, их трущиеся и вращающиеся детали смазывают солидолом. Стойки с подшипниками черпаковых скатов очищают от песка и грязи, промывают керосином, требующие ремонта отправляют в цех, а не требующие ремонта устанавливают на свои места.

Тщательно осматривают детали привода, крышки подшипников верхнего и нижнего барабанов вскрывают, промывают и смазывают солидолом, а при осмотре шеек валов и букс определяют объем ремонтных работ. Трубы, подводящие смазку к подшипникам нижнего барабана и черпаковых скатов, после очистки демонтируют и сдают на хранение.

При подготовке землесосных снарядов к зимнему ремонту в первую очередь отделяют соединительный фланец концевого понтона, а затем фланцы грунтовых труб рефулера для удаления воды и остатков грунта, после этого уже вскрывают рефулерный насос для удаления воды из его корпуса. Разборку насоса начинают с открытия крышек смотровых люков и снятия сальникового устройства, затем с помощью клиновых приспособлений или нажимных болтов выдвигают переднюю крышку для осмотра и определения объема ремонтных работ. Шаровые соединения грунтовых труб плавучего рефулера разъединяют или снимают целиком для производства ремонтных работ.

Корпуса земснарядов, механизмы машинного отделения и электрооборудование готовят к отстою, как и транспортные суда, в соответствии с правилами сдачи и приемки судов речного флота на зимний ремонт.

§ 67. РЕМОНТ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ И ДЕТАЛЕЙ СПЕЦИАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ЗЕМСНАРЯДОВ

Металлические конструкции черпаковой башни, рамоподъема и черпаковой рамы испытывают переменные динамические нагрузки, и при эксплуатации их отдельные элементы получают механические повреждения. Так как эти конструкции выполнены из толстолистового материала, то поврежденные участки чаще всего вырезают газовыми резаками и заменяют. Заменяемые участки конструкций изготовляют в цехе и доставляют на земснаряд для монтажа. Приваривают их качественными электродами дипломированные сварщики в соответствии с утвержденным технологическим процессом.

При крупных повреждениях или значительных износах конструкции заменяют новыми, изготовленными в цехах ремонтного предприятия по плазовой разметке. Установку и центровку изготовленных конструкций или отдельных крупных узлов выполняют по заранее разработанному технологическому процессу.

Перед установкой черпаковой башни или отдельных ее крупных узлов проверяют шланговым ватерпасом положение корпуса земснаряда на стапеле по реперным знакам, производя замеры относительно основной линии корпуса, или по отметкам, нанесенным на корпусе при нахождении земснаряда на плаву. Для производства центровки на станинах подшипников верхнего барабана укрепляют рейку и из ее середины опускают отвес, чтобы грузик последнего опускался ниже днищевой обшивки корпуса земснаряда. От линии отвеса до стенок черпаковой прорези измеряют расстояние до совпадения линии отвеса с ДП корпуса. Середину рейки, лежащей на станинах подшипников верхнего барабана, соединяют струной с серединой рейки, укрепленной

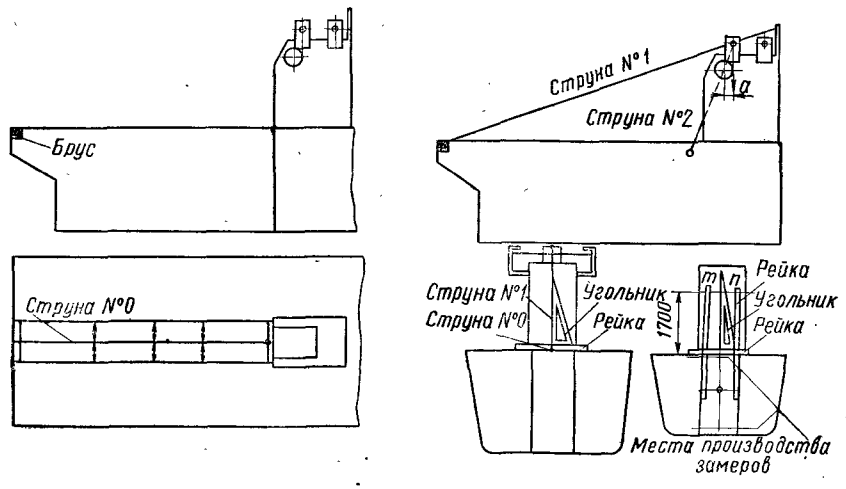


Рис. 176. Положение струн при центровке черпаковой башни

в оконечности черпаковой прорези земснаряда. От натянутой струны в четырех произвольных точках опускают отвесы и проверяют совпадение отвесных линий с ДП судна и их параллельность стенкам черпаковой прорези. Результаты замеров заносят в таблицу. Положение струн при центровке черпаковой башни изображено на рис. 176.

Базой для проверки правильного положения осей валов рамоподъемного устройства служат протянутые струны: по оси черпаковой рамы и по оси ведущего вала подвеса, причем последняя должна быть перпендикулярна струне оси черпаковой рамы. Струны осевых линий валов выставляют по шланговому ватерпасу с учетом поправки на положение корпуса земснаряда на стапеле. Расположение струны при центровке рамоподъемного устройства и черпакового привода изображено на рис. 177 и 178. Центровку положения сосуновых рам землесосных снарядов производят в той же последовательности, что и черпаковой рамы.

При капитальном и среднем ремонтах земснарядов заменяют изношенные и поврежденные участки черпаковых рам. Изготовленные в цехе секции доставляют к демонтированной раме, где их стыкуют и сваривают. При изготовлении новой рамы в цехе допускается отклонение по длине $\pm 0{,}05\%$, по ширине $\pm(0{,}8 \div 0{,}12\%)$, а боковая кривизна не должна превышать 0,01% длины. Нижний конец рамы выполняют в соответствии с конструкцией опор нижнего барабана. В изготовленных концевых частях рамы растачивают отверстия для оси подвеса и вырезы для подшипников нижнего барабана, после чего их приваривают к средней части рамы. Непараллельность осей подвеса и нижнего барабана продольной оси рамы не должна превышать 0,15% ширины рамы.

Особое внимание при изготовлении и ремонте черпаковых рам уделяется соблюдению параллельности кромок полотнищ, равенству их высот над плоскостью, проходящей через ось подвеса и осевую линию нижнего барабана в местах установки опор черпаковых скатов, а также параллельности осей подвеса рамы осевым линиям валов нижнего и верхнего барабанов.

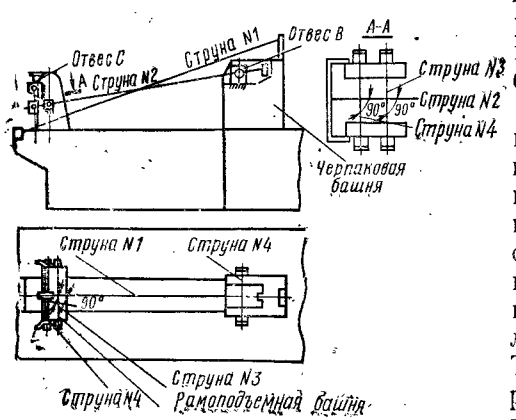


Рис. 177. Положение струн при центровке рамоподъемного устройства

Сосуновая рама землесосных снарядов, при шаровом соединении всасывающего грунтопровода с неподвижной его частью, представляет собой коробчатую ферму, шарнирно связанную с корпусом и перемещающуюся в направляющих прорези корпуса. Технология изготовления и ремонта сосуновых и черпаковых рам аналогична. Дополнительно проверяют правильность расположения опор

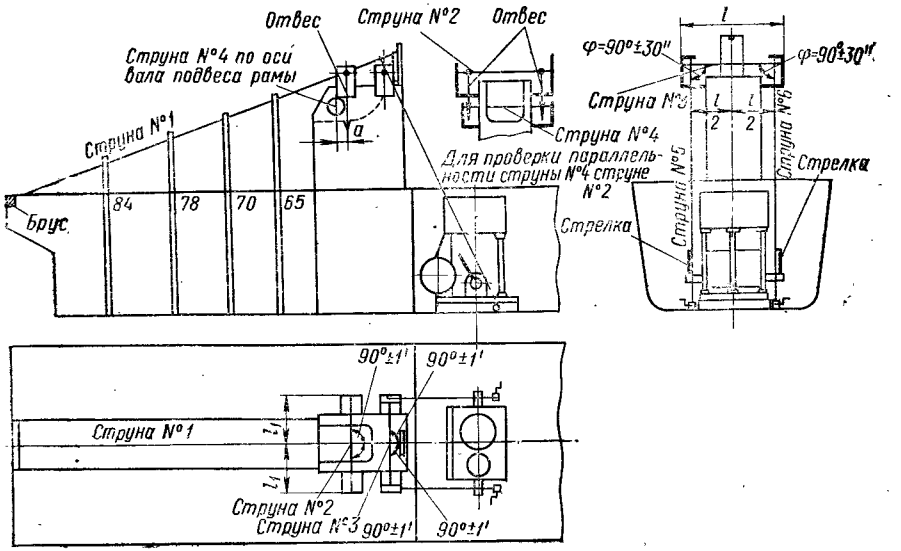


Рис. 178. Центровка черпакового привода

вала механического разрыхлителя (при его наличии). Эту операцию выполняют натягиванием струны или пробивкой световой линии по оси валопровода разрыхлителя.

При монтаже и сварочных работах рамы поворачивают с помощью цеховых грузоподъемных средств или гидравлических, винтовых домкратов. На отдельных предприятиях применяют специальный кантователь для поворота смонтированных на электроприхватах рам с целью более удобного выполнения сварки. Для этого на концах рамы приваривают монтажные валы. С обоих концов рамы устанавливают опорные стойки, в верхних частях которых вмонтированы вкладыши подшипников для монтажных валов. Раму приподнимают крановыми средствами и устанавливают на эти стойки концевыми валами. Такое устройство позволяет сварщику поворачивать рамы без посторонней помощи и соблюдать последовательность выполнения сварочных работ.

Ремонт грунтового клапана заключается в вырезке изношенного листа или профиля и вварке новых элементов.

Черпаковая цепь состоит из черпаков и промежуточных звеньев (майонов), шарнирно сочлененных между собой пальцами. По способу изготовления черпаки могут быть сварными, литыми и комбинированными. Сварные черпаки изготовляют из листовой стали по шаблонам, а их полозки и холостые звенья — из стальной полосы или поковок из стали марки Ст4. Черпаки и спинки комбинированных черпаков отливают из стального литья марки 35Л, а зубья для камнечерпательниц — из легированных сталей.

Капитальный ремонт черпаков выполняют в такой последовательности. Ацетилено-кислородной строжкой или пневматическим зубилом удаляют сварной шов по периметру полозков. С помощью клиньев

разъединяют полозки и спинки черпаков, а поверхности зачищают от остатков сварных швов. Спинку и донышко черпака, в зависимости от размеров деформаций, правят в холодном или горячем состоянии. Обечайку черпака правят по шаблону, а обнаруженные трещины заваривают с разделкой кромок. Изготовленные полозки с подготовленными под сварку кромками подгоняют к спинке черпака и закрепляют на электроприхватках. Смонтированный черпак устанавливают на плиту, где размечают отверстия для втулок. Отверстия вырезают газовым резаком с припуском 2 мм на диаметр. Детали черпака стягивают струбцинами и сваривают обратноступенчатым швом, после чего проверяют параллельность полозков, не допуская отклонения более 3 мм на 1 м длины полозка. После приварки резака по всему периметру черпака и наплавки режущей кромки износостойкими покрытиями проверяют качество сварных швов. Чистовую расточку отверстий для втулок в полозках производят на расточном станке или с помощью специального приспособления, обеспечивающего параллельность и соосность отверстий и равенство шага черпаковой цепи.

При текущем ремонте черпаков восстанавливают режущие кромки резаков и отверстия в полозках, для чего по шаблону размечают места и толщину слоя наплавки. Изношенные места промежуточных звеньев восстанавливают электронаплавкой, а в отверстиях для колец подваривают изношенные места и растачивают, контролируя параллельность осей и шаг цепи по шаблону. При изготовлении новых полозков и холостых звеньев (майонных планок) отверстия пробивают в нагретом состоянии под окончательный размер с допуском отклонения расстояния между центрами отверстий $\pm 0{,}5$ мм на 1 м длины. Черпаковые звенья изготовляют с допусками: по длине звена $\pm 3{,}0$ мм на 1 м, по толщине $\pm 0{,}3$ мм на 0,1 м и по ширине $\pm 1{,}2$ мм на 0,1 м. Стопорные выступы на звеньях для фиксации черпаковых пальцев приваривают.

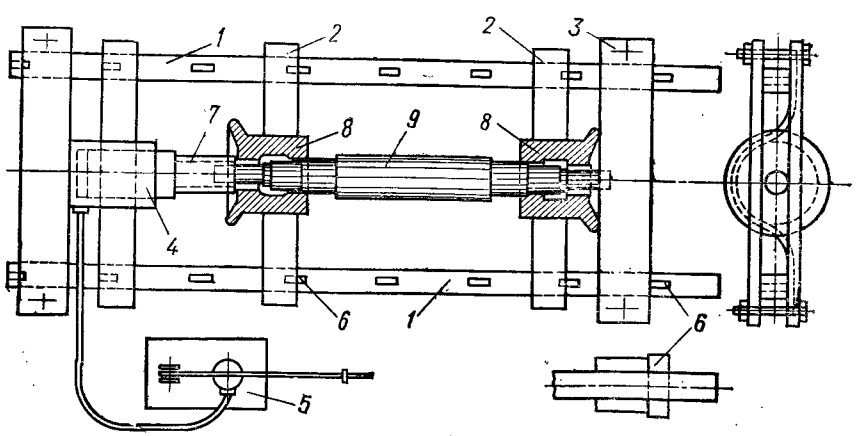


Рис. 179. Приспособление для прессовой посадки катушек черпаковых скатов на вал:

1 — штанга; *2* — опорные втулки; *3* — упорные планки; *4* — цилиндр пресса; *5* — пресс; *6* — клин; *7* — втулка; *8* — катушка (роульс); *9* — ось

При изготовлении деталей и сборке черпаковой цепи необходимо учитывать, чтобы между спинкой черпака и концами холостого звена был бы зазор для обеспечения поворота их относительно друг друга при прохождении цепи через верхний и нижний барабаны.

Черпаковые скаты по конструкции бывают с неподвижно насаженными на вал катушками (катушки заливают на вал или запрессовывают) и с независимым вращением катушек на валу (на шариковых или роликовых подшипниках). При заливке скатов на вал нельзя допускать их смещения по оси вала, чтобы обеспечить концентричность ската. Заливка катушек в земляные формы не дает отбельного чугуна, в результате чего они быстро изнашиваются. Чаще всего катушки отливают в кокили и производят прессовую посадку на вал с помощью специального приспособления, изображенного на рис. 179. Для прессовой посадки необходимо усилие 450—500 кгс на 1 мм диаметра вала. Для длительного использования шеек валов, работающих на подшипниках скольжения, на шейки насаживают в горячем состоянии буксы.

Монтаж скатов на черпаковой раме выполняют по струнам, чтобы верхние точки всех катушек находились в одной плоскости. Струны протягивают вдоль рамы по обоим рядам катушек вблизи их реборд, как изображено на рис. 180, от центра черпаковых барабанов на высоте $H_б$, равной

$$H_б = R - \frac{h}{2} - \frac{R}{2}\left(1 + \frac{180}{z}\right), \qquad (180)$$

где R — радиус описанной окружности по углам барабанов, мм;

h — ширина черпакового звена, мм;

z — число граней барабана.

Скаты устанавливают под углом 90° к оси черпаковой рамы, проходящей через середины барабанов.

Верхние (ведущие) черпаковые барабаны имеют четыре или пять граней, а нижние барабаны обычно имеют на одну грань больше. Верхние барабаны могут быть цельные или состоящие из двух частей. Обе половины насаживают на вал в горячем состоянии или с помощью гидравлического пресса с дополнительным креплением шпонками. Усилие

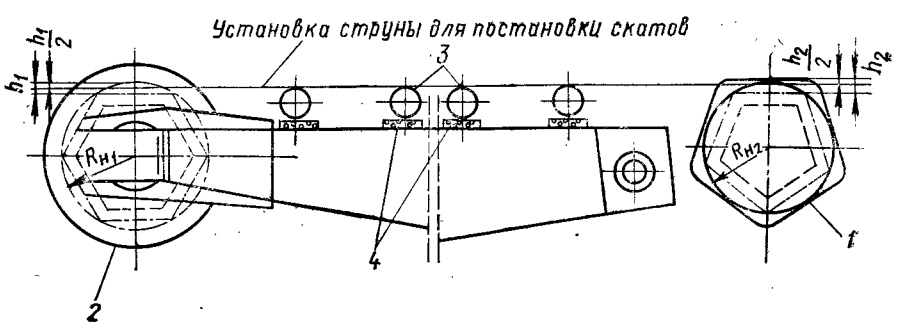


Рис. 180. Выверка положения черпаковых скатов на раме:

1 — верхний барабан; *2* — нижний барабан; *3* — скаты; *4* — прокладка

запрессовки должно быть не менее 350 кгс на 1 мм посадочной длины шейки вала. Так как грани обеих половин барабана должны лежать в одной плоскости, перед посадкой на вторую половину барабана и на вал наносят риски, которые при посадке должны быть совмещены.

Ремонт черпаковых барабанов сводится к заварке трещин и постановке призм или сменных угольников. Для заварки трещин барабан устанавливают на металлические козлы, на которых под шейки вала укладывают деревянные прокладки. Трещины по концам засверливают, разделывают с помощью газовых резаков или пневматических зубил под сварку и заваривают качественными электродами.

Постановка призм или сменных угольников на грани барабанов удлиняет срок их службы. Для постановки призм снимают с места шаблоны и по ним обрабатывают заготовленные призмы. Крепят их на барабане с помощью приваренных хомутов и болтов или электросваркой.

Срок службы барабанов увеличивают и наплавкой на грани износостойких покрытий специальными электродами 12АН(ЛИВТ), ЦН-350, ОЗН-400 и др.) или стальным электродом по крупке феррохрома, а при отсутствии таковой — по крупке чугуна. Наплавленную поверхность зачищают наждачными кругами, чтобы иметь минимальную шероховатость. Размер граней после наплавки должен строго соответствовать паспортным данным (отклонения размеров допускают ±2 мм). Проверять размеры граней после наплавки удобно с помощью шаблона, изображенного на рис. 181. Шаблон представляет собой угольник *1*, охватывающий две грани барабана и передвигающийся вдоль оси последнего по двум направляющим штангам *2*, закрепленным в отверстиях реборды *3*. Отверстия в ребордах сверлят по разметке с учетом высоты шаблона, требуемых размеров граней и параллельности осей каждой пары отверстий.

Верхний привод вращает черпаковый барабан черезременную, шарнирную, валиковую или электрическую передачу. У большинства земснарядов на валу барабана насажены стальные зубчатые колеса диаметром 3000—3500 мм с литыми зубьями.

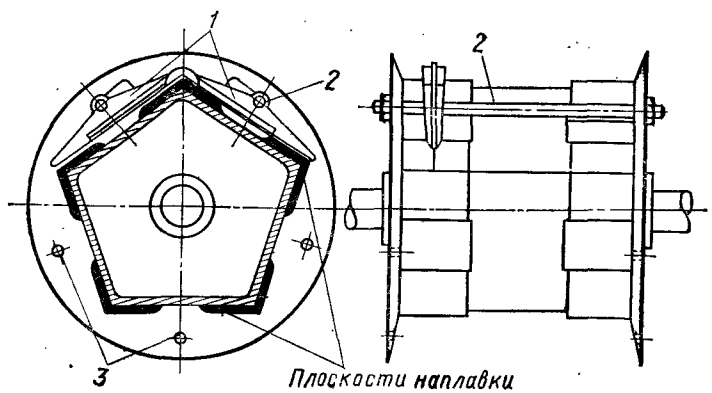


Рис. 181. Шаблон для контроля за наплавкой граней барабанов

При текущем ремонте верхний привод вскрывают, очищают и осматривают вкладыши, подшипники, шейки, валы, зубчатые зацепления и детали крепежа. Для среднего ремонта характерна замена (переплавкой) вкладышей подшипников и изношенных малых шестерен, перебивание шпонок, а при необходимости — переворачивание больших шестерен. При капитальном ремонте заменяют изношенные шестерни и наплавляют зубья у больших шестерен, если их износ превышает 20—25% толщины зуба, ремонтируют или заменяют валы и другие детали. Для производства ремонтных работ насаженные детали снимают с помощью стяжных скоб, клиньев или путем их нагрева. Если большие шестерни выполнены разъемными, для съема их с валов достаточно разрезать газовым резаком стяжные кольца, которые были насажены на ступицу при монтаже в горячем состоянии. Ремонт зубчатых колес вызывается износом или поломкой зубьев. Сломанные зубья вырубают до основания, тщательно зачищают и на место сломанного зуба ввертывают две-три шпильки. Затем вокруг шпилек наплавляют металл, придавая ему форму зуба, вручную опиливают наплавленный металл и с помощью шаблона восстанавливают его профиль.

При наплавке зубьев больших модулей можно использовать медные шаблоны, которые после наплавки металла легко вынимаются, а профиль наплавленного зуба соответствует лекальной поверхности шаблона. Наплавку зубьев производят качественными электродами марки Э42, обеспечивающими высокие механические качества наплавленного металла.

У изношенных шестерен профиль зубьев восстанавливают электронаплавкой. Для этого снятую шестерню насаживают на временный вал и устанавливают на металлические подставки (или воробы) для возможности поворачивания шестерен при наплавочных работах. Чтобы не допустить деформацию шестерни, зубья наваривают не подряд, а через четыре зуба на пятый, и за один прием наплавляют не более одного слоя. Наплавку начинают с корня зуба и после каждого слоя наплавки его проковывают молотком и зачищают металлической щеткой. Наплавку изношенного зуба делают с припуском на обработку 3—4 мм на сторону. Форму наплавки контролируют с помощью шаблона, накладываемого с торцов шестерни. При этом необходимо совмещать контрольные риски шаблона с рисками на зубчатом колесе. После приемки наплавленной шестерни контролером ОТК, торцы шестерни зачищают от наплывов сварки, покрывают их меловой краской и по шаблону размечают профиль зубьев.

Строжку зубьев на судоремонтных заводах производят на вертикально-строгальном или долбежном станке. Для этого изготовляют стол из деревянных брусьев, на который устанавливают чугунную плиту. Обрабатываемую шестерню устанавливают на подшипник, размещенный на плите, для осуществления поворота шестерни при обработке каждого зуба. К плите шестерню крепят струбцинами, которые снимают при необходимости каждого поворота шестерни. Схема восстановления электронаплавкой больших шестерен с шевронными зубьями изображена на рис. 182. Обработку восстановленных зубьев производят профильной фрезой на расточном станке.

Посадку восстановленных шестерен на валы можно производить в горячем состоянии или в холодном с помощью гидравлического пресса с усилием напрессовки 320—360 кгс на 1 мм диаметра вала в месте посадки. Усилие напрессовки (в тс) можно определить по формуле:

$$P = \frac{a\left(\frac{D_c}{d} + 0{,}3\right) il}{\frac{D_c}{d} + 6{,}35}, \qquad (181)$$

где a — коэффициент, принимаемый равным 4,3 — для чугунных насаженных деталей и 7,5 — для стальных;

D_c — наружный диаметр ступицы шестерни, мм;

d и l — соответственно диаметр и длина шейки вала в месте посадки, мм;

i — натяг, принимаемый по таблицам для заданного класса точности, мм.

Вкладыши подшипников верхнего барабана изготовляют из бронзового сплава ОСЦ6-6-3 или ОФ-10-1, из чугуна, залитого баббитом, либо из антифрикционного ковкого или титано-медистого чугуна. Собирать верхний привод лучше в цехе. При сборке необходимо, чтобы:

вал верхнего барабана и первый промежуточный лежали в одной горизонтальной плоскости (с отклонением не более 0,55 мм на 1 м длины вала);

оси валов верхнего барабана и промежуточных были параллельны между собой (с отклонением не более 0,3 мм на 1 м длины) и перпендикулярны ДП земснаряда;

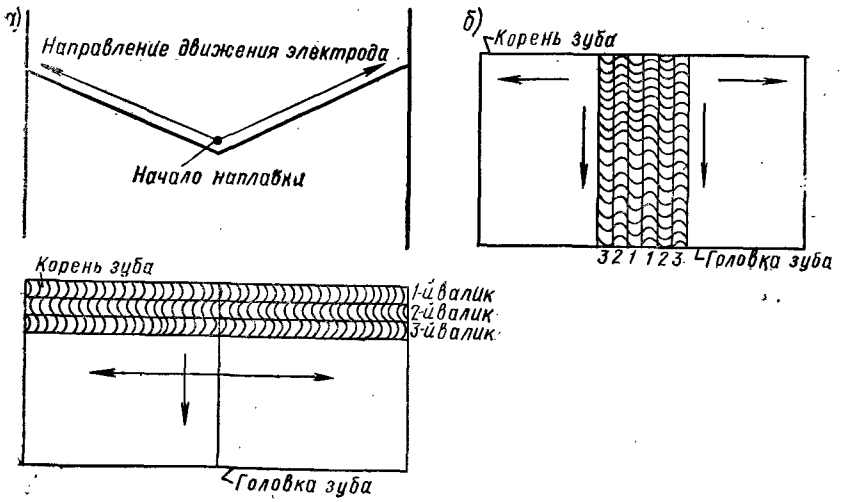


Рис. 182. Порядок нанесения слоев наплавки на шевронные зубья:
а — первого; *б* — второго

были выдержаны межосевые расстояния между валами (с отклонением ±0,8 мм);

вершины зубьев каждой пары шестерен, входящих в зацепление, находились в одной вертикальной плоскости (с отклонением не более 0,5 мм), а у шевронных шестерен вершины зубьев были направлены в сторону вращения шестерен.

Параллельность валов проверяют штихмасами в двух сечениях при взаимно перпендикулярном положении радиуса вала верхнего барабана. Радиальный зазор между зубом одного и впадиной сопряженного с ним другого зубчатого колеса должен лежать в пределах 0,25 — 0,35 модуля зацепления. Радиальный зазор замеряют по высоте оттисков свинцовых прокладок.

Рефулерный насос является одним из главных элементов рабочего устройства землесосного снаряда, обеспечивающий всасывание и транспортировку водогрунтовой смеси. Наиболее распространены насосы с улиткообразным корпусом и рабочим колесом закрытого типа. Они подлежат замене или ремонту, если:

износ шейки рефулерного вала в сальнике задней крышки более 20% толщины обшивки, а разработка сальника более 2,5% диаметра отверстия;

износ облицовок передней и задней крышек насоса более 30% первоначальных толщин и уменьшение толщины радиальных облицовок корпуса свыше 70%;

износ лопастей и стенок реборд рабочего колеса более 70% их первоначальной толщины, а также при ослаблении посадки рабочего колеса на валу и износе и ослаблении более 60% болтов, крепящих облицовку (бронедиски) к корпусу и крышкам насоса;

износ стенок горловины более 70% их первоначальной толщины, а также при увеличении зазоров в соединениях выше допускаемых нормами.

Ремонт насоса сводится к замене изношенных деталей новыми или заранее отремонтированными. При профилактическом ремонте рефулерного насоса изношенные места наплавляют электросваркой, в местах сквозных износов вваривают вставки, а изношенные концы лопастей рабочего колеса подваривают. Сильно изношенные места корпуса насоса можно восстановить цементом или эпоксидным компаундом.

Рабочее колесо рефулерного насоса, восстановленное электронаплавкой, новое литое или сварное после станочной обработки должно быть отбалансировано. Дебаланс устраняют подрубкой лопастей с внутренней стороны или наплавкой валиков на одну из лопастей с последующей ее зачисткой. Дебаланс допускается не более 40 г на 1 м внешнего диаметра.

Облицовки корпуса сварного рефулерного насоса делают из листовой стали толщиной 20—25 мм. Дублирующие листы к половинкам спиральной облицовки делают из нескольких вырезанных по шаблонам секций, которые сваривают и крепят к облицовке болтами. Пространство между стенками дублирующих секций и спиральной облицовкой корпуса заполняют цементным раствором. После сборки обеих

половин спиральной облицовки в корпусе насоса, их стыки зачеканивают, заполняя пространство медным прутком.

Горловины стальных крышек насоса в местах износа восстанавливают электронаплавкой с последующей зачисткой наждачным кругом с доведением до проектных размеров.

Вставные отсекатели (грунтоотбойные углы), которыми оборудованы многие рефулерные насосы, также восстанавливают износостойкой наплавкой.

Разрыхлительные устройства земснарядов могут быть механические и гидравлические. Наиболее распространены механические фрезерные устройства с открытой и закрытой фрезой и гидравлические с прямым и криволинейным фронтом размыва.

При ремонте фрезы срезают поврежденные и изношенные ножи и зубья и приваривают новые стальные литые или кованые. Режущие кромки ножей наплавляют износостойкими покрытиями—электродами 13КН (ЛИВТ), Т-590 или Т-620, или сваркой по крупке феррохрома. Валопровод разрыхлителя ремонтируется по технологии, составленной для транспортных судов.

Учитывая значительный износ концевого подшипника вала разрыхлителя, вкладыши его (для надежности в работе) изготовляют из чугуна и смазку подают под давлением. Иногда эти вкладыши делают из дубовых брусков или древеснослоистого пластика, однако такие вкладыши, как и резиновые, быстрее изнашиваются из-за повышенных нагрузок при резании и большой массы фрезерных разрыхлителей.

Ремонт гидравлических разрыхлителей сводят к смене поврежденных или изношенных участков трубопровода, замене уплотнительных прокладок и сопловых наконечников. При ремонте грунтопроводов и смене изношенных звеньев заменяют изношенные фланцы. При сборке грунтопровода особое внимание уделяют достижению плотности соединений, так как малейшая неплотность влияет на работу рефулерного насоса и снижает производительность земснаряда. Шаг болтовых креплений сосуна к грунтопроводу и толщину резиновых прокладок выбирают из условий обеспечения надежной плотности соединений. Для предотвращения износа сопел разрыхлителя и исключения попадания песка в гидросистему воду для насосов забирают у бортов через водозаборные ящики. Изношенные и поврежденные шаровые соединения восстанавливают наплавкой сферических поверхностей и дальнейшей их механической обработкой. Если ремонтное предприятие не располагает оборудованием для проточки шара и чаши, шаровые соединения заменяют новыми, заранее изготовленными на других предприятиях.

Швартовные устройства ремонтируют восстанавливая изношенные и поврежденные участки или заменяют отдельные детали. Места надрезов и истирания стальных кнехтов восстанавливают электронаплавкой на месте, а если износ или повреждения значительны, детали заменяют новыми.

Для уменьшения износа папильонажных и становых тросов особое внимание уделяют ремонту и качеству монтажа киповых устройств. Блоки для уменьшения сопротивления трения устанавливают на подшипниках качения, а направляющие ролики изготовляют из серого чугуна, причем диаметры роликов выбирают в зависимости от диаметра тросов и нагрузок.

От качества монтажа киповых устройств зависит свободное вращение роликов и блоков вокруг своих осей на всех режимах работы лебедок при допускаемых углах отклонений тросов от ДП. Если износ роликов и блоков весьма значителен, экономически целесообразнее заменять их новыми, чем восстанавливать электронаплавкой без соответствующей термической и механической обработки. Ремонт швартовных устройств выполняют по специально разработанной технологии, предусматривающей термическую и механическую обработку чугунных деталей для уменьшения износа тросов.

§ 68. МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РАБОЧИХ УСТРОЙСТВ

Длительность работы узлов рабочих устройств земснарядов зависит от конструкции и материалов, применяемых для изготовления и восстановления быстроизнашивающихся деталей.

От структуры материала зависят его механические свойства: твердость, предел прочности, предел текучести, относительное удлинение, ударная вязкость и др. Ферритная структура металла отличается малой твердостью и большим относительным удлинением, мартенситная — высокой твердостью и хрупкостью, аустенитная — значительной вязкостью и способностью воспринимать наклеп и др. Преобладание структурной составляющей предопределяет стойкость детали к определенному виду износа. Сталь мартенситной (игольчатой) структуры обладает большей кавитационной стойкостью, что весьма важно для деталей рефулерных насосов, а сталь аустенитной структуры (например, сталь Гатфильда) — хорошей устойчивостью против абразивного износа, что предопределяет ее применение для деталей черпаковой цепи.

Для изготовления и ремонта деталей рабочих устройств применяют стали и чугуны следующих марок:

стали: ЭИ-256 (7-13) и ЭИ-269 — для черпаковых пальцев, втулок, колец и съемных угольников верхних барабанов; 45Х, 40Г, ХГСЛ — для рабочих колес и облицовок рефулерных насосов; стальное литье 25Л, 35Л, 45Л и 55Л — для литых деталей;

чугуны: хромистые — для рабочих колес и облицовок рефулерных насосов; титано-медистые — для вкладышей подшипников передач; СЧ28-48 — для катушек скатов, черпаковых стоек и др.

Термическая обработка существенно влияет на механические свойства стали (см. табл. 25, где приведены механические свойства стали с содержанием 0,85% С и 14% Мн).

Сталь ЭИ-256 обладает высоким сопротивлением износу за счет наклепа, приводящего к повышению твердости поверхностного слоя. Износостойкость чугунных деталей зависит от технологии литья. Катушки черпаковых скатов, отлитые в металлические формы (кокили), получают отбел поверхностного слоя и после ступенчатого от-

Таблица 25

Механические свойства	После ковки	Охлаждение с 1000° С		
		на воздухе	в масле	в воде
Предел прочности $\sigma_в$, кгс/мм²	56,7	75,6	86,6	105,5
Относительное удлинение δ, %	2	14	27	41

жига, снимающего литейные напряжения и уменьшающего хрупкость поверхностного слоя, успешно противостоят изнашиванию. Для отливки колес и облицовок некоторых рефулерных насосов применяют хромистый чугун с содержанием: 3,3 ÷ 3,6% С, 1,8 ÷ 2,2% Si, 0,5 ÷ 0,8% Мн, 1,8 ÷ 2,2% Cr, до 0,5Р. Твердость такого чугуна лежит в пределах 300 — 400 НБ. Поскольку хромистый чугун обладает пониженной жидкотекучестью, его заливают в формы при температуре 1320—1350° С. Детали, отлитые из хромистого чугуна, работают в 2,5—3 раза дольше, чем из серого чугуна. Более износостойки ролики черпаковых скатов, изготовленные из хромисто-марганцовистой стали. Их удельный износ составляет примерно 0,42 мм на 1000 ч работы земснаряда. Срок службы деталей рабочих устройств можно повысить применением различных износостойких покрытий режущих кромок. Режущие кромки черпаков, зубьев, ножей разрыхлителей наплавляют сталинитом и другими твердыми сплавами, а также электродами со специальной обмазкой. Восстановление размеров ремонтируемых и повышение износостойкости изготовляемых деталей производят наплавкой поверхностей пластинчатыми электродами под слоем флюса с целью легирования наплавленного слоя феррохромом и ферромарганцем. При разработке технологии наплавки необходимо учитывать свариваемость стали, которая зависит от содержания углерода и легирующих элементов, (чем их больше, тем хуже). Например, марганец в количестве 0,35 — 0,80% положительно влияет на свариваемость, так как способствует удалению кислорода и серы из расплавленной ванночки металла и увеличивает вязкость и прочность наплавленного валика; хром же образует тугоплавкие окислы и закалочные структуры, ухудшая этим свариваемость стали.

Поверхности рабочих устройств, соприкасающиеся с абразивной средой, покрывают износостойкими наплавками. Для облицовки корпусов, крышек и внутренних стенок рабочих колес рефулерных насосов используют корундовые покрытия, срок службы которых в 3 раза выше стальных облицовок.

Для восстановления изношенных зубьев шестерен, муфт и других деталей можно применить термитный метод наплавки, заключающийся в следующем. В графитный тигель засыпают термитную смесь с легирующими добавками. Для восстановления стальных деталей хорошие результаты дает следующий состав смеси (в процентах по массе): мелко размолотая железная окалина—75%, алюминий в виде опилок (мелких стружек)—23%, ферромарганец — 0,5%, феррохром — 0,5%, ферросилиций—0,5% и мелкие обрезки стали—0,5%.

В донышке тигля делают отверстие, которое закрывают металлической пластинкой. Восстанавливаемую деталь помещают в форму для выплавляемой модели (смесь парафина и стеорина) и устанавливают ее под тиглем. Тигель закрывают крышкой, в которой имеется отверстие для зажигания термитной смеси с помощью специального запальника или электродуги. По окончании реакции перегретый металл расплавляет пластинку, закрывающую отверстие в донышке, и вытекает из тигля в форму. Деталь восстанавливается сплавлением залитого в форму металла с поверхностным слоем металла детали. Восстановленную деталь при необходимости отжигают при температуре 900° С. Преимущества термитной наплавки: отсутствует необходимость механической обработки после восстановления детали (при высокой точности изготовления выплавляемой модели, быстрота процесса наплавки, возможность нанесения на деталь высоколегированных сплавов при несложном оборудовании.

В ЛИВТе проведено исследование по упрочению деталей сочленения черпаковых цепей, изготовленных из стали Ст. 5, методом электролизного борирования с последующей термической обработкой (закалка в воде при 850° С, отпуск при 200° в течение 2 ч). Натурные испытания показали, что при глубине борированного слоя 0,4 мм и глубине закаленного подслоя 0,8 — 1,9 мм, черпаковые пальцы и втулки проработали почти в 3 раза дольше, чем кованные из стали ЭИ-256.

Восстановление отдельных деталей можно производить электролитическим осталиванием, т. е. нанесением на поверхность детали электролитического железа, имеющего более высокую прочность и твердость по сравнению с химически чистым железом. Процесс восстановления протекает в ванне, наполненной электролитом, в которой помещены два электрода: катод, которым является восстанавливаемая деталь, и анод из пластины малоуглеродистой стали. Электроды подсоединены к генератору постоянного тока. При электролизе ионы двухвалентного железа разряжаются на катоде, покрывая его слоем электролитического железа, при этом анод растворяется и ионы его поступают в раствор. Твердость осажденного слоя железа зависит от плотности тока, состава и температуры электролита; толщина нанесенного слоя покрытия может быть несколько миллиметров, в зависимости от условий работы восстановленная деталь может быть подвергнута последующей термодиффузионной обработке: цианированию, сульфоцианированию, цементации и др.

Кроме стали, чугуна и других сплавов для изготовления и ремонта деталей рабочих устройств применяют различные марки резины, цемент и эпоксидные компаунды.

Резина хорошо противостоит истиранию. В отличие от материала, имеющего кристаллическое строение, резина является аморфной, у которой отсутствуют плоскости наименьших сопротивлений, она обладает одинаковыми механическими свойствами во всех направлениях. Продукты износа резины являются коллоидальными и не оказывают абразивного воздействия на сопряженные с ними поверхности трения.

Износостойкость резин, изготовленных на основе каучуков одной и той же структуры, повышается с увеличением ее эластичности, сопротивляемости раздиру и уменьшением модуля упругости. Эти свойства резин, используемые для противоударного воздействия гидроабразивных частиц, проявляются при толщине резинового слоя не менее 10—12 мм. Исследования, выполненные ЛИВТом по армированию деталей рефулерного насоса, показали, что надежность работы арморезиновых деталей зависит не только от марки резины, но и от адгезии резины к металлу. Адгезия, в свою очередь, зависит от качества подготовки металлической поверхности армируемых деталей и от структуры клея и резины. Для армирования крупногабаритных деталей сложной формы наиболее надежным является компрессионно-литьевой метод с применением клеев ПТ-701 и «Лейконат» при пескоструйной очистке склеиваемой поверхности.

Опыт применения резины для увеличения износостойкости деталей был проведен при изготовлении скатов с резиновыми роликами, набранными из листовой резины, как показано на рис. 183. Такие скаты проработали без ремонта несколько навигаций.

В качестве противокавитационных покрытий можно применять эпоксидный компаунд, состоящий из смол горячего или холодного отверждения с добавкой цемента, речного песка или графита. Этим составом можно восстанавливать изношенные стальные и чугунные детали рефулерных насосов как в зимнем, так и в навигационном ремонте. При отсутствии эпоксидных смол в навигационном ремонте иногда используют бетон для заполнения изношенных мест в крышках и корпусах рефулерных насосов.

Износостойкость деталей рабочих устройств земснарядов может быть повышена за счет разработки и внедрения рациональных конструкций отдельных узлов и технологии их изготовления. Неудачное расположение полозков по длине черпака приводит к продавливанию спинок. Постановка дополнительных кронштейнов для удлинения полозков устраняет этот недостаток конструкции черпака. Изготовление комбинированных черпаков с литой кареткой и утолщенными резаками позволит удлинить их срок службы. Отверстия под кольца в промежуточных звеньях черпаковой цепи необходимо протачивать, что позволит производить плотную запрессовку колец и предохранить их от проворачивания и смятия. Изготовление пары трения из разнородных металлов позволяет снизить их удельный износ, например, втулки изготовленные из марганцовисто-хромистой стали, а черпаковые пальцы — из хромисто-никелевой стали, после механической обработки и монтажа с минимальными зазорами отработали без замены 6 тыс. ч. Применение в шарнирных соединениях черпаковой цепи «плавающих» пальцев вместо фиксированных упрощает изготовление пальцев и удлиняет их срок службы. Учитывая, что первые

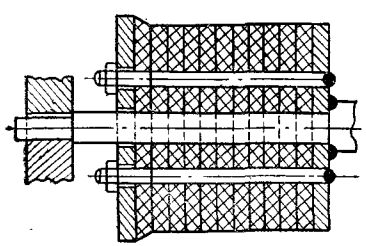


Рис. 183. Черпаковый скат с наборными резиновыми роликами

скаты от верхнего и нижнего черпаковых барабанов перегружены и работают в самых неблагоприятных условиях, что вызывает частую поломку их осей, необходимо увеличивать диаметр осей этих скатов на 30—50%. Надежность работы деталей черпаковых устройств зависит от смазки в узлах трения. Внедрение централизованной автоматической смазки подшипников валов верхнего и нижнего барабанов, подшипников осей черпаковых скатов и промежуточных валов черпакового привода создает условия для работы трущихся узлов с постоянной смазкой под высоким давлением и исключает возможность проникновения абразивной среды в масляные зазоры. Применение рациональных конструкций уплотнений этих узлов наряду с автоматической смазкой увеличивает надежность их эксплуатации.

Долговечность рефулерных насосов, перекачивающих водогрунтовую смесь, в значительной степени зависит от их конструкции. В настоящее время при проектировании рабочих колес рефулерных насосов применяют новые методы профилирования лопастей. Опыт эксплуатации землесосных снарядов показал, что у некоторых насосов изменение угла на выходе рабочего колеса с 30 на 10° увеличило его срок службы примерно в 2 раза при том же КПД насоса. Применение рефулерных насосов с низкой частотой вращения, особенно у высокопроизводительных землесосов, также способствует уменьшению износов и позволяет получить КПД насосов до 0,88.

Значительную роль в повышении износостойкости рабочих устройств земснарядов играют монтажные зазоры, так как попадание абразива в узлы трения зависит от размера зазора между сопряженными деталями. Соблюдение монтажных зазоров между дисками рабочего колеса и облицовками крышек насосов снижает интенсивность их изнашивания. Учитывая рост оснащенности судоремонтных заводов современным технологическим оборудованием, требования к монтажу и соблюдению минимальных монтажных зазоров должны быть такими же, как и к монтажу вновь изготовляемых узлов дноуглубительных снарядов.

§ 69. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РЕМОНТЕ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ СНАРЯДОВ

Сложность демонтажа и монтажа рабочих устройств земснарядов, необходимость передвижения крупногабаритных и тяжелых деталей и узлов при ремонте приводит к необходимости создавать безопасные условия труда. Большое внимание должно быть уделено созданию нормальных и безопасных условий труда непосредственно на земснарядах при производстве ремонтных и монтажных работ, а также на рабочих местах в цехах и площадках вне цеха.

Ответственность за соблюдение безопасных условий труда при ремонте и монтаже рабочих устройств и всей судовой техники возлагается на мастера участка и командира земснаряда. Бригадиры и члены ремонтных бригад должны получить соответствующий инструктаж по соблюдению безопасных условий труда.

Для безопасности при ремонте черпакового привода верхняя площадка должна иметь надежное ограждение высотой 0,8 — 1,0 м,

а трапы, ведущие на площадку, должны быть сделаны из рифленого железа и оборудованы двусторонними поручнями.

Особое внимание следует уделять техническому состоянию полиспастов, блоков и тросов, с помощью которых производят демонтажно-монтажные работы по черпаковому устройству; прочность троса должна соответствовать весу поднимаемых деталей и узлов. На площадке черпакового привода и тентах, расположенных выше главной палубы, нельзя оставлять инструмент и детали, которые могут упасть на главную палубу и нанести травмы рабочим, занятым ремонтом палубных механизмов. Ремонтные работы можно начинать после соответствующей подготовки рабочего места, устройства лесов и подмостей. Леса и подмости можно устанавливать на палубе, рассчитанной на повышенные нагрузки. Если палуба недостаточно прочна, ее подкрепляют стойками. Сооружение лесов и подмостей на земснарядах допускается только по чертежам надежных конструкций, в которых предусмотрены ограждения устойчивыми перилами высотой не менее 1 м с бортовыми досками шириной не менее 18 см. Окрасочные работы всех конструкций земснарядов можно производить только после тщательной проверки качества трапов и подмостей. При окрасочных работах пользоваться открытым огнем запрещается.

Разбирать и ремонтировать рамоподъемное устройство можно после того, как черпаковая рама будет уложена на опорную балку, лежащую под рамой поперек прорези. При замене черпаковых болтов и втулок в черпаковой цепи необходимо пользоваться соответствующими приспособлениями и инструментом. Во время демонтажа и монтажа черпаковой цепи в рабочее положение находиться на цепи или на раме запрещается.

В процессе сдаточных испытаний черпаковых земснарядов осматривать грунтовой колодец разрешается только под руководством вахтенного помощника командира при остановленном приводе черпакового устройства. При этом на пусковых устройствах следует вывешивать предупредительные аншлаги. Для опробования черпакового привода командир или его помощник до пуска должны лично убедиться в отсутствии людей в грунтовом колодце.

На землесосных снарядах особое внимание уделяется при работе с рефулерными устройствами. В процессе испытаний снаряда перед осмотром рабочего колеса и межлопастного пространства через люки на корпусе рефулерного насоса, а также подшипников вала механического разрыхлителя главный двигатель рефулерного насоса должен быть остановлен. На паровых машинах, приводящих в действие насос, закрывают главный стопорный вентиль и открывают продувные краны цилиндров. При этом на пусковые устройства приводных двигателей (машин) устанавливают аншлаг: «Не пускать». При необходимости замены на землесосных снарядах всасывающего устройства эту операцию выполняют с помощью носового грузового или плавучего крана. Переход с землесоса на плавучий грунтопровод разрешается только по трапам, оборудованным поручнями. Нельзя допускать к очистке сосуна людей без спасательных ремней и установки закрепленного трапа с поручнями.

Случаи травматизма на земснарядах бывают из-за нарушения правил выполнения грузовых операций при демонтажных и монтажных работах. При застропке груз необходимо обхватить тросами так, чтобы последние не скручивались и не имели узлов. Трос считается непригодным для грузовых операций, если число поврежденных проволок превышает 10% от общего количества имеющихся во всех прядях в любом месте на длине 10 диаметров.

При застропке тяжелых деталей или узлов с острыми углами, чтобы не повредить тросы, на углы следует устанавливать деревянные прокладки. Углы наклона стропов к вертикальной плоскости должны быть острыми. Застропку крупногабаритных грузов лучше производить парными стропами и учитывать центр тяжести конструкции.

При ремонтных и монтажных работах рабочие места должны быть хорошо освещены. В процессе сдаточных испытаний земснарядов, если необходим повторный ремонт отдельных механизмов, на всех рукоятках приводных и ручных выключателей тока, разъединительных пускателях различного типа, с помощью которых подается ток на механизм, вывешивают аншлаг, запрещающий включать ток. При ремонте электрооборудования земснарядов нужно соблюдать Правила техники безопасности при эксплуатации и ремонте электрооборудования судов речного флота.

Глава XIX

ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА СКОРОСТНЫХ СУДОВ

§ 70. РЕМОНТ КОРПУСОВ СУДОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Алюминиевые сплавы в качестве конструкционных материалов применяют для постройки корпусов судов на подводных крыльях, что позволяет снизить вес корпуса в сравнении со стальными корпусами на 30—50%. Чистый алюминий не обладает достаточной прочностью, поэтому его легируют такими элементами, как магний, марганец, кремний, цинк, железо, медь, хром, титан, ванадий. Легирование способствует повышению прочности, однако несколько снижает коррозионную стойкость и пластичность сплавов. В зависимости от состава и количества легирующих элементов алюминиевые сплавы подразделяют на деформируемые и литейные.

Деформируемые алюминиевые сплавы (ГОСТ 4784—65) изготовляют в виде плит, листов, полос, лент, труб, проволоки, прутков и т. д. Они, в свою очередь, делятся на термически неупрочняемые (технический алюминий АД, алюминиево-марганцевый сплав АМц, алюминиево-магниевый сплав АМг) и термически упрочняемые (дюралюминий, авиаль, сплавы на основе алюминий — цинк — магний и жаропрочные ковочные сплавы АК).

Сплавы АМц, АМг1, АМг2, АМг3 технологичны (штампуются, свариваются, обрабатываются резанием), имеют высокую пластичность и коррозионную стойкость, но из-за низких механических свойств идут

для нерасчетных конструкций корпуса (выгородки, вентиляционные трубы и др.).

Более высокими механическими свойствами и удовлетворительной пластичностью обладают сплавы АМг5П, АМг6, и 1561. Они хорошо свариваются контактной и аргонодуговой сваркой и применяются для изготовления нагруженных корпусных конструкций: обшивки корпуса, набора, надстроек и др.

Корпуса речных судов на подводных крыльях построены из различных алюминиевых сплавов: теплоход типа «Ракета» и «Метеор» — из дюралюминия Д16, а теплоход «Спутник» — из алюминиево-магниевого сплава.

Термически упрочняемые сплавы не сохраняют высокие механические свойства в местах повторного нагрева. Поэтому прочность сварных соединений из этих сплавов снижается до 60% от прочности основного металла.

Использование термически упрочняемых сплавов (дюралюминия) в качестве конструкционных материалов для постройки или ремонта корпуса вызывает необходимость применения клепаных соединений или соединений с помощью контактной сварки. При контактной сварке снижение прочности незначительно, а работоспособность такого соединения не уступает клепаному. Для повышения статической и усталостной прочности контактную сварку выполняют по клеевому соединению.

В процессе эксплуатации корпуса судов на подводных крыльях изнашиваются и деформируются. Основным видом естественного износа является коррозия обшивки, появляющаяся в местах повреждения защитного покрытия. Различные деформации: пробоины и трещины, появившиеся в результате ударов корпуса при встрече с плавающими предметами, при швартовке, при посадке на мель, а также в результате неправильной посадки на кильблоки при постановке судна на ремонт. Деформация обшивки может привести к водотечности корпуса из-за нарушения заклепочных швов.

Для восстановления заклепочных швов необходимо удалить изоляцию или декоративную обшивку в районе водотечности и затем испытать непроницаемость швов с помощью сжатого воздуха и мыльной пены.

Обнаруженные дефектные заклепки высверливают, а отверстия развертывают и зенкуют под диаметр новой заклепки с припуском 0,1—0,2 мм. По окончании сверления и зенкования удаляют стружку и заусенцы, места соединения шва и заклепок перед их установкой обезжиривают уайт-спиритом и покрывают грунтом ВЛ-02, АЛГ-1 или АЛГ-5.

Клепку производят в холодном состоянии пневматическим молотком или вручную заклепками из алюминиевых сплавов. В зависимости от того, к какой головке (закладной или замыкающей) приложено усилие, различают прямой или обратный способ клепки. При прямом способе удары бойком молотка наносят по замыкающей головке, при обратном—по закладной. При затруднении клепки с внутренней стороны корпуса применяют обратный способ клепки, при этом замыкающую

головку осаждают с помощью специальной поддержки. После завершения клепки вновь производят контрольные испытания непроницаемости швов, а затем замыкающие головки покрывают оксидирующим составом с помощью кисти. При толщине обшивки более 3 мм все восстановленные швы в подводной части корпуса должны быть подчеканены и уплотнены клеем Б-10. На особо ответственных швах производят дополнительную герметизацию головок заклепок чеканкой и клеем. Восстановленный участок шва грунтуют и окрашивают той же краской, что и корпус судна.

При появлении трещин в обшивке необходимо определить их границы и засверлить концы на всю толщину листа, чтобы предупредить их дальнейшее распространение. При наличии трещин, расположенных от кромки листа до заклепочного отверстия, а также между заклепочными отверстиями, сверлить отверстия не надо.

Если конструкция корпуса сварная, необходимо разделать кромки трещин под сварку. Ремонт корпусных конструкций, изготовленных из алюминиево-магниевых сплавов, следует выполнять аргонодуговой сваркой. Заваривать отверстия по концам трещин следует после заварки трещин.

При клепаной конструкции корпуса трещины заделывают с внутренней стороны корпуса, устанавливая накладки на эпоксидных компаундах. Для этого необходимо удалить изоляцию, очистить обшивку с внутренней стороны в районе расположения трещин, обезжирить этот участок и подготовленную для установки накладку с помощью уайт-спирита. Размеры накладки должны перекрывать местоположение трещин на 30—40 мм на сторону.

Подготовив накладку и место ее установки, смешивают эпоксидный компаунд, так как период его полимеризации при температуре воздуха 20—25° С не превышает 90 мин. В компаунд входят следующие составы: эпоксидная смола ЭД-5 или ЭД-6 — 100 весовых частей, отвердитель полиэтиленполиамин 8—10 весовых частей, пластификатор дибутилфтолат 20—30 весовых частей и наполнитель (асбестовое волокно, портландцемент и др.) 20—50 весовых частей.

Приготовленный компаунд наносят шпателем слоем 0,1 мм на заранее обезжиренную поверхность обшивки и накладки. После 5—10-минутного перерыва, необходимого для испарения эфирных частиц компаунда, накладку прижимают к обшивке с помощью специального приспособления, крепящегося к набору корпуса и имеющего прижимные винты. При отсутствии специального приспособления прижимать можно с помощью закладных деревянных клиньев. Прижим не должен быть чрезмерным, чтобы не выжать весь компаунд между накладкой и обшивкой. Полная полимеризация компаунда при температуре 20—25° С длится 48 ч. Для ускорения процесса место установки накладки подогревают теплым воздухом или инфракрасными лампами до 80° С, при этом период полимеризации завершается в течение 4—6 ч. Сняв прижимное приспособление, сверлят накладку по отверстиям, высверленным на концах трещин в обшивке, и зенкуют их. Дальнейшие операции клепки, испытания непроницаемости, грунтовки и окраски производят теми же методами, что и при ремонте клепаных швов.

При обнаружении трещин в наборе клепаного корпуса заделывают их также установкой накладок. Для этого необходимо удалить заклепки, соединяющие полотнище рамного шпангоута с обратным угольником в районе трещин, и заготовить шаблон для изготовления накладок. Накладка полотнища рамного шпангоута и коротыш холостого набора по длине должны захватывать не менее трех заклепок по каждую сторону трещины. После разметки контура накладки и отверстий под заклепки обрезают накладку и сверлят отверстия в ней и в наборе в районе расположения трещин. Следующими операциями являются очистка накладок и набора от стружки, старой краски и других загрязнений, их грунтовка и соединение на сборочных болтах. Между деталями, обжатыми под клепку, не должно быть зазора на расстоянии, равном 1,5 диаметра заклепки от ее оси. В остальных местах зазор не должен превышать 0,1 мм. В процессе клепки сборочные болты следует снимать последовательно, по мере постановки заклепок по обе стороны болта. Завершив клепку, грунтуют замыкающие головки и окрашивают восстановленный набор.

Замена изношенной обшивки или устранение различных пробоин и проломов связаны с установкой накладок или отдельных листов на прямых или криволинейных участках корпуса. Поврежденный участок обшивки освобождают от изоляции и декоративной обшивки для подготовки к замене листа или установки накладок. После удаления заклепок, соединяющих сменяемый лист с набором и смежными листами, очищают набор и кромки смежных листов обшивки. Заготавливают новый лист в цехе, пользуясь тем же оборудованием, которое применяют для обработки стальных листов. При этом станки и режущий инструмент должны быть очищены от стальных обрезков, стружек и опилок.

Перед обработкой листов из алюминиевых сплавов с их поверхности необходимо деревянными или пластмассовыми скребками удалить оберточную бумагу, которой в целях предохранения они были покрыты, и смыть горячей водой консервирующую смазку. При отсутствии горячей воды для расконсервации можно использовать ветошь, смоченную в уайт-спирите, ацетоне или бензине. Учитывая, что алюминиевые сплавы не становятся хрупкими от низких температур, при необходимости можно их обрабатывать вне цеха.

При обработке материала из алюминиевых сплавов необходимо принимать меры предосторожности против повреждения тонкого плакирующего слоя (до 1,5% от толщины листа), состоящего из чистого алюминия и служащего для защиты основного металла от коррозии. Поэтому для их обработки лучше использовать деревянные столы, а при перемещении применять оснастку, покрытую резиной или деревом.

После обработки листа в цехе его подгоняют по месту установки к набору и обшивке корпуса и просверливают в нем часть отверстий для установки сборочных (технологических) болтов.

По старым отверстиям набора и прилегающих листов высверливают все отверстия в новом листе. Затем лист снимают, обрезают его под размер, зенкуют отверстия под клепку, зачищают от стружки и возможных загрязнений, протирают уайт-спиритом или другим растворителем, оксидируют и грунтуют его и все отверстия в нем.

На участках замены листов, где необходима водонепроницаемость и герметичность, между сопрягаемыми местами ставят изолирующие прокладки из тиоколовой ленты и тиоколовой замазки, или ткани (парусины), пропитанной грунтами АЛГ или цинковыми белилами. Ширина прокладок должна быть на 30 мм больше ширины склеиваемого шва. Подготовленный лист с изолирующими прокладками устанавливают на место и крепят сборочными болтами для выполнения клепки. Отверстия в прокладках перед установкой заклепок прокалывают пробойником или полированным шилом, диаметр которых должен быть на 0,2—0,3 мм меньше диаметра отверстия.

Процесс холодной клепки ничем не отличается от изложенной выше технологии восстановления заклепочных швов. Окончив клепку, концы прокладок обрезают. После проверки непроницаемости швов вновь установленный лист окрашивают такой же краской, что и корпус судна.

Технологические процессы установки накладок на пробоинах и замены отдельных листов обшивки идентичны.

Вмятины обшивки корпуса устраняют правкой в холодном состоянии с помощью деревянной или резиновой киянки. Если так устранить невозможно, то допускается погнутую часть листа нагреть газовой горелкой до температуры не выше 250° С. Контролировать температуру нагрева можно термически чувствительными карандашами. Остаточная деформация после правки не должна превышать 3 мм между двумя продольными балками жесткости.

Устранять деформацию набора можно теми же методами, что и обшивку корпуса. Остаточная деформация после правки набора не должна превышать: при замере перпендикулярности набора —3 мм; при замере волнистости набора — 1 мм на 0,5 м длины.

§ 71. РЕМОНТ КРЫЛЬЕВЫХ УСТРОЙСТВ

Материал крыльевых устройств (нержавеющие стали) имеет ряд особенностей, которые необходимо учитывать при обработке деталей, и главным образом при сварке. После тепловой резки кромок обязательна механическая обработка на глубину не менее 1 мм; при сварке деталей возможно выгорание легирующих элементов и образование структур, вызывающих ускорение коррозии.

Наиболее распространенными износами и повреждениями крыльевых устройств являются вмятины, погнутости, трещины и поломки плоскостей крыльев и стоек кронштейнов.

Устранение погнутости и вмятин на плоскостях крыльев. Применяют два способа правки: термопластический — при малых прогибах (до 5 мм на 1м длины) и механический—при более значительных.

Термопластический способ правки состоит в том, что в районе бухтины нагревают до 1000° С ограниченные полосы и затем охлаждают водой. Возникающие при этом пластические деформации сжатия

приводят к укорочению волокон металла и устранению бухтин. Сталь Х18Н9Т, из которой сделаны крылья, имеет коэффициент линейного расширения в 1,5 раза больше, чем малоуглеродистые стали, поэтому нагревать следует высокотемпературными источниками очень быстро, чтобы избежать появления выпучин и изломов.

При толщине металла менее 4 мм нагревают пятнами, избегая нагрева швов и околошовной зоны; количество полос и пятен нагрева должно быть минимальным; допускаются при правке механические воздействия (проколачивание).

После правки срубают заподлицо электроприхватки, крепящие рымы приспособления, и зашлифовывают до чистоты поверхности Λ6. При значительных вмятинах часто удаляют деформированные участки обшивки крыла и заменяют новыми.

Устранение погнутости концевого кронштейна. Погнутость концевого кронштейна выявляют по струне, натянутой по оси вала, или с помощью визирной трубы ВТ-4. Если ось втулки смещена по вертикали и горизонтали более чем на ±2 мм, то правят с подогревом. Схема правки изображена на рис. 184, *а, б*.

Наиболее сложным является процесс устранения смещения и перекоса яблока кронштейна в вертикальной плоскости. Эти дефекты можно устранить наплавкой холостых валиков на боковых поверхностях кронштейна (рис. 184, *в*). Поперечное укорочение металла в зоне нагрева при сварке позволяет поднять ось втулки до 3 мм. При значительных вертикальных смещениях и перекосах стакана приходится делать сквозные подрезы в теле кронштейна и даже отрезать полностью нижнюю часть кронштейна и затем снова приваривать.

В период правки и сварки положение стакана концевого кронштейна непрерывно контролируют по струне осевой линии вала.

Поверхность разделки кромок перед сваркой обезжиривают уайт-спиритом или ацетоном, а околошовную зону покрывают защитным слоем каолина или обкладывают асбестом во избежание повреждения полированной поверхности при попадании брызг металла. Сваривают при температуре окружающего воздуха не ниже +10° С.

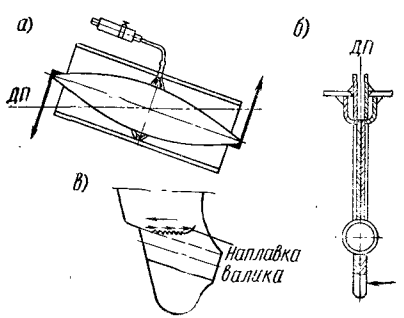


Рис. 184. Схема правки концевого кронштейна:

а — устранение перекоса в горизонтальной плоскости; *б* — устранение бокового смещения; *в* — устранение перекоса в вертикальной плоскости

Холостые валики швов после сварки срубают и производят черновую и чистовую шлифовку.

Устранение трещин в деталях крыльевых устройств. При ремонте чаще всего встречаются сквозные трещины на стойках и на ножах крыльевого устройства.

Процесс устранения трещин состоит из операций:

засверловки и зенковки отверстий диаметром 6—8 мм по концам трещин;

разделки кромок пневмозубилом или воздушно-дуговой строжкой;

очистки и обезжиривания кромок металла в местах наложения швов;

покрытия околошовной зоны защитным слоем каолина;

заварки трещины со стороны разделки с последующей зачисткой шва после сварки;

вырубки контрольной канавки и подварки корня шва;

зачистки швов заподлицо с плоскостью стойки или крыла;

черновой и чистовой шлифовки плоскости в местах ремонта.

Замена концевого кронштейна. Поврежденный концевой кронштейн, имеющий, кроме деформаций, трещины и разрывы, заменяют новым. Вначале поврежденный кронштейн отрезают от плоскости кормового крыла, затем отъединяют болты соединения фланца кронштейна с корпусом и удаляют поврежденный кронштейн. Места примыкания фланца к корпусу тщательно очищают от остатков эпоксидного компаунда и загрязнений.

На специальную подставку устанавливают новый кронштейн и проверяют положение оси его стакана по струне. По отверстиям в корпусе намечают центры отверстий на фланце. Кронштейн снимают с места и транспортируют в цех для сверловки и зенковки отверстий во фланце.

Снова устанавливают кронштейн на место, натягивают струну и проверяют положение оси стакана. После проверки положения оси вала кронштейн прихватывают к кормовому крылу и сваривают соединения, непрерывно контролируя положение оси стакана. При необходимости изменяют порядок сварки.

В зазорах между фланцем кронштейна и корпусом судна замеряют размеры клиновых прокладок и изготовляют их в цехе. Ставят прокладки на место и затягивают болты крепления фланца с корпусом, проверяя при этом положение стакана относительно осевой линии вала по струне.

Перестановка и замена крыльев. Перестановка крыльев может быть вызвана или необходимостью устранения нарушений геометрических параметров крыльевого устройства или потребностью ремонта корпуса в районе установки крыльев. Заменяют крылья при значительных аварийных повреждениях.

При перестановке крыльев вначале маркируют все съемные прокладки. Затем, отвернув гайки фланцевых соединений, осторожно опускают крылья на домкратах и убирают из-под корпуса на период ремонта. Во избежание разрушения компаунда не следует наносить удары по прокладкам и фланцам.

Процесс монтажа крыльев состоит из операций:

подготовки поверхностей соединений (очистка и нанесение разделительного слоя воска);

установки крыльев на место и проверки правильности их положения по установочному углу;

замера зазоров между фланцами и корпусом, изготовления фиксирующих шайб или клиновых прокладок;

установки фиксирующих шайб или клиновых прокладок и крепления на болты;

проверки установочных углов крыльев;

заполнения зазора между фланцами эпоксидным компаундом.

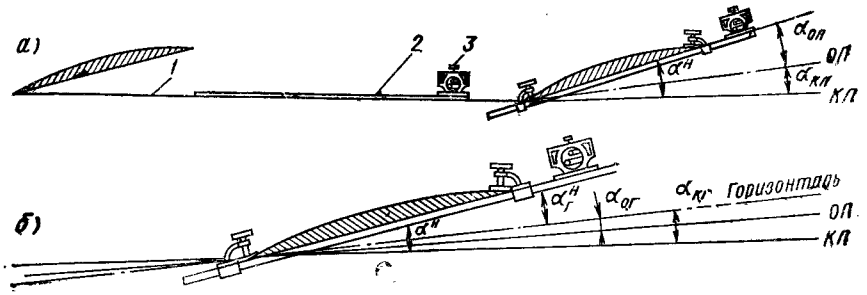


Рис. 185. Схема проверки установочного угла атаки крыльев

Весьма ответственной операцией является проверка установочного угла атаки, угла наклона плоскости крыла к крыльевой линии (КЛ).

Существует несколько способов определения установочных углов: по струнам; с помощью нивелира или теодолита; оптическим квадрантом (линейкой ЛКО-1).

Для проверки установочного угла квадрантом ЛКО-1 у судна, поставленного на ровный киль, вначале натягивают струну *1* по КЛ. Струна должна касаться задних кромок носового и кормового крыльев. Затем устанавливают проверочную линейку *2* (рис. 185, *а*), определяют угол наклона КЛ к горизонтали $\alpha_{кг} = \alpha_{кл}$. Закрепив проверочную линейку ЛКО-1 на плоскости крыла, замеряют установочный угол относительно ОЛ (горизонтали) $\alpha_{ол} = \alpha_г$. Сумма этих углов равна установочному углу α относительно КЛ.

Если корпус не поставлен на ровный киль (рис. 185, *б*), то дополнительно замеряют угол наклона ОЛ к горизонтали $\alpha_{о.г}$ (при дифференте на нос угол положителен).

Установочный угол крыла относительно КЛ в этом случае будет равен

$$\alpha = \alpha_{кг} \pm \alpha_г. \qquad (182)$$

Допускаемое отклонение угла составляет $\pm$ 5°, поэтому замеры должны быть выполнены с высокой точностью.

§ 72. РЕМОНТ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ И РОТОРОВ

Гребные винты СПК изготовляют из латуни шести- и пятилопастными, с дисковым отношением больше 1; они имеют значительный наклон лопастей при малом диаметре. Роторы полуглиссирующих судов типа «Заря» изготовляют из стали марки 25Х14Г8Т (сварными) четырехлопастными, с дисковым отношением также больше 1. Роторы водометов СВП типа «Зарница» выполнены из латуни. При изготовлении винтов и роторов предъявляют высокие требования к соблюдению геометрии и чистоте поверхности. Допускаемые отклонения в геометрии: по диаметру $\pm$1,5 мм; по шагу $\pm$2 мм; по толщине профиля $\pm$0,3 мм; по ширине лопасти $\pm$2 мм; по взаимному расположению лопастей $\pm$1 мм (по наружному диаметру винта). Поверхность лопастей должна быть полированной.

Гребные винты и роторы — наиболее уязвимые элементы скоростных судов в отношении износов и повреждений. Наиболее частыми видами дефектов являются кавитационные разрушения, погнутость лопастей, повреждение кромок, образование трещин на теле лопасти, отрыв лопасти, смятие шпоночного паза и др.

Износы и повреждения винтов и роторов определяют в процессе дефектации. Эрозионные разрушения определяют по замерам площади и глубины. При площади до 9 см^2 и глубине до 1 мм раковины могут быть оставлены без наплавки. Более глубокие раковины заплавляют с последующей зачисткой и полировкой наплавленного металла.

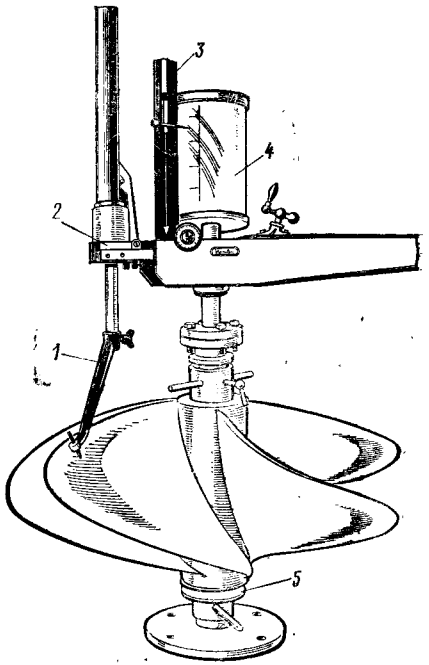


Рис. 186. Общий вид шагомера СПК-2У

Нарушение геометрии винта выявляют при внешнем осмотре и при осмотре винта по пяти стандартным сечениям: 0,3R; 0,5R; 0,7R; 0,8R; и 0,95R винта. Замеряют шаг, длину, наклон и профиль сечения.

Гребные винты и роторы с изломами и трещинами лопастей к эксплуатации не допускают. При изломе лопасти у корня винты и роторы, как правило, не ремонтируют.

Для ремонта винтов и роторов скоростных судов созданы средства механизации, позволяющие комплексно механизировать все процессы ремонта.

Рассмотрим типовые технологические процессы ремонта и оснастку, применяемую на специализированных участках.

Обмер геометрических параметров. Для детальной дефектации и анализа состояния геометрических параметров гребных винтов и роторов применяют шагомер СПК-2У (рис. 186).

Основной принцип работы шагомера состоит в том, что он воспроизводит фактические винтовые линии нагнетательной и засасывающей поверхности лопасти по любому сечению в масштабе по шагу 1 : 2. Запись линий производится на специальном чертеже-шаблоне, построенном по рабочим чертежам винтов или роторов.

При перемещении щупа *1* вниз по поверхности лопасти через систему тросиковых передач происходит перемещение карандаша самописца *3* (вверх и вниз). Поворот каретки *2* заставляет карандаш самописца перемещаться влево и вправо. Совместные перемещения щупа и каретки заставляют карандаш двигаться по винтовой линии, пара-

метры которой соответствуют фактической винтовой линии, лежащей на поверхности лопасти. При обмере гребной винт стоит неподвижно на конусной опоре *5*. Запись производится на бумажной ленте, заложенной на неподвижно стоящем барабане *4*. Изменение радиуса сечения производят путем радиального перемещения каретки *2* на выдвижных штангах.

Бумажная лента обычно снабжена чертежом-шаблоном, на котором нанесены графики разверток теоретических винтовых линий по сечениям лопасти, а также поля допускаемых отклонений, числовые данные по отдельным элементам винта. Наличие чертежа-шаблона дает возможность наглядно видеть, какие отклонения имеет геометрия обмеряемого винта, и принимать решение о ремонте. Записи используют для анализа и расчетов, прилагают к паспорту винта как отчетную документацию.

Анализ результатов контроля состоит в определении фактических значений элементов винтов, отыскании относительной погрешности и сравнении ее с требованиями ГОСТ 8054—72 или техническими условиями.

При замерах с помощью шагомера описанной выше конструкции в случае отклонения фактического шага сечения от проектного, в записи получаем наклонную линию (развертку винтовой) с углом наклона к горизонтали, отличающимся от теоретического.

Фактический шаг сечения равен

$$H_{\text{ф}}^{i} = 716\,\frac{h_{\text{ф}}^{n}}{l_{\text{ф}}^{n}}, \tag{183}$$

где $h_{\text{ф}}^{n}$ — проекция отрезка записи винтовой линии на ось регистрирующего барабана, мм;

$l_{\text{ф}}^{n}$ — проекция того же отрезка на базовую линию бумажной ленты (перпендикулярную оси винта), мм.

Абсолютная погрешность в шаге сечения составляет

$$\Delta H_i = H_{\text{ф}}^{i} - H_i = 716\,\frac{h_{\text{ф}}^{n}}{l_{\text{ф}}^{n}} - H_i, \tag{184}$$

где H_i — теоретическое значение шага винта в данном сечении.

Относительная погрешность шага сечения (в %) будет

$$\delta_H = \frac{100\,\Delta H_i}{H_i}. \tag{185}$$

Допускаемые отклонения по ГОСТ 8054—72 составляют: для латунных винтов ± 1,5% от шага винта, для стальных ±2%.

Фактический шаг лопасти определяют как среднее арифметическое значение шагов сечений на всех принятых радиусах:

$$H_{\text{ф. л}} = \frac{\Sigma H_{\text{ф}}^{i}}{i}, \tag{186}$$

где i — число сечений.

Относительная погрешность шага лопасти (в %) будет

$$\delta_{\text{н}}^{\text{лоп}} = \frac{H_{\text{ф. л}} - H_i}{H_i}\,100. \tag{187}$$

Отклонения для латунных винтов допускаются ±1% от шага винта, для стальных ±1,5%.

Фактический шаг винта $H_{\text{ср}}^{\text{в}}$ находят как среднее арифметическое значение шагов лопастей:

$$H_{\text{ф}}^{\text{в}} = \frac{\Sigma H_{\text{ф. л}}}{z}, \tag{188}$$

где z — число лопастей.

Относительную погрешность шага винта определяют по формуле

$$\delta = \frac{H_{\text{ф}}^{\text{в}} - H}{H}, \tag{189}$$

где H — шаг винта теоретический.

Допускаемые отклонения составляют: для латунных винтов ±0,75 от шага винта, для стальных ±1%.

Для винтов радиально-переменного шага условно принимают шаг лопасти и шаг винта, определенный по сечению с радиусом 0,7 R винта.

Аналогично определяют и сравнивают с допускаемыми погрешностями в ширине лопасти отклонения осевых линий лопасти по окружности, погрешности в наклоне лопастей и др. Существуют и другие методы обмера геометрических параметров винтов: координатными шагомерами, разметкой на плите и др.

Устранение эрозионных разрушений и трещин на лопастях. При эрозионных разрушениях (раковинах) прежде всего лопасти зачищают до здорового металла.

Поверхность раковины после обработки должна быть чистой, иметь плавные переходы, без острых кромок и заусенцев. Наклон стенки раковины к наружной поверхности должен быть под углом 35—40°.

Перед разделкой трещин концы их должны быть засверлены на 2—3 мм глубже основания трещины или насквозь. Кромки трещины разделяют по всей длине с закруглением вершин по радиусу 4—5 мм и углом скоса 55—60°.

При сквозных эрозионных разрушениях и трещинах на время сварки устанавливают медные или графитовые прокладки во избежание протекания металла, а также для формирования усиления шва с обратной стороны.

Наплавка латунных винтов и роторов может быть выполнена способом Бенардоса — угольным электродом или аргонодуговой сваркой, способом Славянова — металлическим электродом с покрытием, а также газовой сваркой. Перед наплавкой лопасть подогревают до температуры 200—300° С.

На специализированных участках успешно используют механизированные стенды для обработки поверхности винтов после заплавки

раковин. Стенд (рис. 187) состоит из манипулятора *1* для поворота винта в удобное при обработке положение, подвесной электробортштанги *3* с набором специальных фрез и полировальных кругов, а также подставки *2* для подвески электробортштанги на тросе.

Когда сварка и наплавка лопастей закончена, винт устанавливают на манипулятор стенда и зачищают усиление шва и наплавки заподлицо.

После зачистки поверхность лопасти шлифуют наждачным кругом и полируют фетровыми кругами с наклееным шлифзерном: вначале 80—125, а затем 40—63. Последний полировальный круг имеет покрытие из шлифпорошка 6—12.

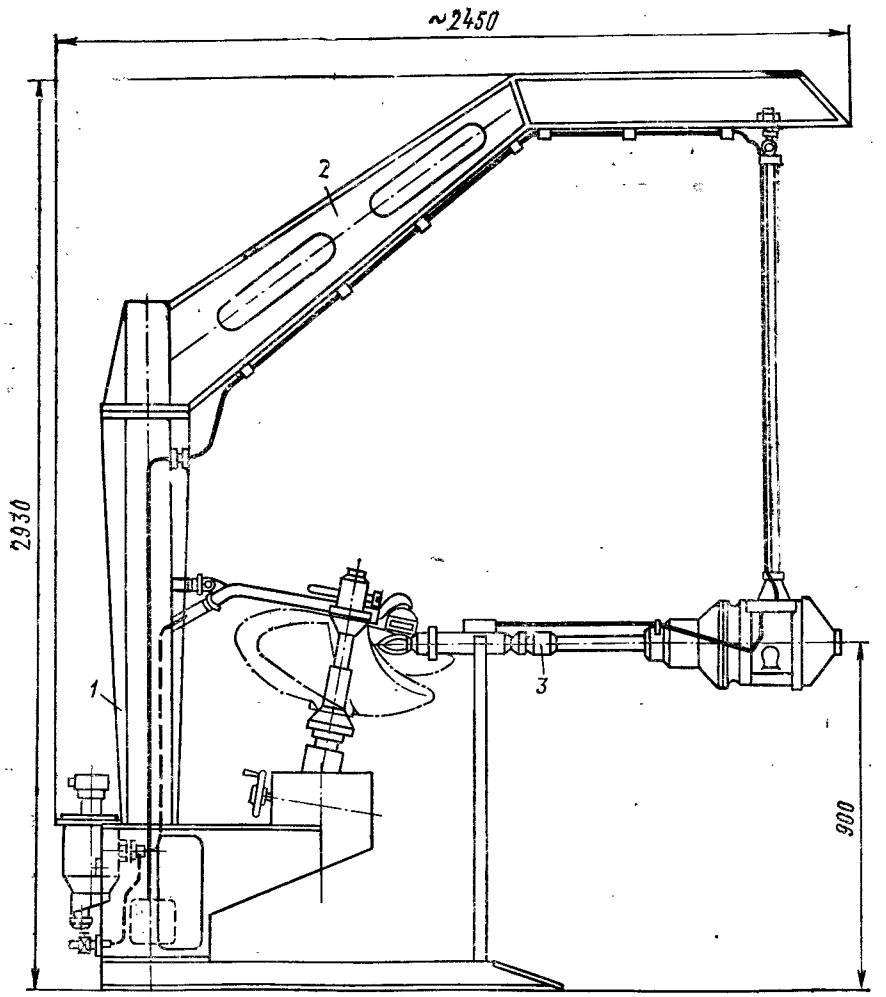


Рис. 187. Механизированный стенд для обработки лопастей винтов после заплавки раковин

Перед полировкой производят предварительную балансировку винта, после полировки — окончательную балансировку на стендах с повышенной чувствительностью.

Правка лопастей гребных винтов и роторов. Нарушение геометрических параметров устраняют путем ручной или механизированной правки. Этот процесс очень трудоемкий, так как геометрия винта сложна и требования к ее точности для скоростных судов значительно выше, чем для обычных судов.

Погнутые лопасти можно править в холодном состоянии и с подогревом. Подогрев значительно упрощает процесс правки, однако сопровождается нежелательным деформированием после полного остывания. В особенности эти деформации заметны при неравномерном нагреве лопасти горелкой вследствие образования при этом остаточных напряжений.

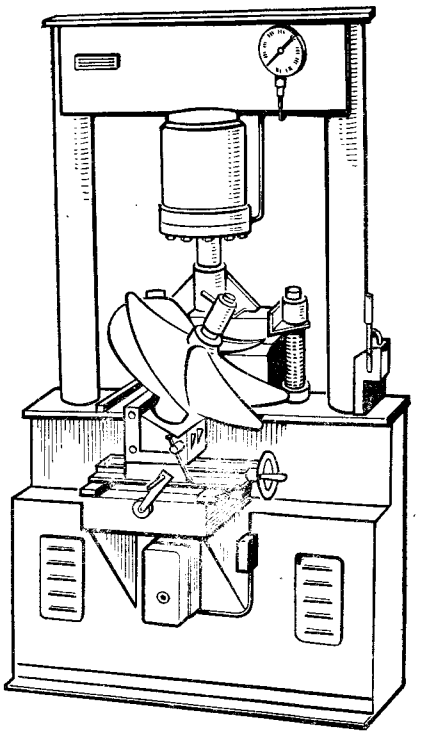


Рис. 188. Агрегат для правки лопастей винтов

Недопустим нагрев при правке лопастей, изготовленных из антикавитационной стали марки 25Х14Г8Т. Появляющиеся при нагреве этих лопастей структурные изменения и трещины могут привести к браку.

Ручную правку выполняют с помощью медной или свинцовой кувалды, специальных вилок для отгиба кромок, а также кузнечных скоб и струбцин.

Для механизированной правки винтов на специализированных участках применяют специальные агрегаты (рис. 188).

Принцип правки на этом агрегате основан на холодной гибке в эталонном штампе, выполненном по теоретическому чертежу лопасти.

При правке общих деформаций лопастей винтов и роторов скоростных судов требуется усилие около 100 тс, что обеспечивает минимальное значение пружинения (1—1,5 мм) после снятия нагрузки. Местные вмятины можно выправить в штампе, если сосредоточить сжимающие усилия в одном месте, что обеспечивают постановкой на рабочей поверхности штампа специальных прокладок.

Отличительной особенностью агрегата является применение способа правки свободно «плавающего» винта, т. е. при изгибе лопасти ступица не закреплена в штампе и ось винта не фиксируется. Правка происходит относительно корневого сечения лопасти.

§ 73. РЕМОНТ ВАЛОПРОВОДОВ

Валопроводы водометов короче, чем валопроводы винтовых судов, поэтому они меньше повреждаются и изнашиваются. Валопроводы СПК лежат в двух или трех опорных резинометаллических подшипниках с наклоном до 15° к горизонту. Изготовлены валы из стали марки 2Х13; иногда при ремонте ставят валы из сталей 40 и 45, но они менее работоспособны.

При ремонте валопроводов СПК особые требования предъявляют к постановке судна на ремонтный стапель. Дефектацию, демонтаж и монтаж валопроводов, центровку и пробивку осевых линий следует проводить при положении судна, близком к положению хода на крыльях. С этой целью стапельные опоры устанавливают под крыльями или вблизи примыкания крыльев к корпусу. При этом весовые нагрузки судна распределяются примерно по тому же закону, как и при движении судна на крыльях.

Особые требования предъявляют к хранению и транспортировке валов: валы должны стоять в вертикальном положении или лежать на большом количестве опор строго в одной плоскости. При несоблюдении этих требований валы получают недопустимые погибы и перед установкой их на место приходится производить повторную правку на станке.

Часть третья

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ И СУДОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Глава XX

КЛАССИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ И СУДОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

§ 74. РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

Развитие индустриальных методов постройки и ремонта судов связано с внедрением передовых технологических процессов на базе применения новой техники и средств механизации.

Технология судостроения и судоремонта за последнее десятилетие претерпевает коренные изменения. Для современной технологии судостроения характерным является полный переход на поточные методы постройки судов. Внедрение секционного способа постройки судов позволило более чем в 2 раза снизить трудоемкость по сравнению с поделальной сборкой судна на стапеле. Одновременно с совершенствованием способов сборки судов осуществляется переход от разметки по шаблонам к эскизной и фотооптической. На ряде предприятий внедряется масштабная разбивка плазового чертежа, фотопроекционная разметка и резка сложных деталей корпуса судна на газорезательных автоматах с фотоэлектронным управлением по копир-чертежам.

Сборку и сварку отдельных секций и блоков осуществляют на стендах, где блок-секции насыщают соответствующими системами, машинами, механизмами и электрооборудованием, вплоть до отделки отдельных судовых помещений и отсеков. Формирование корпуса судна и надстроек из отдельных блок-секций производят на стапеле.

Характерным для современной технологии судоремонта является внедрение индустриальных методов ремонта, предусматривающее:

развитие агрегатного метода ремонта флота, при котором требующие ремонта серийные двигатели, механизмы, оборудование демонтируют с судна и заменяют новыми или заранее отремонтированными в специализированных цехах;

максимальное использование сменных деталей, узлов и изделий, изготовленных централизованно при широком кооперировании судоремонтных предприятий;

перенос максимального объема работ с судна в цех в условия, не зависящие от климата, где возможно применение современной оснастки и средств механизации.

Для централизованного ремонта судовых механизмов созданы цехи и участки централизованного машиноремонта с применением специализированного оборудования, а для выполнения демонтажа и монтажа судовых механизмов на слипах установлены краны соответствующей грузоподъемности. Ремонт корпусных конструкций выполняется на открытых горизонтальных стапелях слипов, так как большие габариты судов пока затрудняют их размещение в закрытых помещениях, где процессы труда были бы более механизированными.

С развитием и усложнением судоремонтного производства возрастают требования к обеспечению единства и взаимосвязи всего производственного процесса. Поэтому общим принципом современной организации производственного процесса является его непрерывность. Каждый отдельный процесс, операция постоянно питают последующие процессы, операции, образуя поток материалов, постепенно превращающихся в полуфабрикаты и готовые изделия.

В машиностроении непрерывная связь процессов приводит к поточному производству. В единичном (индивидуальном) производстве, к которому относится судоремонт, связи производственных процессов постоянно меняются, выдвигая необходимость поддерживать общую пропорциональность загрузки всех его стадий. Следовательно, главной задачей совершенствования процессов организации и технологии ремонта судов является создание наибольшей уплотненности и непрерывности производственных процессов от вспомогательных операций начала ремонта до его завершения и сдачи судна в эксплуатацию.

Бесперебойное обслуживание производства, закладываемое при проектировании судоремонтного предприятия, является действенным средством более полного использования его производственных мощностей, роста производительности труда и улучшения экономических показателей работы коллектива

Технический прогресс в судоремонтном производстве развивается в направлении дифференциации процессов производства и труда и создания специализированного оборудования и средств механизации. Это приводит к изменению традиционных форм организации индивидуального производства с присущей ему универсальностью применяемого оборудования, большой номенклатурой изделий, значительным объемом ручных и пригоночных работ. При внедрении индустриальных методов ремонта флота судоремонтные заводы постепенно превращаются из универсальных в специализированные предприятия демонтажно-монтажного типа.

При этом максимальный объем ремонтных работ будет перенесен с судна в цех, где больше возможностей применения средств механизации, передовых технологических процессов и внедрения новых форм организации производства на базе создания специализированных участков для ремонта различных видов судового оборудования. Специализация работ приведет к изменению производственного процесса, в котором будут преобладать элементы, присущие серийному производству.

Технология производства совершенствуется при применении средств механизации для каждой операции ремонта всех элементов судна, например в корпусных цехах внедрением комплекса металлообрабатывающего оборудования и специализированной оснастки и созданием поточных линий обработки листового и профильного металла. Заготовленные детали корпуса с помощью различных транспортных средств будут доставлять на стапеля слипа к ремонтируемым судам. Для механизации процессов замены изношенных или деформированных корпусных конструкций разработаны специальные агрегаты и правочные агрегаты. Совершенствование сварочных работ идет за счет:

внедрения многодуговой сварки;

применения полумеханизированных процессов сварки (гравитационная, лежачим электродом) с многопостовым обслуживанием одним сварщиком;

внедрения скоростных способов ручной сварки электродами повышенных диаметров, порошковой проволокой и др.

Очистку корпусов судов от старой краски и ржавчины выполняют с помощью гидропескоструйных аппаратов и высокопроизводительных дробеметных агрегатов с дистанционным управлением, а окраску — с помощью аппаратов безвоздушного распыла краски АБР; лакокрасочные материалы готовят на специализированных участках, оборудованных средствами механизации.

При ремонте судовых механизмов наибольшее удельное значение имеют следующие виды работы: разборка и сборка узлов, дефектация, механическая обработка деталей и восстановление изношенных деталей, мойка и очистка деталей и узлов, сборка и испытание механизмов. Механизацию этих работ осуществляют с помощью различного специализированного оборудования, внедряемого на отдельных промышленных предприятиях.

В борьбе за повышение технического уровня машиностроения выявилась тенденция к уменьшению удельного веса механической обработки. Это уменьшение идет, с одной стороны, за счет совершенствования технологических процессов и методов организации производства в самом механическом цехе, а с другой — за счет совершенствования технологических процессов в заготовительных цехах, улучшения формообразования, приближения формы и размеров заготовок к форме и размерам готовых изделий.

За последние годы появились новые технологические процессы формообразования, дающие возможность уменьшить, а в некоторых случаях исключить механическую обработку. Несмотря на это, механическая обработка, в особенности в судоремонте, все же является пока основным технологическим процессом при окончательной обработке деталей.

Совершенствование технологии ремонта деревянных элементов корпуса и помещений осуществляют внедрением блочных методов ремонта, предусматривающих замену отдельных элементов деревянной обшивки стандартными блоками, заранее изготовленными в цехе, кроме того 30 — 40% дерева заменяют синтетическими материалами.

§ 75. НАЗНАЧЕНИЕ И СОСТАВ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ И СУДОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ЦЕХОВ

Промышленная база Министерства речного флота РСФСР состоит из судостроительных, судоремонтных и машиностроительных предприятий, а также предприятий со смешанными программами.

Судостроительные предприятия, предназначенные для постройки судов, делят на судостроительные заводы, судостроительные и судосборочные верфи.

Судостроительный завод (ССЗ) состоит из комплекса сооружений и оборудования (корпусные цехи, эллинги, и др.), необходимого для постройки судна и монтажа всего оборудования, заготовительных цехов и цехов судового машиностроения для обеспечения основного производства отдельными вспомогательными механизмами, специальной судовой арматурой и деталями судового оборудования (устройств, дельных вещей и пр.)

Судостроительная верфь предназначена для постройки судов с монтажом всего оборудования, получаемого от специализированных заводов в порядке кооперирования. Кроме того, на верфи изготовляют нестандартные судовые детали, устройства и системы.

Судосборочная верфь предназначена для сборки судов из объемных секций и блок-секций, а также монтажа механизмов и оборудования, получаемых от других судостроительных предприятий.

В зависимости от типа и оборудования строящихся судов, степени автономности производства и вида применяемого материала (сталь, железобетон, пластмасса) для постройки корпусов судостроительные предприятия имеют в своем составе соответствующие по габаритам здания, стапельные, судоподъемные и судоспускные сооружения и оборудование.

Заводы металлического судостроения имеют в своем составе следующие элементы:

территорию и акваторию;

судоспусковые сооружения (стапели, слипы);

причальную линию, оборудованную кранами, для выполнения достроечных работ, экипировки и стоянки судов после их испытания, а также грузовой причал;

группу корпусных цехов, состоящих из:

а) корпусообрабатывающего отделения, плаза и склада металла;

б) сборочно-сварочного отделения для предварительной сборки и сварки узлов, плоскостных, объемных секций и блоков;

в) стапельной сборки с отделениями, обслуживающими стапельную сборку и монтаж всего оборудования судна;

группу механических цехов с отделениями: станочнозаготовительный, комплектовочный механомонтажный, трубопроводный, медницкий, электромонтажный, достроечный, малярный, такелажно-парусный, плотничный, столярно-мебельный и обработки пластмасс;

группу вспомогательных цехов: ремонтно-механический, ремонтно-строительный, инструментальный и электроремонтный;

складское хозяйство;

транспортное хозяйство;

административные и обслуживающие здания.

Судоремонтные предприятия предназначены для выполнения планово-предупредительного ремонта, связанного с устранением износов и повреждений отдельных элементов судна, для проведения модернизационных работ и систематического повышения уровня технического состояния флота.

В зависимости от типа ремонтируемых судов и производственной программы в состав судоремонтного предприятия входят соответствующие комплексы производственных цехов, судоподъемных сооружений, обслуживающих хозяйств, причальной линии и акватории для отстоя и ремонта флота. Сезонность судоходства на внутренних водных путях вызывает неравномерную загрузку предприятий ремонтом флота в течение года. В зимний период судоремонтные предприятия выполняют текущий, средний и частично капитальный ремонты флота. В летний период они изготовляют сменные и запасные детали, узлы и механизмы, а также выполняют капитальный и восстановительный ремонты флота. Зимой предприятия полностью загружены, а летом располагают значительным резервом мощности. Поэтому заводы принимают дополнительную загрузку по судостроению и машиностроению для выравнивания программы по периодам года.

Наряду с промышленной деятельностью некоторые судоремонтные предприятия осуществляют техническое и хозяйственное обслуживание закрепленного за ними флота. Вид загрузки определяет тип промышленного предприятия. Все судоремонтные предприятия речного транспорта делят на ремонтно-эксплуатационные базы флота, судоремонтные заводы и мастерские, судостроительно-судоремонтные и судоремонтно-механические заводы.

Ремонтно-эксплуатационные базы (РЭБ) флота являются транспортно-промышленными предприятиями. Наряду с промышленной деятельностью по ремонту, они осуществляют техническую эксплуатацию закрепленного за ними флота. Промышленная мощность РЭБ флота может быть различной — от полного комплекса производственных цехов и судоподъемного сооружения до небольших производственных участков, необходимых для технического обслуживания приписанного флота.

Техническое и хозяйственное обслуживание приписанного флота состоит в обеспечении надлежащего технического состояния судов в течение всей навигации, в проведении всех видов ремонтных и модернизационных работ, во внедрении индустриальных методов ремонта, в снабжении судов навигационными материалами, запасными частями, инвентарем и инструментом, в укомплектовании кадрами судов, приписанных к базе, и др.

Судоремонтные заводы (СРЗ) имеют полные комплексы механических, корпусных и деревообделочных цехов, а также

судоподъемное сооружение и акваторию для отстоя флота. СРЗ предназначены для выполнения капитального и среднего ремонта, модернизационных, аварийных и навигационных работ по флоту, для производства сменных и запасных частей и узлов, не поставляемых другими предприятиями. На крупных СРЗ выполняют централизованный машино-ремонт и для выравнивания загрузки летнего периода — мелкосерийное судостроение.

Судоремонтные мастерские (СРМ) имеют небольшие участки для выполнения корпусных, механосборочных и деревообделочных работ; как правило, они не располагают судоподъемными сооружениями и обеспечивают лишь частичное обнажение корпуса судна. Основной вид загрузки мастерских — средний ремонт несамоходного флота, не требующего слипования, текущий ремонт самоходного и несамоходного флота, навигационный и мелкий аварийный ремонты, а также изготовление отдельных сменных и запасных деталей и узлов для несерийных судов.

Судоремонтные мастерские могут быть стационарными и плавучими, которые, в свою очередь, делят на постоянно действующие и работающие лишь в навигационный период.

Судостроительно-судоремонтные заводы (ССРЗ) располагают полным комплексом оборудованных цехов и сооружений, необходимых для выполнения всех видов ремонта флота, а корпусный и механосборочный цехи имеют резерв мощности для выполнения программы по судостроению, способствующей выравниванию загрузки завода в летний и зимний периоды года. На отдельных ССРЗ имеются машиноремонтные и машиностроительные цехи.

Судоремонтно-механические заводы (СРМЗ) также располагают комплексом оборудованных цехов и сооружений для выполнения всех видов ремонта флота и дополнительно имеют специализированные цехи централизованного ремонта двигателей, изготовления механизмов, сменных и запасных частей крупными сериями.

Структура судоремонтного предприятия зависит от специализации, объема производства и кооперирования с другими предприятиями.

В состав судоремонтного предприятия входят территория, акватория с причальной линией, судоподъемные устройства, заготовительные, обрабатывающие и вспомогательные цехи, энергетическое, санитарно-техническое и складское хозяйство, внутризаводской транспорт и здания административного и общезаводского назначения.

К заготовительным цехам относятся: литейный цех с отделениями стального, чугунного и цветного литья, кузнечный, лесопильный и модельный цехи, а также лесосушило. Крупные заготовительные цехи строятся только на базовых предприятиях каждого речного бассейна или группы бассейнов и предназначены для обеспечения судоремонтных предприятий литьем (в порядке кооперирования) крупными кузнечными поковками и пиломатериалами. Для обеспечения потребностей судоремонта в мелких поковках и дельных вещах в составе всех ремонтных предприятий могут быть мелкие кузнечные цехи

или участки, оборудованные молотами с весом падающих частей не более 750 кгс.

В комплекс обрабатывающих цехов судоремонтного предприятия входят: корпусный цех с корпусозаготовительным, сборочно-сварочным и трубопроводным отделениями; группа механических цехов (механический, слесарно-монтажный, централизованного машиноремонта, медницкий, электроремонтный, термический и др.).

На крупных судоремонтных заводах при максимальном переносе ремонтных работ с судна в цехи в составе слесарно-монтажного цеха создаются специализированные участки для демонтажа, ремонта, сборки и испытания отдельных механизмов и устройств (участки ремонта компрессоров, насосов, рулевых машин и др.).

В структуре большинства судостроительно-судоремонтных и судоремонтно-механических заводов имеется производственное подразделение — цех (отдел) технической эксплуатации флота, к которому приписан флот пароходства для осуществления технического и хозяйственного обслуживания.

В состав вспомогательных цехов судоремонтного предприятия входят: инструментальный, ремонтно-механический, ремонтно-строительный, энергетический и лаборатории завода. К обслуживающим цехам и хозяйствам относят транспортный цех и складское хозяйство.

Типом промышленного предприятия, предназначенного для удовлетворения потребности речного транспорта в судовых и портовых машинах и механизмах, в производстве крупных отливок и поковок, а также в изготовлении сменных и запасных частей, специальных изделий, является машиностроительный завод. В состав такого завода входят: основные производственные цехи, которые делятся на заготовительные, обрабатывающие и сборочные; вспомогательные и обслуживающие хозяйства.

Среди заготовительных цехов машиностроительного завода ведущими являются сталелитейный и кузнечно-прессовый, а среди обрабатывающих и сборочных — цехи механосборочного производства.

Дальнейший рост объема судостроительного и судоремонтного производства обусловливает необходимость увеличения основных фондов промышленной базы речного транспорта и их качественного совершенствования. Объем промышленного производства увеличится на 95%, а стоимость основных фондов возрастет на 80%. При таком росте основных фондов даже небольшой процент экономии, достигнутый в процессе проектирования и строительства объектов, позволит сберечь определенную долю материальных и финансовых ресурсов. Следовательно, задачей раздела «Проектирование судостроительных и судоремонтных предприятий» является изучение основных этапов проектирования и обоснование проектных решений, отвечающих задачам технического перевооружения всего речного транспорта.

Основные направления в проектировании промышленных объектов на речном транспорте на ближайшую перспективу:

проектирование базовых заводов для среднего ремонта судов поточным методом;

реконструкция и модернизация действующих заводов, цехов и участков;

проектирование специализированных цехов и участков;

проектирование новых типов и реконструкция действующих судоподъемных сооружений.

Проекты вновь сооружаемых и реконструируемых предприятий и отдельных цехов, участков и хозяйств следует разрабатывать с учетом всех достижений науки и техники, чтобы при вводе в действие предприятия и цехи отвечали современным требованиям и отличались высокой экономичностью и эффективностью.

Глава XXI

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ, ВЫБОР УЧАСТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА СУДОРЕМОНТНО-СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

§ 76. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В последовательности работ по строительству и монтажу различных сооружений промышленного предприятия проектирование является первым этапом осуществления строительства.

Опыт проектирования, накопившийся при составлении проектной и технологической документации на строительство большого количества промышленных комплексов, позволил создать методику проектирования социалистических предприятий.

При проектировании определяют размеры и состав промышленного предприятия, устанавливают объем и стоимость строительства. Правильное проектное решение является условием целесообразных и экономичных капиталовложений.

Проектная организация должна проектировать предприятия, сооружения и отдельные цехи с высоким техническим уровнем и экономически рентабельные за счет максимального использования новейших достижений науки и техники, применения автоматизированных систем управления производством (АСУП) применения типовых и повторного использования наиболее экономичных индивидуальных проектов. Выполнение этих условий обеспечит вновь строящимся и реконструируемым предприятиям при вводе их в эксплуатацию передовой технический уровень с высокими показателями по условиям и производительности труда, себестоимости и качеству продукции, а также наибольший прирост продукции на каждый затраченный рубль капитальных вложений.

Проектные работы планирует централизованно Госплан СССР для каждого министерства (ведомства) и союзной республики в виде лимита в рублях в зависимости от планируемого объема капиталовложений. Министерства (ведомства) ежегодно распределяют лимит между подчиненными проектными организациями вместе с планом

проектирования конкретных объектов. Годовой объем проектных работ делят на хоздоговорные работы (выполнение отдельных заказов и текущее строительство) и бюджетные работы (проектирование объектов будущих лет, типовое проектирование, проведение научно-исследовательских работ.)

Для осуществления проектирования созданы проектные институты, которые могут быть комплексными и специализированными. Комплексные институты разрабатывают проекты полностью во всех их разделах: технологическом, строительном, энергетическом, санитарно-техническом, гидротехническом, транспортном и др. Специализированный институт работает в определенной узкой области техники, например Санпроект, Теплопроект, Стройпроект и т. п. Для проектирования объектов строительства на речном транспорте, в том числе судостроительно-судоремонтных предприятий или отдельных объектов, для них, т. е. судоподъемных сооружений, цехов, участков и зданий культурно-бытового назначения, созданы проектные комплексные институты «Гипроречтранс» и «Ленгипроречтранс». Структура проектного института включает группу основных (ведущих и специализированных) и вспомогательных отделов, выполняющих свои функции при проектировании отдельных объектов.

Проектные и изыскательские работы для строительства определенных объектов проектные институты выполняют на основании договоров с организациями-заказчиками, являющимися распорядителями кредитов. Заказчик выдает проектной организации утвержденное в установленном порядке задание на проектирование и необходимые исходные данные. В дальнейшем заказчик контролирует выполнение проектных работ, принимает проектно-сметную документацию и представляет ее на утверждение. При необходимости строительства особо важных и сложных объектов, заказчик может поручать проекты нескольким проектным организациям, т. е. организовать конкурс проектов.

Проектный институт, как генеральный проектировщик, может привлекать на договорных началах специализированные проектные организации для выполнения определенных частей проектов или видов работ. Генеральным проектировщиком, как правило, является проектная организация, разрабатывающая технологическую часть проекта.

В отдельных случаях разработку проектов по реконструкции цехов и сооружений, по механизации трудоемких работ и совершенствованию технологических процессов, а также проектирование, связанное с привязкой к площадкам строительства типовых проектов несложных зданий и сооружений, может выполнять проектно-конструкторское бюро промышленных предприятий при обязательном соблюдении норм и правил по проектированию и строительству и в пределах фонда заработной платы, предусмотренного в планах основной деятельности этих предприятий.

Для осуществления современных методов проектирования объектов промышленного строительства проектная организация должна располагать значительным объемом нормативных материалов, ти-

повых проектов, оборудования для проведения изыскательских работ, вычислительной техникой для инженерных расчетов и соответствующим оборудованием для ускорения графических работ и размножения чертежей. Особое внимание уделяется подготовке и обоснованию следующих нормативных материалов:

а) строительных норм и правил (СНиП);

б) отраслевых норм технико-экономических показателей;

в) удельных норм расхода материалов и трудоемкости для широкой номенклатуры продукции судоремонтных и судостроительных предприятий;

г) специальных норм и инструкции по разработке проектов промышленных предприятий Минречфлота;

д) каталогов типовых деталей и узлов;

е) альбомов нестандартного оборудования и др.

Нормы технико-экономических показателей включают: нормативы удельных капитальных вложений, их структуру, выпуск валовой продукции на одного работающего и на 1 м² полезной площади.

При планировании капитальных вложений для строительства судостроительных и судоремонтных предприятий, отдельных блоков цехов и участков, создания акваторий и судоподъемных сооружений исходными данными являются нормативы удельных капитальных вложений, разработанные с учетом технического прогресса на перспективу в области организации и технологии судостроения и судоремонта, проектирования и строительства. Наличие всех остальных нормативных материалов является необходимым условием повышения качества и ускорения процессов проектирования промышленных объектов.

После согласования и утверждения годового плана проектирования по каждому проектируемому объекту проектная организация назначает главного инженера, главного архитектора, в обязанность которых входит организация и техническое руководство проектно-изыскательскими работами на протяжении всего периода проектирования, строительства и освоения проектных мощностей. Они несут ответственность за качество проекта, правильное определение сметной стоимости строительства, технико-экономические показатели проектируемых объектов, за соблюдение установленных норм проектирования и сроков разработки проектно-сметной документации и проведение всех необходимых согласований.

§ 77. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ И ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Техническое задание составляют в соответствии с Генеральной схемой размещения промышленных предприятий речных бассейнов, разработанной на основе комплексного развития всех элементов транспортного хозяйства. В составе Генеральной схемы рассматривают комплекс вопросов развития речного транспорта на перспективу, в том числе:

объем перевозок грузов на основе общей перспективы развития народного хозяйства;

потребность во флоте по типам и количеству судов на основе перспективного плана перевозок;

потребность в ремонте флота по укрупненным измерителям;

мощность существующей в данном речном бассейне судоремонтной базы и при ее недостаточности — определение объема реконструкции действующих предприятий и строительства новых.

Техническое задание на проектирование или реконструкцию предприятий является основным документом, определяющим район и пункт расположения проектируемого предприятия, объем производства, специализацию и кооперирование, источники снабжения сырьем, материалами, энергией, а также очередность и сроки ввода в действие отдельных зданий и сооружений. Кроме перечисленных данных, при проектировании судоремонтных предприятий в техническом задании указывают: основные технические характеристики типовых судов (судов — представителей) ремонтируемого флота; распределение судов отдельных типов по видам ремонта и периодам года, объем судостроения с указанием основных характеристик планируемых к постройке серийных судов, объем серийного машиностроения с указанием типов механизмов с их краткими характеристиками, объем изготовления сменных и запасных деталей, степень автономности предприятий, т. е. потребность в заготовительных цехах — кузнечном, литейном, лесопильном с указанием их объема производства и максимальной массы поковок и отливок. По каждому виду загрузки предприятия (судоремонт, судостроение, машиностроение и прочие заказы) указывают стоимость выпускаемой продукции в действующих оптовых ценах.

Для обеспечения нормальных жилищно-бытовых условий коллектива предприятия, учитывая его местоположение, указывают потребность в жилой площади. В техническом задании должны быть указаны ориентировочная стоимость строительства, этапы (очередность) строительства его составных частей и перспективы дальнейшего развития проектируемого предприятия.

Проектирование судостроительных и судоремонтных предприятий, зданий и сооружений можно осуществлять:

в две стадии — технический проект и рабочие чертежи;

в одну стадию — техно-рабочий проект (технический проект, совмещенный с рабочими чертежами).

Решение о разработке проектов в одну или две стадии принимает Министерство речного флота РСФСР в зависимости от сложности и стоимости проектируемых объектов.

Задание на разработку технических (техно-рабочих) проектов составляет заказчик (главное управление, пароходство, судоремонтное предприятие и т. д.) при непосредственном участии проектной организации.

При необходимости проектирования крупных предприятий и сложных сооружений разрабатывают технико-экономическое обоснование (ТЭО), которое является составной частью технического задания.

Кроме задания на проектирование, заказчик проекта выдает проектной организации (в объеме и в сроки, указанные в договоре) исходные материалы, необходимые для проектирования:

план района строительства с нанесенными путями сообщения и имеющимися промышленными предприятиями, жилыми поселками, линиями электропередач и т. п.;

данные топографической съемки и гидрологические условия участка строительства;

обмеры существующих зданий, сооружений, подземных и наземных коммуникаций на участке строительства;

данные об энергетической и топливной базах, источниках водоснабжения и спуске промышленных, хозяйственных и ливневых вод;

данные по ранее проведенным изысканиям;

сведения о близлежащих населенных пунктах, возможном жилом фонде и источниках пополнения рабочей силой;

данные о наличии местных строительных материалов;

данные о наличии оборудования и технические характеристики реконструируемого или предназначенного к строительству флота;

документы от местных организаций, подтверждающих возможность отвода участка, снабжения электроэнергией, водой, пользования канализацией, и о примыкающих железнодорожных путях;

отчеты по выполненным научно-исследовательским работам, связанным с созданием новых технологических процессов, оборудования и судов.

При отсутствии таких данных, их подготовка может быть поручена заказчиком проекта по отдельному договору проектному институту.

§ 78. ВЫБОР И УТВЕРЖДЕНИЕ УЧАСТКА ДЛЯ НОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ОБСЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ ЕГО РЕКОНСТРУКЦИИ

Правильный выбор участка в значительной степени способствует снижению затрат на строительство. Площадку для строительства предприятия, а также связанного с ним жилищно-гражданского строительства следует выбрать при подготовке технического задания на проектирование в районе или пункте, предусмотренном Генеральной схемой развития промышленности данного речного бассейна.

Для выбора площадки строительства заказчик создает комиссию, в состав которой входят представители заказчика, проектного института, строительной организации, исполкома местного Совета депутатов трудящихся, местных органов санитарно-эпидемической службы, Государственного пожарного надзора, Госгортехнадзора, органов по использованию и охране водных ресурсов, управления железных дорог, управления связи и управления энергосистем.

Комиссия составляет акт по выбору площадки, который утверждает министерство и заказчик вместе с заданием на проектирование. Акт о выборе площадки является основным документом о согласовании намечаемых проектных решений и подключении будущего предприятия к коммуникациям и инженерным сетям.

При выборе площадки для строительства судоремонтного или судостроительного завода необходимо учитывать следующее:

участок должен примыкать к водной площади, защищенной от ледохода, имеющей достаточную глубину для захода и отстоя судов;

размеры участка должны быть достаточными для размещения производственных и служебных зданий и сооружений с учетом перспективы развития предприятия;

участок должен обладать спокойным рельефом и не должен затапливаться во время весенних и осенних подъемов воды или от нагонных ветров;

участок должен удовлетворять соответствующим требованиям по несущей способности грунта для возведения зданий и сооружений;

участок должен обладать удобством примыкания к магистральным линиям железнодорожных и водных путей, снабжения технической и питьевой водой.

Важную роль при выборе площадки играет возможность размещения большого количества ремонтируемых судов у причальных линий, длина которых значительно зависит от конфигурации участка. Этим целям в большей мере отвечает площадка в виде прямоугольника или трапеции полуостровной формы.

Длина оборудованной причальной линии для судоремонтных предприятий, занимающих территорию 3 — 20 га, должна лежать в пределах 700 — 2000 м. Предварительно определить размер участка можно по укрупненным измерителям, установленным на основе опыта постройки аналогичных предприятий. Для этого определяют общее число работающих и площадь, необходимую для судоподъемного сооружения.

В табл. 26 приведены данные о числе работающих, приходящихся на 1 га площади судостроительных и судоремонтных предприятий при полной их загрузке.

Таблица 26

Тип предприятия	Число работающих, чел.	Число работающих на 1 га, чел./га	Площадь участка, га
Судостроительно-судоремонтный завод	2160	90	24,0
Судоремонтный завод	1450	132	11,0
То же	750	112	6,8

На основании данных о количестве и размерах слипуемых судов рассчитывают площадь слипа. Количество судов, которое может быть поднято на слип n_c при полном его использовании в зимний период, определяется по формуле

$$n_c = \frac{lkk_1}{L_{ср}}, \qquad (190)$$

где l — длина всех стапельных мест, равная сумме длин двойных или тройных продольных рельсовых путей, м;

k — коэффициент, учитывающий пожарные разрывы между судами, равный 0,9;

k_1 — коэффициент, учитывающий некратность длины судов, равный 0,8;

$L_{ср}$ — средняя длина судна, определяемая из зимней программы слипуемых судов, м.

Общую площадь, занятую зданиями и сооружениями, можно определить по формуле

$$S_{общ} = 1{,}2\,(n_р k_2 + S_с), \qquad (191)$$

где 1,2 — коэффициент, учитывающий вспомогательную площадь и открытые склады;

$n_р$ — число производственных рабочих;

k_2 — застроенная площадь на одного рабочего, равная 10 — 20 м² в зависимости от оснащенности, кооперирования и специализации предприятия; меньшая площадь соответствует более высокому уровню специализации и кооперирования;

$S_с$ — площадь, занятая судоподъемными сооружениями, м².

Необходимую территорию (в м²) предприятия можно определить по формуле

$$S = \frac{S_{общ}}{k_з}, \qquad (192)$$

где $S_{общ}$ — общая занятая площадь предприятия, м²;

$k_з$ — коэффициент занятости территории, равный 0,4 — 0,5 для судоремонтных и 0,5 — 0,6 для судостроительных предприятий.

Судоремонтное предприятие должно иметь достаточную акваторию (в м²) для расстановки ремонтируемых судов, площадь которой можно определить по формуле

$$S_а = k_4 \sum_{i=1}^{i=n} L_i B_i n_i, \qquad (193)$$

где k_4 — коэффициент, учитывающий расстояние между судами по длине и между бортами, а также проходы для обслуживания, равный 1,35 — 1,7 в зависимости от габаритных размеров судов; меньшим габаритам судов соответствует большее значение коэффициента;

n — число групп однотипных судов;

L_i и B_i — габаритная длина и ширина корпусов типовых судов по группам, м;

n_i — число судов в группе.

Выбор площадки требует выполнения комплекса работ, основными из которых являются:

экономические расчеты и инженерные обследования;

технико-экономические сравнения вариантов возможного размещения предприятий на различных площадках и выбор оптимального варианта;

проектные предложения с необходимыми схемами планировки предприятия или отдельного сооружения и согласование намечаемых проектных решений.

При проектировании большое внимание уделяется инженерным изысканиям на участке топографии, геологии, гидрологии и метеорологии.

Топография. Местоположение площадки фиксируется на ситуационном плане в масштабе 1 : 5000 или 1 : 10 000. План территории площадки под строительство снимают в масштабе 1 :1 000, а при большом количестве объектов и инженерных сетей — в масштабе 1 : 500. Рельеф выражается горизонталями с сечением через 1 м. Наносят как абсолютные, так и относительные отметки над «0» водомерного поста.

Геология. На площадке для выявления геологических условий производят разведку бурением скважин глубиной 6 — 15 м, расположенных по сетке со стороной 200 м. Под конкретные объекты строительства сетка геологических изысканий может быть более сгущенной, а расположение буровых скважин выполняется по контуру типа «конверт».

Для определения физических характеристик грунта и его главного показателя качества — несущей способности (в кгс/см²) — отобранные из каждого слоя пробы проходят лабораторные испытания. По полученным данным нескольких скважин строят геологические профили участка.

Гидрология. При исследовании акватории определяют: максимальные и минимальные уровни воды при различных степенях обеспеченности, скорости течения, заносимость акватории песчаными или илистыми отложениями, а также навигационные и межнавигационные уровни воды. Необходимо стремиться к тому, чтобы отметка площадки, выбираемой для строительства, была выше максимального уровня воды не менее чем на 0,5 м. Только для мало ответственных и временных сооружений можно допустить случаи затопления участка в среднем 1 раз в 20 — 30 лет.

Одновременно выясняется характер ледового периода, т. е. период ледостава, возможность осенних и весенних подвижек льда, а также максимальная и минимальная толщины ледового покрова.

Метеорология. Метеорологические изыскания дают сведения о среднемесячных и среднегодовых температурах, минимальных и максимальных за ряд лет, глубине промерзания почвы, количестве осадков, толщине снегового покрова, силе и направлении ветра, а также длительности отопительного периода.

При необходимости реконструкции судостроительно-судоремонтного предприятия производят его технико-экономическое обследование для выявления ресурсов и получения исходных данных для проектирования. Комплексное обследование предприятия охватывает всю его хозяйственную деятельность:

технико-экономическую часть, т. е. состав основных средств, перечень и объем всех видов выпускаемой продукции, затраты на производство этой продукции (основные и вспомогательные материалы, контрагентские поставки, расходы всех видов энергии и др.), состав и квалификацию кадров, фонд заработной платы, организацию снабжения и транспорта и другие технико-экономические показатели;

производственную часть, т. е. характеристику оборудования, технологические процессы, трудоемкость изделий, расход материалов и режимы работ;

энергетическую часть, т. е. данные о мощности систем теплоснабжения, электро-, воздухо-, газоснабжения и возможность их развития;

строительную часть, т. е. обмер существующих зданий, сооружений, систем водоснабжения и канализации с характеристикой их состояния, а также подбор или изготовление чертежей.

Согласование намечаемых проектных решений, кроме размеров участка для строительства или реконструкции предприятия, охватывает ряд важнейших вопросов, таких, как: использование местных трудовых и материальных ресурсов; производственного и хозяйственного кооперирования; трасс новых внеплощадных коммуникаций и мест присоединения к существующим; источников и трасс сетей электроснабжения, связи, газо-, электроснабжения, водопровода, мест спуска сточных вод; примыкание к береговой полосе и обслуживание проектируемого предприятия (цеха) речными и морскими сооружениями; условия, возникающие в связи с подтоплением и затоплением территорий в районе намечаемого строительства гидротехнических сооружений; применение строительных материалов и конструкций и др.

Проектные решения, затрагивающие интересы ряда министерств или ведомств, должны быть согласованы соответственно с Госпланом СССР или с госпланами союзных республик.

Документы на отвод площадки для строительства предприятия оформляет заказчик проекта после принятия в установленном порядке решения о начале строительства.

§ 79. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОГРАММА ПРЕДПРИЯТИЙ. ФОНДЫ ВРЕМЕНИ, РАСЧЕТ ПЛОЩАДЕЙ ЦЕХОВ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Задание на проектирование нового или расширение действующего судостроительно-судоремонтного предприятия обычно определяет расчетную программу подлежащих ремонту и строительству судов в год, программу машиностроения и централизованного машиноремонта, изготовления сменно-запасных деталей и номенклатуру поставок по кооперации от других предприятий. На основании расчетной программы можно применить три основных метода расчета загрузки предприятия:

1) по заранее разработанным технологическим процессам ремонта или постройки судов;

2) по типовым технологическим процессам ремонта и постройки серийных судов;

3) по удельным показателям трудоемкости и материалоемкости на единицу мощности или грузоподъемности типового судна.

Наиболее точным и трудоемким является первый метод, требующий разработки подробных технологических карт на ремонт и изготовление всех деталей и конструкций, а также на все сборочно-монтажные работы. По данным технологических карт и принятой схеме организации производства рассчитывают потребную рабочую силу, материалы, оборудование и размеры производственных и вспомогательных зданий и сооружений проектируемого предприятия. Этот метод расчета загрузки частично применяют при проектировании судостроительных предприятий с новыми формами организации производства и сборки судна на стапеле.

Расчет загрузки по типовым технологическим процессам постройки или ремонта серийных судов основан на использовании типовой номенклатуры работ при постройке и для каждого вида ремонта. В соответствии с типовой номенклатурой работ разработаны единые ремонтные ведомости, содержащие данные о потребности в рабочей силе, материалах, полуфабрикатах, оборудовании и стоимости ремонтных работ. Пользуясь этими ведомостями и заданной программой по типам, количеству и видам ремонта судов, можно рассчитать загрузку каждого цеха в отдельности и предприятия в целом. Для определения загрузки программы судостроения составляют типовые технологические ведомости с указанием трудоемкости и материалоемкости по отдельным конструктивным узлам постройки каждого типа судна.

Третий метод основан на использовании удельных показателей трудоемкости и материалоемкости на единицу мощности или грузоподъемности судна, полученных из анализа работы судоремонтных предприятий и по данным разработанных проектов. Учитывая возможность погрешности в отчетных данных действующих предприятий и некоторые отличия в параметрах судов-прототипов и судов, предусмотренных в программе проектируемого завода, расчет загрузки по этим показателям является менее точным, чем по первым двум методам.

При проектировании узкоспециализированного предприятия, например базового завода для среднего ремонта поточно-позиционным методом грузовых теплоходов с малооборотными дизелями, необходимо применять первый метод расчета загрузки. При этом разрабатывают маршрутную технологию на каждые деталь и узел и сборочно-монтажные работы по каждой позиции, что требует привлечения большого количества технологов и значительное время на проектные работы. Особое внимание необходимо уделить распределению работ, выполняемых на специализированных участках цехов и непосредственно на судах. Из-за большой трудоемкости чаще применяют второй и третий методы.

Трудоемкость по отдельным видам работ на ремонт и строительство судов определяют по нормативам, приведенным в технико-экономических показателях (ТЭП) судоремонтных предприятий Министерства речного флота РСФСР. В нормативах даны удельные трудоемкости работ в нормированных человеко-часах на тонну перерабатываемого металла (в корпусных и трубопроводных цехах), на тонну изготовленных деталей (в механических цехах) или на кубический метр переработанной древесины (в деревообделочных цехах) в зависимости от типа судна и вида ремонта.

Загрузку каждого цеха по удельным показателям рассчитывают по формуле

$$Q_г = B_ц И_{уд}, \qquad (194)$$

где $Q_г$ — трудоемкость годовой загрузки цеха, чел.-ч;
$B_ц$ — расчетная годовая программа цеха, т[3];
$И_{уд}$ — удельная трудоемкость на единицу выпуска продукции цеха, чел.-ч.

Трудоемкость программы машиностроения определяют по укрупненным сметам для каждого вида изделия. Трудоемкость навигационного ремонта принимают 10 — 15% от суммарной трудоемкости программы среднего и текущего ремонта флота.

Учитывая сезонность работы судов внутреннего плавания, все виды ремонта флота производят в основном в зимний период. Поэтому при распределении трудоемкости судоремонтного предприятия по периодам года необходимо обеспечить равномерную загрузку ведущих цехов (корпуснosварочного, механического, деревообделочного) в зимний и летний периоды. По остальным цехам загрузка в зимний период должна быть несколько бо́льшей, чем в летний, так как в них привлекают часть судового экипажа для выполнения ремонтных работ.

Загрузку по ведущим цехам выравнивают за счет преимущественного выполнения в летний период программы судостроения и навигационного ремонта, а также изготовления сменных и запасных деталей, узлов и конструкций по «нулевому» этапу, т. е. таких работ, которые заложены в программу будущего зимнего ремонта флота.

Для обеспечения равномерной загрузки ведущих цехов и превышения зимней загрузки по сравнению с летней по другим цехам в годовую программу завода можно включить заказы прочих организаций.

Общую расчетную годовую программу цеха и трудоемкость работ по участкам и рабочим местам цеха распределяют по удельным показателям, полученным в ранее выполненных проектах.

Постоянное обновление флота и появление новых типов судов, изменение технологии и методов организации производства вызывают необходимость разрабатывать новые нормативы для расчета загрузки проектируемого судостроительно-судоремонтного предприятия. При этом широко пользуются математическими зависимостями, установленными на основе теории подобия. Располагая опробированной номенклатурой и трудоемкостью ремонтных работ, можно

с достаточной точностью рассчитать трудоемкость ремонта целого ряда типоразмеров механизмов, оборудования и конструктивных элементов нового типа судов.

Режим работы судоремонтных и судостроительных предприятий и цехов устанавливают в задании на проектирование. Проектирование судостроительных и специализированных судоремонтных предприятий и цехов ведут, как правило, из расчета двухсменного режима работы. Средний коэффициент сменности для судоремонтных предприятий принимают от 1,25 до 1,8 исходя из условий работы на судах в одну смену, а в основных цехах — в две смены. Третья смена остается резервной и подготовительно-ремонтной. При наличии узких мест и уникального дорогостоящего оборудования допускается работа и в три смены.

Для цехов различают два показателя: число смен работы и показатель сменности.

Число смен работы показывает, сколько смен цех работает независимо от равномерности загрузки оборудования (рабочих мест) по сменам.

Показатель сменности характеризует степень загруженности цеха по сменам и исчисляется отношением числа часов, отработанных за все смены, к числу часов, отработанных в наиболее загруженную (обычно первую) смену.

При определении численности рабочего состава, кроме расчета объема загрузки (трудоемкости), необходимо определить действительный фонд времени работы одного рабочего в часах.

Календарный фонд рабочего времени составляет

$$Ф_к = 8Д_к = 8 \cdot 365 = 2920 \text{ ч}, \qquad (195)$$

где $Д_к$ — количество дней в году.

Номинальный фонд рабочего времени ($Ф_н$) определяют по формуле

$$Ф_н = [Д_к - (Д_п + 2Н_г)]8 - Д_н + Н_г, \qquad (196)$$

где $Д_п$ — количество праздничных дней в году;
$Н_г$ — количество недель в году;
$Д_н$ — количество предпраздничных дней.

$$Ф_н = [365 - (8 + 2 \cdot 52)]8 - 6 + 52 = 2070 \text{ ч}.$$

Действительный фонд времени работы (в ч) рассчитывают с учетом количества дней на отпуска, невыходов и потерь рабочего времени по уважительным причинам (болезни, выполнение государственных обязанностей и др.) по формуле

$$Ф_д = Ф_н (1 - \gamma), \qquad (197)$$

где γ — планируемый коэффициент невыходов рабочих.

В действительном фонде рабочего времени учитывают режим труда для соответствующей категории работающих.

Действительный (расчетный) годовой фонд времени рабочих приведен в табл. 27. Продолжительность рабочей недели 36 ч принята для цехов и участков с вредными условиями труда.

Таблица 27

Продолжительность рабочей недели, ч	Продолжительность основного отпуска, дни	Номинальный годовой фонд времени, ч	Потери от номинального фонда, %	Действительный годовой фонд времени, ч	Годовой фонд для Крайнего Севера и местностей, приравненных к районам Крайнего Севера, при дополнительных отпусках, ч			
					Дни доп. отпуска			
					12	18	24	30
41	15	2070	10	1860	1780	1740	1700	1660
41	18	2070	11	1840	1760	1720	1680	1640
41	24	2070	12	1820	1740	1700	1660	1620
36	24	1830	12	1610	1530	1490	1450	1410

Число производственных рабочих рассчитывают по формуле

$$n_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{г}}}{\Phi_{\text{д}}\, \kappa}, \qquad (198)$$

где $Q_{\text{г}}$ — нормированная трудоемкость годовой программы цеха по данному виду работ, чел.-ч;

$\Phi_{\text{д}}$ — действительный (расчетный) годовой фонд времени рабочих, ч;

κ — коэффициент переработки норм, т. е. отношение нормированной трудоемкости к фактически затраченным.

Для некоторых цехов количество производственных рабочих можно определить по количеству принятого оборудования и рабочих мест.

Кроме общего количества производственных рабочих, рассчитывают необходимое количество вспомогательных рабочих, инженерно-технических работников (ИТР), служебно-конторский персонал (СКП) и младший обслуживающий персонал (МОП).

К вспомогательным относятся рабочие, обслуживающие основное производство, т. е. рабочие по ремонту оборудования и оснастки, наладчики, смазчики, заточники, приемщики и подносчики инструмента, крановщики и стропольщики, машинисты электрокар и др.

К ИТР принадлежит весь состав инженерно-технического персонала: начальники цехов и их заместители, мастера и сменные инженеры, технологи, плановики и нормировщики цехов.

СКП составляют работники бухгалтерского учета, табельщики, учетчики и др. К МОП принадлежат уборщики, курьеры и гардеробщики.

Численность ИТР, СКП и МОП зависит от штатного расписания цеха в процентном отношении от числа производственных рабочих цеха, принимаемого по нормам технологического проектирования и технико-экономическим показателям.

В зависимости от вида загрузки и программы предприятия обосновывают средние тарифы, среднемесячную заработную плату рабо-

чих и годовой фонд заработной платы производственных и вспомогательных рабочих, ИТР, СКП и МОП.

При реконструкции предприятия в расчетах сопоставляется списочный состав работающих до и после реконструкции для определения роста производительности труда.

Для расчета требуемого количества технологического оборудования необходимо определить действительный годовой фонд времени его работы.

Номинальный фонд времени работы оборудования рассчитывают (в станко-ч) по формуле

$$\Phi_{\text{н. о}} = [Д_{\text{к}} - (Д_{\text{п}} + 2H_{\text{г}})]8c - Д_{\text{н}}c + H_{\text{г}}c, \qquad (199)$$

где c — число смен работы.

При двухсменной работе номинальный фонд времени будет

$$\Phi_{\text{н. о}} = [365 - (8 + 2 \cdot 52)]\, 8 \cdot 2 - 6 \cdot 2 + 52 \cdot 2 = 4140 \text{ станко-ч.}$$

Действительный фонд времени работы оборудования рассчитывают с учетом потерь от простоев в планово-предупредительном ремонте. Эти потери от простоев различны для отдельных видов оборудования.

Действительный (расчетный) годовой фонд времени работы основного оборудования при рабочей неделе продолжительностью 41 ч и восьми праздничных дней в году приведен в табл. 28.

Потребное количество технологического оборудования и рабочих мест определяют исходя из объема годовой программы цеха для каждого вида работ, действительного годового фонда времени работы оборудования или рабочих мест, а также нормативного коэффициента загрузки оборудования.

Коэффициентом загрузки оборудования называют отношение расчетного числа часов загрузки оборудования к действительному фонду времени за определенный период (год, месяц).

Количество оборудования или рабочих мест для каждого вида работ можно определить по формуле

$$n_{\text{о}} = \frac{Q_{\text{г}}}{\Phi_{\text{д. о}}\, P_{\text{бр}}\, \kappa_{\text{н. о}}}, \qquad (200)$$

где $\Phi_{\text{д. о}}$ — действительный (расчетный) годовой фонд времени работы оборудования (рабочих мест), ч;

$P_{\text{бр}}$ — средний состав бригады, чел.;

$\kappa_{\text{н. о}}$ — нормативный коэффициент загрузки оборудования или рабочих мест. Для небольших цехов (10 — 20 единиц оборудования) $\kappa_{\text{н. о}} = 0{,}65 \div 0{,}7$; для крупных цехов (60 и более единиц оборудования) $\kappa_{\text{н. о}} = 0{,}83 \div 0{,}87$.

Ориентировочные расчеты потребного количества технологического оборудования можно сделать по технико-экономическим пока-

Таблица 28

Оборудование	При работе в одну смену			При работе в две смены			При работе в три смены		
	Номинальный годовой фонд времени, ч	Потери от номинального фонда времени, %	Действительный годовой фонд времени, ч	Номинальный годовой фонд времени, ч	Потери от номинального фонда времени, %	Действительный годовой фонд времени, ч	Номинальный годовой фонд времени, ч	Потери от номинального фонда времени, %	Действительный годовой фонд времени, ч
Заготовительное (ножницы, вальцы и т. д.)	2070	2	2030	4140	3	4015	6210	4	5960
Электросварочное и газорезательное	2070	3	2010	4140	5	3935	6210	7	5775
Прессы с усилием, тс:									
до 300	2070	2	2030	4140	3	4015	6210	4	5960
до 800	2070	3	2010	4140	6	3890	6210	9	5650
более 800	2070	5	1970	4140	10	3725	6210	12	5465
Металлорежущее и деревообрабатывающее	2070	2	2030	4140	3	4015	6210	4	5960
Металлорежущее уникальное	2070	3	2010	4140	6	3890	6210	10	5590
Трубогибочные станки	2070	2	2030	4140	3	4015	6210	4	5960
Печи термические, электрические	2070	3	2010	4140	5	3935	6210	8	5715
Оборудование цехов защитных покрытий	2070	2	2030	4140	3	4015	6210	4	5960

зателям, если в них представлен выпуск деталей на единицу оборудования. В этом случае расчетная формула примет вид:

$$n_o = \frac{B_ц}{\Gamma}, \qquad (201)$$

где $B_ц$ — расчетная годовая программа цеха, т или шт.;

Γ — годовой выпуск готовой продукции цеха с единицы оборудования, т или шт.

Потребное количество основных и вспомогательных материалов определяют по укрупненным измерителям материалоемкости для различных типов строящихся судов и по видам ремонта, а их стоимость по ценникам с добавлением транспортных расходов.

К основным относятся материалы, из которых изготовляют продукцию, входящую в изделие как составные части (черные и цветные металлы, шихта, дерево, краски и т. д.).

К вспомогательным относят материалы, используемые в различных процессах, но не входящие в состав изделия (топливо, смазка, формовочная земля, обтирочные материалы и др.).

Потребность в материалах по навигационному ремонту принимают ориентировочно в размере 10 — 15 % от суммарной потребности в материалах для среднего и текущего ремонта флота, предусмотренного конкретной программой предприятия.

Кроме материалов, необходимо определить количество и стоимость полуфабрикатов, которые предприятие будет получать от своих заготовительных цехов и от других предприятий по кооперированным поставкам. Стоимость всех видов энергии (электроэнергия, пар, вода, кислород, ацетилен и др.) определяют по видам и источникам получения.

Проектирование новых и реконструкцию действующих предприятий осуществляют только с применением унифицированных типовых секций и пролетов.

Проектными организациями МРФ разработаны типовые технологические схемы компоновки цехов судоремонтных предприятий в унифицированных пролетах и секциях зданий, что позволяет увеличить плотность застройки, сократить протяженность коммуникаций и снизить стоимость строительства. При этом можно обеспечить строительные организации проектными материалами, не ожидая получения полного комплекта технологических чертежей.

Учитывая развитие индустриальных методов ремонта флота, на вновь строящихся или реконструируемых предприятиях будут возводить многопролетные здания для размещения в них всех производственных цехов, участков и складов.

Определение площади цехов производят по масштабной планировке принятого оборудования, рабочих мест и транспортных устройств в соответствии с технологией и организацией производства в данном цехе. При этом учитывают необходимые разрывы между оборудованием и рабочими местами, ширину проездов и проходов и необходимые площади для размещения вспомогательных служб.

Для приближенных расчетов потребной производственной площади можно использовать нормативные показатели съема продукции с единицы площади.

Всю площадь цехов делят на полезную (общую) площадь, рабочую, вспомогательную, складскую, подсобную и площадь служебно-бытовых помещений.

Полезная площадь равна сумме всех площадей на всех этажах в пределах стен цеха, за исключением площадей, занимаемых лестничными клетками, внутренними стенами и опорами.

Рабочая площадь — это сумма площадей цеха, предназначенных для производства продукции, включая площади для промежуточных складов полуфабрикатов, наземного транспортного оборудования, испытательных стендов, мест для заготовок и готовых изделий и межоперационного контроля деталей, проходы и проезды между оборудованием и рабочими местами (кроме магистральных проездов).

Вспомогательная площадь складывается из площадей, отводимых для изготовления технологической оснастки и при-

способлений, а также для участков по ремонту оборудования и инструмента.

Подсобная площадь — это сумма площадей, занимаемых установками санитарно-технического и энергетического назначения, тамбурами, коридорами, переходами и помещениями технического назначения.

Площади служебно-бытовых помещений предназначены для размещения цеховых контор, конструкторско-технологических бюро, бытовых помещений, пунктов питания, здравпунктов и общественных организаций.

Складская площадь служит для хранения различных материалов полуфабрикатов и готовых изделий, необходимых для производственной деятельности предприятия. В цехах к складским площадям относятся инструментальные кладовые, склады комплектующих изделий и полфабрикатов и др. Планировка цеха должна отвечать требованиям непрерывного повышения производительности труда рабочих и обеспечить минимальную себестоимость выпускаемой продукции, для чего необходимо, чтобы:

размещение производственных участков и вспомогательных служб производилось с учетом прогрессивных форм организации производства и обеспечения максимального удельного выпуска продукции с 1 м² площади цеха;

расположение рабочих мест, оборудования и средств механизации отвечало принятому технологическому процессу, обеспечивало прямолинейность грузопотоков и кратчайшие пути перемещения материалов и заготовок в процессе производства;

расположение внутрицехового транспорта обеспечивало бесперебойную подачу материалов и полуфабрикатов к рабочим местам и передачу деталей и изделий на последующие операции;

размещение технического персонала обеспечивало максимальное его приближение к обслуживаемым производственным участкам;

эксплуатация и ремонт оборудования, контроль и управление производственными процессами производились с использованием современных технических средств.

Рабочую площадь цеха можно определить по удельным нормам на единицу оборудования или рабочего места, а также по технико-экономическим показателям — удельному выпуску продукции в год с 1 м² площади или удельной площади на одного производственного рабочего.

По удельным нормам на единицу оборудования или рабочих мест рабочую площадь цеха определяют по формуле

$$S_р = S_{уд} n_о, \qquad (202)$$

где $S_{уд}$ — удельная рабочая площадь на единицу оборудования или рабочее место, м²/станок, рабочее место;

$n_о$ — расчетное количество оборудования или рабочих мест, ед.

По удельному выпуску продукции в год с 1 м² площади рабочую площадь цеха $S_р$ находят по формуле

$$S_р = \frac{B_ц}{П_{уд}}, \qquad (203)$$

где $B_ц$ — расчетная годовая программа цеха, т;

$П_{уд}$ — удельный выпуск продукции в год с 1 м² площади цеха, т/м².

Вспомогательную и складскую площадь цеха определяют по нормам технологического проектирования.

Общая площадь цеха (в м²) равна

$$S_ц = S_{уд} n_о \left(1 + \frac{a_{уд} + b_{уд}}{100}\right) = \frac{B_ц}{П_{уд}} \left(1 + \frac{a_{уд} + b_{уд}}{100}\right), \qquad (204)$$

где $a_{уд}$ — удельное значение вспомогательной площади цеха от рабочей, %;

$b_{уд}$ — удельное значение складской площади цеха от рабочей, %.

При разработке технологических планировок цехов применяют условные обозначения, приведенные на рис. 189.

Проектные решения по строительству или реконструкции завода излагают раздельно по территории, акватории, судоподъемным и гидротехническим сооружениям, производственным зданиям и оборудованию, энергетическому хозяйству и санитарно-техническим устройствам, транспортным средствам и средствам связи и т. д.

Степень экономичности принятых проектных решений определяют сопоставлением полученных данных по проектируемому предприятию с технико-экономическими показателями для предприятий Минречфлота РСФСР, а для реконструируемого предприятия — также с показателями этого предприятия до его реконструкции.

В табл. 29 приведены общезаводские технико-экономические показатели для судоремонтных предприятий Минречфлота РСФСР, разработанные в 1972 г. Ленгипроречтрансом. В них учтено производственное кооперирование предприятий. Предприятия получают все виды литья, крупные и средние поковки, пиломатериалы, электроды, кислород, сменные и запасные части, отремонтированные в специализированных цехах главные и вспомогательные механизмы и электрооборудование.

Сопоставляя данные проектных решений и технико-экономические показатели, приведенные в табл. 29, делают выводы об экономической целесообразности строительства или реконструкции предприятия. Для проектируемых предприятий, имеющих годовой объем валовой продукции до 10 млн. руб., показатель удельных капиталовложений определяют интерполяцией, а при объеме свыше 10 млн. (но не более 20 млн. руб.) норматив удельных капиталовложений определяют экстраполяцией — снижением норматива первой группы предприятий на 1,5% на каждый миллион рублей увеличения валовой продукции.

При расчете стоимостных показателей нормативов стоимость основных фондов определена в ценах, введенных на строительство

Таблица 29

Наименование	Годовой выпуск продукции судоремонтных предприятий, млн. руб.			
	I группа (13,5)	(II группа (10,0)	III группа (6,0)	IV группа (2,0)
Характеристика годовой программы	Ремонт серийных крупнотоннажных самоходных судов и судостроение, в том числе судостроение 25—30%, судоремонт и прочие работы 75—70%	Ремоит серийных самоходных судов и судостроенне, в том числе судостроение 20—25%, судоремонт и прочие работы 80—75%	Ремонт серийных самоходных судов, в том числе судоремонт 65—75%, прочие работы и судостроение 35—25%	Ремонт серийных самоходных н несамоходных судов, в том числе судоремонт 75—70%, прочие работы 15—10%
Показатели:				
1. Удельные капиталовложения по основным производственным фондам на 1 руб. выпуска продукции, руб.	1,25	1,35	1,5	2,00
2. Структура капиталовложений по основным производственным фондам, %:				
активные	17	18	20	24
пассивные	83	82	80	76
3. Выпуск продукции на работающего (промышленного пронзводственного персонала), тыс. руб.	12,3	12,0	8,5	7,5
4. Выпуск продукции на 1 руб. основных фондов (фондоотдача), руб.	0,80	0,75	0,65	0,5
5. Отношение числа вспомогательных рабочих к числу производственных рабочих, %	20	20	25	30
6. Отношение числа ИТР, СКП и МОП к числу производственных рабочих, %	18	18	21	22
7. Средний коэффицнеит сменности	1,8	1,8	1,6	1,4
8. Трудоемкость работ, выполняемых производственными рабочими (без заготовительных и вспомогательных цехов), на 1000 руб. выпуска продукцин, тыс. чел.-ч	0,10	0,11	0,13	0,14
9. Уровень комплексной механизации, %	65	65	60	50
10. Затраты на 1 руб. выпуска продукции (себестоимость), руб.	0,72	0,73	0,77	0,77
11. Уровень рентабельности пронзводственных фондов (основные + + оборотные), %	22,2	20,0	16,7	15,2
12. Окупаемость капитальных затрат на создание производственных фондов, лет	4,5	5,0	6,0	6,6

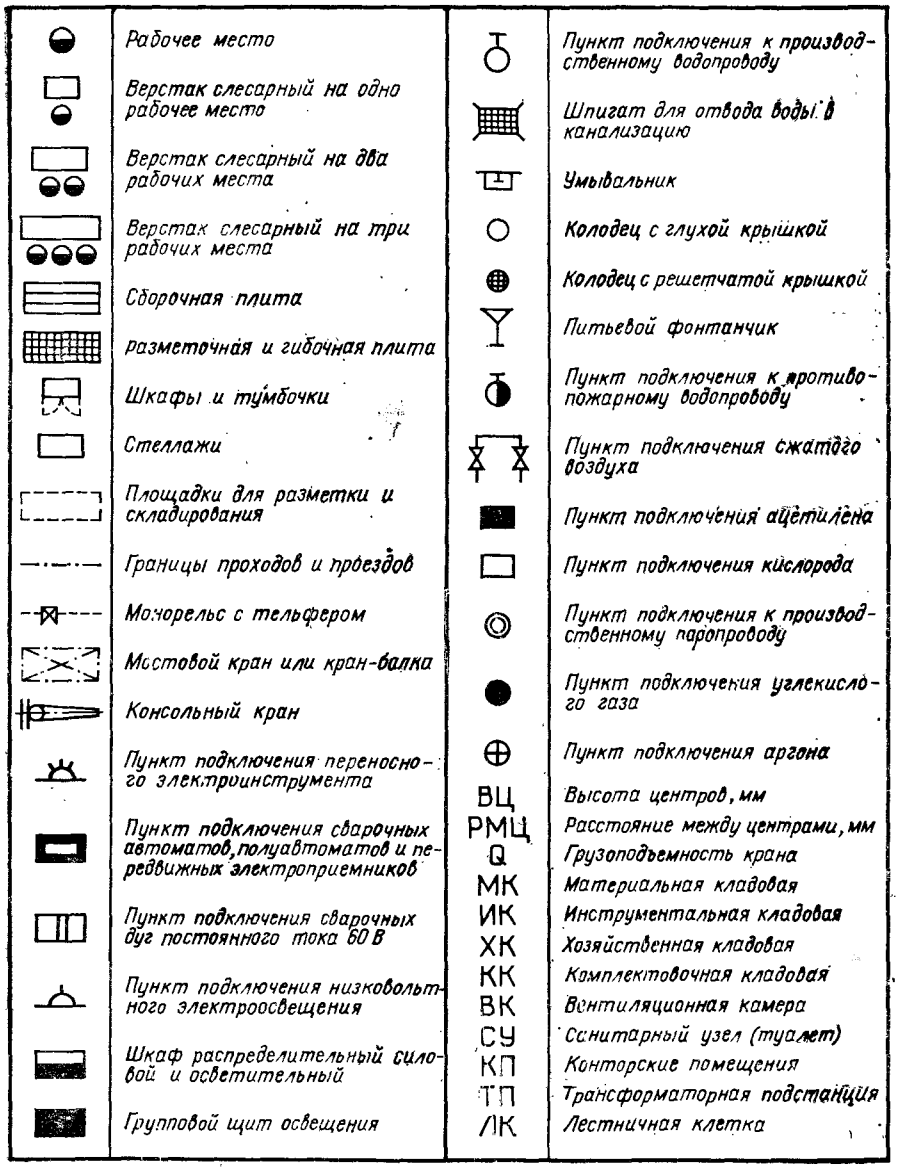


Рис. 189. Условные обозначения, применяемые при проектных разработках планов цехов

с 1/1 1969 г., а валовая продукция — в ценах с 1/VII 1967 г. В приведенных нормативах не учтены затраты на образование акватории, на строительство заготовительных и специализированных цехов, а также на жилищно-коммунальное строительство.

§ 80. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА СУДОСТРОИТЕЛЬНО-СУДОРЕМОНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Генеральным планом судостроительно-судоремонтного предприятия называется проект взаимного горизонтального и вертикального расположения на территории и акватории всех зданий, сооружений, судоподъемных устройств, причального фронта, рельсовых и безрельсовых дорог, подземных и надземных путей, увязанных с рельефом территории, со схемой производства, постройки и ремонта судов и расстановкой ремонтируемого флота на акватории.

Разрабатывают генеральный план, как правило, в две стадии: технический проект и рабочие чертежи. В отдельных случаях, при проектировании предприятия с использованием типовых проектов или повторного использования, допускается разработка техно-рабочего проекта.

Кроме проекта основного генерального плана в отдельных случаях составляют строительный и исполнительный генеральные планы предприятия.

Строительный генеральный план, составленный на основе проекта основного генерального плана, предусматривает размещение всех необходимых для строительства временных зданий и сооружений в соответствии с принятой организацией строительно-монтажных работ.

Исполнительный генеральный план составляют на основании съемки всех построенных зданий, сооружений, причального фронта и акватории, а также рельефа заводской территории после завершения строительно-монтажных работ. Он необходим для эксплуатационных нужд и разработки проекта реконструкции или расширения действующего предприятия.

Разработка проекта основного генерального плана во многом определяет условия эксплуатации и строительства завода. Проект должен отражать комплексное решение технологической, транспортной и общестроительной частей проекта предприятия.

Правильный выбор площадки для строительства судостроительно-судоремонтного завода и рациональное размещение на генеральном плане зданий, сооружений, транспорта и инженерных коммуникаций с учетом благоустройства территории могут дать значительное снижение стоимости строительства предприятия. Еще больше рациональное решение генерального плана скажется на эксплуатации проектируемого предприятия. Недостаточная компактность застройки территории и неудачное расположение отдельных цехов по отношению к строящимся или ремонтируемым судам, т. е. по отношению к слипу и акватории завода, увеличивают межцеховые перевозки и количество

погрузочно-разгрузочных операций, потери рабочего времени на переходы из-за отдаленности объектов строительства или ремонта от рабочих мест в цехах, повышают мощности электродвигателей насосных и компрессорных установок и сечения трубопроводов и электрических кабелей. Расположение зданий и сооружений предрешает вопросы санитарно-гигиенических условий труда (загазованность воздуха, освещенность и др.), противопожарной безопасности и гражданской обороны предприятия в целом.

Эксплуатационные расходы проектируемого предприятия значительно зависят от решения генерального плана, так как излишние перевозки и погрузочные операции увеличивают транспортные расходы; растянутость фронта работ из-за неудобного расположения в вертикальной плоскости зданий, сооружений и напорных коммуникаций увеличивают затраты рабочей силы на их содержание и повышают расходы и стоимость всех видов энергии.

Основные принципы решения генерального плана связаны с разработкой комплекса вопросов, зависящих от программы и мощности проектируемого предприятия, от различных экономических и географических условий и специальных требований, предъявляемых к данному предприятию. Наряду с этим существуют общие основные принципы разработки генеральных планов, которые следует применять при проектировании всех промышленных предприятий.

1. За основу при проектировании генерального плана принимают технологический процесс постройки или ремонта судов с учетом современных требований, предъявляемых к организации производства и созданию нормальных условий труда при максимальном снижении стоимости строительства и эксплуатационных расходов основной деятельности предприятия.

2. Генеральный план следует органически увязать со схемой районной планировки, чтобы он отвечал технико-экономическим особенностям района, в котором проектируют данное предприятие.

3. Расположение зданий, сооружений и транспортных путей на генеральном плане должно соответствовать характеру грузовых потоков, обеспечивать поточность производства, исключать пересекающиеся и встречные направления основных технологических потоков; объем межцеховых перевозок должен быть минимальным.

4. Протяженность путей передвижения людей по территории и акватории предприятия до строящихся и находящихся в ремонте судов должна быть минимальной.

5. Территория и акватория предприятия должны быть максимально использованы, а протяженность наружных и подземных коммуникаций максимально сокращена, для чего необходимо компактное расположение производственных зданий и судоподъемных сооружений, объединение мелких цехов в крупных зданиях-блоках, приближение их к строящимся или ремонтируемым судам.

6. Решение генерального плана должно учитывать возможность осуществления строительства предприятия индустриальными методами, для чего необходимо размеры генерального плана подчинить модульной системе, а конструкции всех сооружений унифицировать.

7. Размещение производственных зданий и сооружений необходимо производить с учетом климатических условий района, рельефа территории, местных гидрологических условий. Планировка должна отвечать условиям санитарных норм, а благоустройство территории должно удовлетворять современным эстетическим требованиям.

Конкретную компоновку генерального плана судоремонтного и судостроительного предприятия предопределяет, в основном, принятый технологический процесс ремонта или постройки судов с учетом особенностей выбранной территории и акватории. Проектирование генерального плана начинают с разработки производственных схем.

Судостроительные и судоремонтные предприятия отличаются от других видов производств большой номенклатурой перерабатываемых материалов и сложностью технологических процессов их обработки. Производство ведется параллельно в нескольких заготовительных цехах и сливается в единый производственный поток в обрабатывающих и сборочных цехах, где собирают отдельные конструктивные элементы судна, идущие на стапельные места. Поэтому здания и сооружения должны быть расположены так, чтобы обеспечивать поступательное движение материалов, полуфабрикатов и готовых изделий в одном направлении.

В зависимости от принятой схемы постройки или ремонта судов направление грузопотоков может быть осуществлено по трем схемам: продольной, поперечной и комбинированной.

Продольная схема обусловливает прямолинейное движение материалов и полуфабрикатов вдоль длинной оси корпусов, расположенных последовательно один за другим. Для обеспечения такого потока желательно, чтобы территория судостроительно-судоремонтного предприятия находилась между железнодорожным путем и водной магистралью.

Поперечная схема наиболее применима для генеральных планов небольших судоремонтно-судостроительных предприятий, на которых межцеховые перевозки осуществляются безрельсовым и подвесным транспортом.

Комбинированная система является наиболее распространенной, где наряду с железнодорожным используют и другие виды транспорта. Иногда применение этой системы вызвано местными условиями, т. е. заданной конфигурацией территории проектируемого завода или рядом ограничений, возникающих при реконструкции действующего предприятия.

Размещение производственных зданий непосредственно влияет на планировку заводской территории и унификацию элементов генерального плана. Сокращение числа зданий за счет размещения производственных цехов в крупных корпусах-блоках увеличивает компактность генерального плана.

Проектными организациями Минречфлота РСФСР разработаны типовые технологические схемы компоновки цехов судостроительно-судоремонтных предприятий в унифицированных пролетах и секциях здания. Их применение позволяет не только сократить количество типов зданий, но и унифицировать размеры несущих конструкций.

Типовые габаритные схемы промышленных корпусов составлены на основании оптимальных технологических и строительных требований. Ширина унифицированных пролетов секций промышленных корпусов принята равной 18 и 24 м. Корпус — блок цехов может иметь два, три и более пролетов-секций. Длину корпуса принимают исходя из расчетной площади каждого цеха и участка кратной 6 м, т. е. унифицированному расстоянию между опорами несущих конструкций. Типовые проекты зданий для проектируемого завода следует выбирать с учетом стандартизации строительных конструкций.

Проводимая в Минречфлоте РСФСР концентрация однотипного производства, развитие специализации и кооперирования приводят к изменению состава основных цехов судоремонтно-судостроительного предприятия.

Крупные заготовительные цехи будут строить только на отдельных заводах для обслуживания судоремонтных предприятий одного или нескольких речных бассейнов. Поэтому большинство судоремонтных предприятий будет представлять собой комплекс обрабатывающих и сборочно-монтажных цехов, которые целесообразно размещать в одном или нескольких корпусах-блоках. Компоновать производственные цехи (участки) следует с учетом общности санитарных и противопожарных требований.

Блок корпусных цехов со складом стали включает: плаз с кладовой для шаблонов, корпусообрабатывающий участок со складом деталей, сборочно-сварочный участок, трубопроводный, кузнечно-медницкий и жестяницкий участки, а также электромонтажный участок и кладовую цеха.

В блок механосборочных цехов входят: станочный участок с промежуточным складом хранения полуфабрикатов, слесарно-сборочный и монтажный участки со складом демонтированного оборудования, электроремонтный и ремонтно-механический, термический и инструментальный участки, а также участок судовых команд. Блок деревообрабатывающих цехов включает: плотничный и столярный участки, лесосушильное отделение, малярный и такелажно-парусный участки, а также участок приготовления красок со складом для их хранения.

Служебно-бытовые помещения цехов размещают в двух-или трехэтажных пристройках каждого блока. В одном случае их можно располагать вдоль пролетов, в другом — поперек. Часть служебно-бытовых помещений можно использовать под склады, лаборатории, испытательные станции и т. п.

Отопительная котельная и склад топлива надо располагать в стороне от основного производства на площадке с удобными подходами для внезаводского транспорта для подвоза топлива. Компрессорную станцию размещают ближе к слипу и причальной линии в пролете корпусного цеха, а кислородную— вдали от складов жидкого топлива, ацетиленовых установок с наветренной стороны. Главный склад размещают вблизи группы механических цехов, а склад судового инвентаря — у причальной линии. На рис. 190 приведена схема генерального плана судоремонтного завода с расположением всех производственных участков в одном блоке.

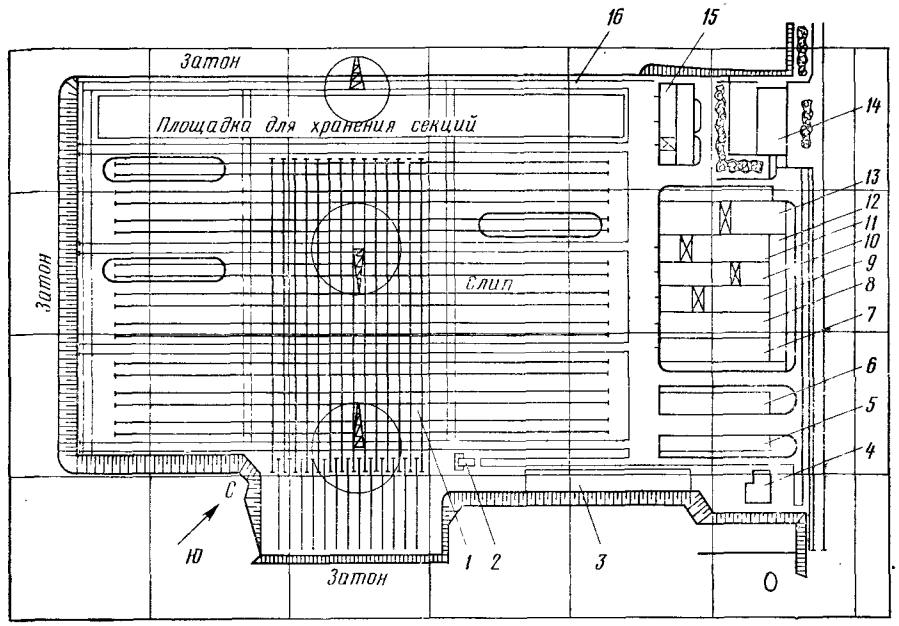


Рис. 190. Генеральный план судоремонтного завода:

1 — слип; *2* — пульт управления; *3* — склад топлива; *4* — котельная; *5* — склад металлоотходов; *6* — склад пиломатериалов; *7* — деревообделочный и малярный участки, лесосушило; *8* — электроремонтный, гальванический, инструментальный и ремонтно-хозяйственный участки; *9* — механический участок; *10* — слесарно-монтажный и трубопроводный участки; *11* — корпусносварочный и кузнечный участки; *12* — бытовые помещения; *13* — склад стали; *14* — заводоуправление, столовая и лаборатория; *15* — блок складов; *16* — достроечная набережная

Создание специализированных базовых заводов для производства среднего и капитального ремонтов судов с однотипными силовыми установками возможно, если реконструировать действующие судоремонтные заводы или построить новое предприятие.

Реконструируемый завод должен иметь необходимую акваторию, развитый слип и цех централизованного ремонта судовых механизмов. При реконструкции необходимо построить крытый отапливаемый эллинг и создать установку для поддержания акватории в незамерзающем состоянии. Габариты крытого эллинга должны позволять размещать в нем суда, предусмотренные программой ремонта. При расчете площади эллинга задаются количеством позиций для организации ремонта судов поточным методом с максимальным насыщением средствами механизации на всех ремонтных операциях.

При проектировании нового базового завода для среднего ремонта судов поточным методом необходимо учитывать возможность обслуживания (программа зимнего ремонта) 60 — 100 единиц флота. Кроме крытого эллинга, необходимо спроектировать блок цехов для ремонта главных и вспомогательных двигателей, компрессоров, насосов, палубных механизмов, электрооборудования, а также металлических и деревянных судовых конструкций. На стапелях крытого эллинга будут выполнять корпусные, очистные и окрасочные работы, ремонт

винто-рулевого комплекса и демонтажно-монтажные работы по машинному отделению и оборудованию корпуса и надстроек. В этом случае наиболее целесообразен вертикальный судоподъемник канатного или гидравлического типа.

Схема генерального плана специализированного завода для среднего ремонта грузовых теплоходов представлена на рис. 191.

Поддерживать акваторию специализированного завода в незамерзающем состоянии можно с помощью пневматической установки при значительной глубине акватории (рис. 192) или пневмоводяной установки в сочетании с потокообразователями.

Учитывая необходимость дозагрузки специализированного завода в летний период программой судостроения, при проектировании ге-

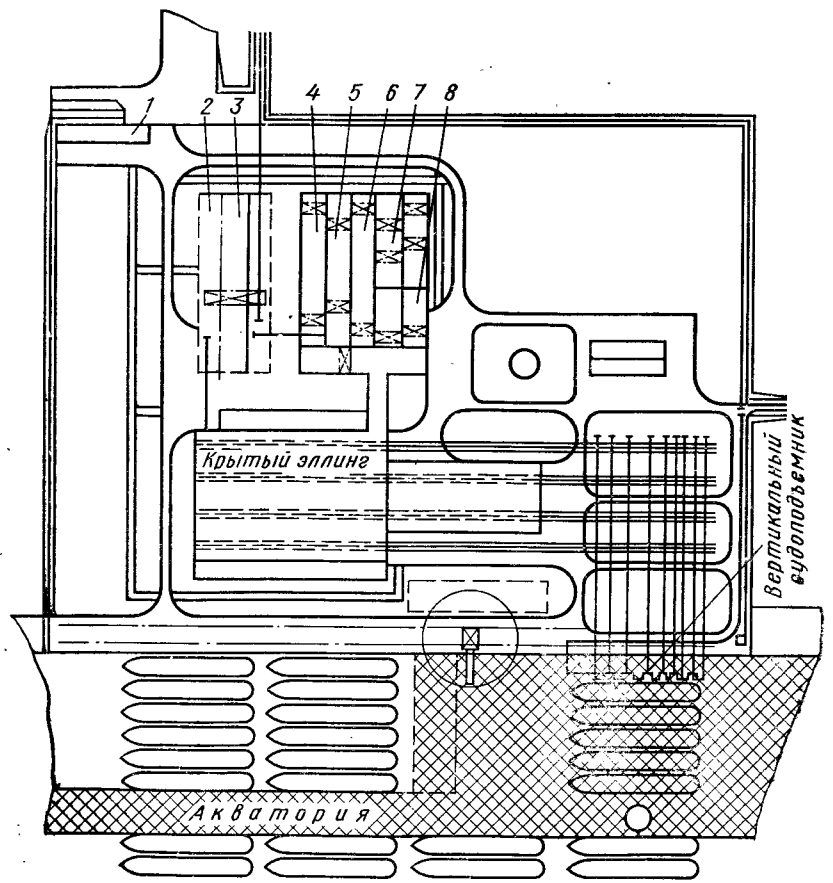


Рис. 191. Генеральный план специализированного завода для среднего ремонта грузовых теплоходов:

1 — инженерный корпус; *2* — склад механизмов; *3* — склад стали и площадка для сборки секций; *4* — корпусносварочный участок; *5* — трубопроводный участок; *6* — механосборочный, электромагнитный, инструментальный участки; *7, 8* — дизелеремонтные участки

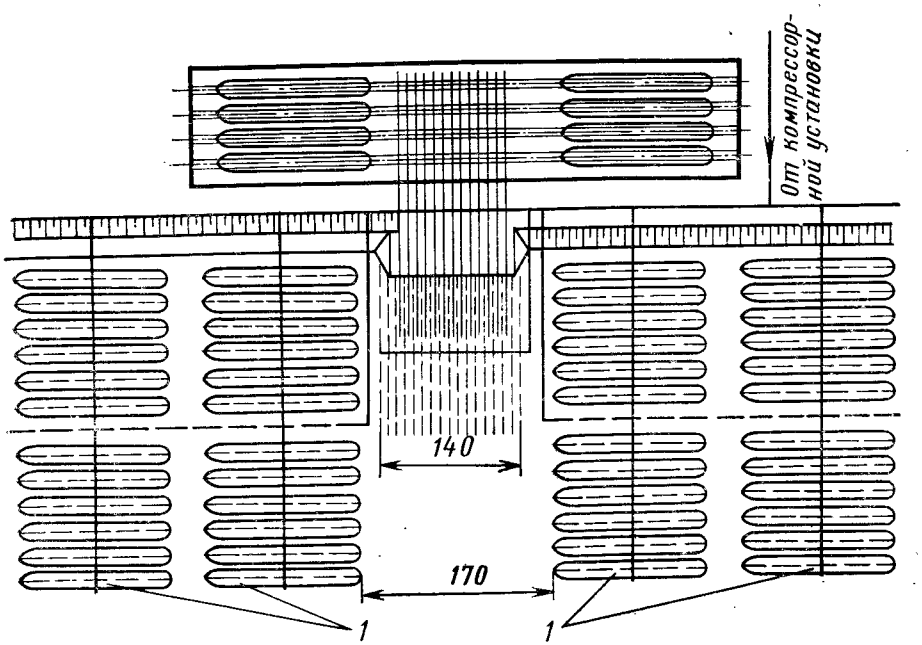


Рис. 192. Схема пневмоводяной установки для поддержания акватории на 100 грузовых теплоходов в незамерзающем состоянии:

1 — перфорированные трубы

нерального плана необходимо предусмотреть дополнительные площадки для хранения изготовленных корпусных конструкций (плоскостных и блоков секций).

Архитектурно-планировочное решение генерального плана судостроительно-судоремонтного предприятия выполняют в соответствии с основными правилами зонирования, застройки и резервирования территории.

Решение горизонтальной планировки должно быть направлено на создание нормальных условий труда и отдыха трудящихся за счет правильного размещения зданий по отношению к стороне света, к направлению господствующих ветров, за счет соответствующих санитарных разрывов между зданиями и сооружениями, создания мест отдыха и озеленения заводской территории.

По горизонтальной планировке уточняют взаимное расположение зданий и сооружений и схему проездов с решением всей промышленной площадки как единого комплекса. Единство архитектурного решения генерального плана обеспечивают созданием композиционного центра застройки, которому подчинено расположение всех зданий проектируемого завода.

На судостроительно-судоремонтных заводах таким композиционным центром может служить судоподъемное сооружение (слип) или основной проезд — магистраль завода, вдоль которой расположены основные производственные цехи.

Ширину проездов или разрывы между производственными зданиями определяют: требования гражданской обороны, противопожарных и санитарно-технических норм и правил безопасности; возможность прокладки всех необходимых транспортных и инженерно-технических коммуникаций; специфические требования судостроительно-судоремонтного производства, связанные с доставкой крупногабаритных механизмов и корпусных конструкций. Ширина проезжей части автомобильных дорог и подъездных путей к ним принимается по Нормалям и техническим условиям проектирования автомобильных дорог промышленных предприятий (СНиП-2Д-5—62). С учетом возможного обрушения зданий наименьшее расстояние (в м) от линии застройки до оси автодороги можно определить по формулам:

Для основных магистралей

$$l_д = \frac{H_з}{2} + 6; \qquad (205)$$

для второстепенных проездов

$$l_д = \frac{H_з}{2} + 4{,}5, \qquad (206)$$

где $l_д$ — расстояние от линии застройки до оси автодороги, м;

$H_з$ — высота наиболее высокого здания, расположенного по линии застройки, м.

При определении расстояний до дороги от корпусов, имеющих въезды для автотранспорта, необходимо учитывать перепады вертикальных отметок корпусов с противоположных его сторон; при этом следует обеспечивать подъезды к зданиям в пределах допустимых уклонов.

Размещение и ширина тротуаров зависят от направления людских потоков и поперечного профиля проезда.

Расположение зданий, сооружений и магистральных проездов на основании предварительной компоновки генерального плана при составлении планировки уточняют применительно к гидрологии площадки. Учитывая рельефы и гидрологические условия площадки, здания и сооружения с наибольшими нагрузками и развитыми подземными хозяйствами располагают в зонах однородных грунтов с наибольшей несущей способностью; корпуса, имеющие подвалы или крупные подземные сооружения, размещают в местах с наиболее низким уровнем грунтовых вод.

В горизонтальной планировке все здания и сооружения на основном чертеже задают координатами точек пересечения их основных осей.

Вертикальная планировка предусматривает высотное размещение всех зданий, сооружений, коммуникаций, рельсовых и безрельсовых дорог и проектный рельеф площадки для нормального ведения строительства и эксплуатации предприятия. Решение вертикальной планировки должны обеспечить транспортно-технологические связи предприятия с существующим рельефом и гидрологическим строением территории и учитывать возможность:

минимальных затрат по возведению фундаментов, устройству подвалов и прокладке подземных коммуникаций;

отвода атмосферных и производственных вод.

Существуют три системы вертикальной планировки территории: сплошная, выборочная и зональная.

При сплошной системе вертикальной планировки предусматривается изменение существующего рельефа по всей территории предприятия. При выборочной системе предусматривается производство планировочных работ на застроенной части площадки с сохранением естественного рельефа на остальной территории.

При зональной системе предусматривается сплошная планировка отдельных участков (зон) и выборочная — в остальной части территории.

При изменении существующего рельефа площадки принимают одну из двух схем решения вертикальной планировки: бестеррасную и террасную.

Бестеррасную схему применяют при естественном уклоне рельефа не более 4° и интенсивных транспортных связях между отдельными производственными зонами. Террасную схему применяют при уклоне естественного рельефа более 4° и отсутствии интенсивных транспортных связей между зонами в направлении, перпендикулярном линии террас. При проектировании судостроительно-судоремонтных заводов эту схему применяют только в исключительных случаях.

Транспорт проектируемого предприятия делят на внутренний и внешний. В свою очередь, внутризаводской транспорт делят на межцеховой и внутрицеховой. Межцеховой транспорт функционально связан с внутрицеховыми транспортными операциями, поэтому решение генерального плана на основе взаимной увязки транспортных и технологических требований возможно при условии правильного выбора вида транспорта.

Вид внешнего и межцехового транспорта зависит от технологии производства, характера и объема перевозимых грузов, расстояния перевозок, топографических, гидрологических и климатических условий, а также методов и условий погрузочно-разгрузочных работ.

На судостроительно-судоподъемных предприятиях применяются следующие виды транспорта:

железнодорожный нормальной колеи — для внешних перевозок;

речной — для доставки массовых видов груза;

автомобильный — для обеспечения внешних и межцеховых перевозок;

тягачи с прицепными тележками (трейлерный транспорт) — для перевозки тяжелых и большегабаритных грузов;

авто- и электротележки — для межцеховых и межскладских перевозок;

подвесные дороги — для совмещения горизонтальных перемещений груза с вертикальными;

трубопроводный — для транспортировки жидких грузов.

Количество единиц подвижного состава определяют на основе установленного грузооборота и схемы грузовых потоков по формуле

$$n = \frac{Qt}{q\beta Tk}, \qquad (207)$$

где n — количество единиц подвижного состава;
Q — количество перевозимого груза, т;
t — время оборота единицы подвижного состава, ч;
q — грузоподъемность единицы подвижного состава, т;
β — коэффициент использования грузоподъемности единицы подвижного состава;
T — планируемый период, ч;
k — коэффициент использования парка подвижного состава по времени.

Величина t складывается из нескольких элементов:

$$t = (t_{пог} + t_{разг}) + \frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2}, \qquad (208)$$

где $t_{пог}$ и $t_{разг}$ — время на производство погрузочно-разгрузочных операций;
l_1 и l_2 — длина пути, пройденная единицей подвижного состава соответственно с грузом и без груза, км;
v_1 и v_2 — скорость движения единицы подвижного состава соответственно с грузом и без груза, км/ч.

Принимаемый вид транспорта должен быть экономически и технически обоснован сравнением вариантов различных видов транспорта.

Инженерно-технические коммуникации предприятия осуществляют передачу необходимых для производственных и бытовых нужд воды, пара, электроэнергии, сжатого воздуха, газа и т. д. Их расположение в плане и способ прокладки в значительной степени влияют на решение генерального плана, особенно на расстояние между зданиями.

Инженерно-технические коммуникации делят на три основные группы:

санитарно-технические сети (хозяйственно-питьевой водопровод, хозяйственно-фекальная канализация, водостоки, противопожарный трубопровод, дренаж и др.);

энергетические сети (электрические сети, теплопроводы, линии связи и др.);

технологические сети (газопроводы, производственный водопровод, производственная канализация и др.).

По расположению в вертикальной плоскости инженерно-технические коммуникации могут быть подземными (глубокого и мелкого заложения), наземными (прокладываются по поверхности территории на прокладках, столбиках) и надземными (прокладываются на специальных эстакадах, по стенам зданий и т. д.).

Сети коммуникаций в плане, как правило, размещают вдоль проездов, по кратчайшему пути, прямолинейно и параллельно красным линиям застройки.

Расположение коммуникаций в вертикальной плоскости определяют технологические и монтажные требования, а также гидрологические условия. Очередность их укладки увязывают с проектом вертикальной планировки и производством земляных работ.

Расстояния по горизонтальным и вертикальным плоскостям между отдельными сетями, сетями и зданиями (сооружениями) должны быть не менее размеров, установленных Строительными нормами и правилами.

Технико-экономические показатели рационального решения генерального плана зависят от его компактности или плотности застройки, а также затрат, связанных с выполнением работ по планировке площадки, со строительством подъездных рельсовых и безрельсовых дорог и внеплощадочных сетей водоснабжения, канализации и теплоснабжения.

Плотность застройки характеризуют два показателя: коэффициент застройки, определяемый как отношение площади застройки (включая слип и открытые склады) к территории завода, и коэффициент использования территории, представляющий собой отношение суммы площадей застройки, площади озеленения, спортивных площадок, автомобильных дорог, тротуаров, отмостков, железнодорожных путей и зон подземных инженерных сетей к территории завода.

В проекте генерального плана приводят следующие техно-экономические показатели:

территория завода (в га);
площадь застройки территории (в га);
площадь горизонтальной и наклонной части слипа (в га);
площадь открытых складов и площадок (в га);
площадь железнодорожных путей, автомобильных дорог и мощеной части территории (в га);
коэффициент застройки;
коэффициент использования территории;
объем земляных работ (выемка и насыпь) (в м);
акватория (в га);
длина оградительных сооружений (в м).

Рациональное решение генерального плана оказывает существенное влияние на снижение стоимости строительства проектируемого завода.

Глава XXII

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ, УЧАСТКОВ И СУДОПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

§ 81. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОКОРПУСНОГО ЦЕХА

Судокорпусный цех — основной цех судоремонтных и судостроительных предприятий и состоит из корпусообрабатывающего и сборочно-сварочного участков. Удельное значение трудоемкости корпусных работ по ремонту и строительству судов составляет бо-

лее 25% от общего объема загрузки промышленных предприятий Минречфлота РСФСР. На многих предприятиях, кроме ремонта и строительства судов, этот цех выполняет ремонт и изготовление разнообразных металлических конструкций.

Проектированию цеха предшествует подготовительная работа, заключающаяся в составлении производственной программы, подбора исходных данных по весу перерабатываемой стали, технологии производства и трудоемкости по видам загрузки.

Потребность в основных материалах на ремонт и строительство отдельных типов судов определяют по нормативам для каждого судна с последующим расчетом на годовую программу. Расчет выполняют для черной массы металла; для перевода в чистую массу необходимо учесть 7% отхода металла на обработку. Металл, кроме того, характеризуют по маркам стали, размерам и максимальной массе листов и профильного проката.

Принципиальная технология изготовления деталей и конструкций корпуса, состав технологического оборудования и средств механизации зависят от объема корпусных работ по ремонту и серии при строительстве судов. На основе принятой принципиальной технологии разрабатывают маршрутно-технологические карты по характерным представителям технологических групп корпусных деталей: размерам, наличию погиби и внутренних вырезов, разделке кромок под сварку и др. Отдельные технологические группы деталей в равной степени соответствуют судоремонту и судостроению.

Подачу металла со склада производят в соответствии с графиком ремонта и постройки судов. Промежуточным технологическим звеном между складом стали и корпусообрабатывающим участком является предварительная правка, очистка и грунтовка металлов.

В цехах, перерабатывающих в год более 5 тыс. т стали, изготовлять детали корпуса следует на специализированных поточных линиях для разметки и маркировки листовых деталей, обработки деталей из листов и профильного проката. Изготовленные корпусные детали передают на промежуточный склад, где их комплектуют в группы для дальнейшей передачи на участок сборки корпусных конструкций (программа судостроения) или непосредственно на слип к ремонтируемым судам (программа судоремонта). Детали комплектуют в узлы и секции, которые и подают на соответствующие поточные линии сборки, где их передвигают по специализированным позициям (при крупносерийном строительстве судов) или по технологическим линиям, на стационарных рабочих местах.

В изготовленные на сборочно-сварочном участке узлы и секции устанавливают детали насыщения (иллюминаторы, кнехты, киповые планки, системы трубопроводов, площадки и трапы и т. п.).

О программе работ судокорпусного цеха в судоремонте судят по удельным показателям трудоемкости на 1 т перерабатываемой стали, а в судостроении — по данным нормирования в маршрутно-технологических картах. Укрупненные показатели удельной трудоемкости корпусосварочных работ по судоремонту приведены в табл. 30.

Таблица 30

Типы судов	Трудоемкость, чел.-ч/т	
	Капитальный ремонт	Средний ремонт
Грузопассажирские и пассажирские теплоходы мощностью, л. с.:		
до 300	—	180
300—1200	110	160
Суда на подводных крыльях	—	1800
Сухогрузные теплоходы грузоподъемностью 2000—5000 т	90	120
Наливные теплоходы грузоподъемностью 2000—5000 т	100	130
Буксирные и служебно-вспомогательные суда мощностью, л. с.:		
до 300	—	180
300—1200	120	160
Сухогрузные баржи грузоподъемностью 300—3000 т	80	100
Наливные баржи грузоподъемностью 200—4000 т	85	110
Землесосы и земснаряды производительностью 60—250 м³/ч и грунтоотвозные шаланды	120	150

Укрупненные показатели удельной трудоемкости корпусосварочных работ по судостроению при годовой программе 15 судов для буксирных теплоходов мощностью 600 л. с. составляют 75 чел.-ч/т на 1 т перерабатываемой стали, для грузовых теплоходов мощностью 800 л. с. (грузоподъемностью 1200 т) — 50 чел.-ч/т, а для сухогрузных барж — 3000 чел.-ч/т.

Средние процентные соотношения по видам корпусосварочных работ приведены в табл. 31.

Таблица 31

Работы	Судоремонт, %	Судостроение, %
Корпусообрабатывающие (правка, очистка, грунтовка, разметка, резка, правка деталей, гибка, штамповка и пр.)	12	16
Предварительная сборка и сварка (сборка, прихватка, сварка, резка и пр.)	10	54
Судосборочные (сборка, прихватка, сварка, резка, правка и пр.)	78	30

Исходя из установленной трудоемкости ремонта и постройки всех судов расчетной программы цеха и фонда времени, определяют необходимое количество оборудования и число производственных рабочих, режим работы в цехе — в две смены на открытых площадках и на судах — в одну смену, а в навигационный период — в две смены.

Необходимое количество оборудования для выполнения каждой операции определяют по формуле

$$n_0 = \frac{K_{уд} Q}{\Phi_{д.\,о} nkk_н}, \qquad (209)$$

где $K_{уд}$ — удельное значение трудоемкости станочной операции в общей трудоемкости корпусных работ;

Q — нормированная годовая трудоемкость корпусных работ (при равномерной загрузке цеха по периодам года) или наиболее загруженного зимнего периода, чел.-ч;

$\Phi_{д.о}$ — годовой действенный фонд времени работы оборудования в две смены (при равномерной загрузке цеха по периодам года) или наиболее загруженного зимнего периода, ч;

n — число человек в бригаде;

k — коэффициент загрузки оборудования, принимаемый равным для мелких цехов 0,7 и для крупных — 0,83—0,85;

$k_н$ — коэффициент переработки норм.

Размеры пролета корпусообрабатывающего участка принимают: ширину —из расположения оборудования и размеров поточных линий с учетом расстояний между ними и необходимых зон обслуживания; высоту до подкрановых путей — с учетом высоты оборудования, необходимой высоты для перемещения листового и профильного проката над установленным оборудованием и необходимого расстояния от нижней кромки фермы крана до отметки подкрановых путей.

Площадь участка определяют при планировке расположения оборудования и поточных линий или по укрупненным расчетам исходя из удельных показателей площади на один станок и рабочее место, или по удельным показателям выпуска продукции в год с 1 м² общей площади (без бытовых и служебных помещений), приведенным в табл. 32

Таблица 32

Мощность судокорпусного цеха по годовому выпуску, т	Съем продукции с 1 м² производственной площади судокорпусного цеха				Отношение вспомогательной площади к производственной, %	Коэффициент загрузки оборудования и рабочих мест	Отношение вспомогательных рабочих к производственным, %	Отношение ИТР и СКП к списочному числу рабочих	Уровень механизации и автоматизации, %
	Корпусообрабатывающий участок		Сборочно-сварочный участок						
	Судоремонт	Судостроение	Судоремонт	Судостроение					
600	1,2	1,6	0,9	1,1	14	0,7	14	10	40
1200	1,6	2,1	1,0	1,4	15	0,72	13	9	45
1800	2,0	2,4	1,2	1,4	16	0,75	12	8	50
2700	2,5	2,8	1,4	1,9	17	0,80	11	7	52
4000	3,0	3,3	1,5	2,1	18	0,82	10	6	55
6000	3,5	3,8	1,7	2,3	19	0,83	10	6	57
10000	4,2	4,5	1,9	2,5	20	0,85	9	5	60

При определении объемов не учитывают площади плаза и участков предварительной правки, очистки и грунтовки корпусной стали, которая зависит от вида принимаемого оборудования. Съем продукции по судоремонту приведен для соотношения между расходом стали для самоходных и несамоходных судов соответственно 30 и 70%. При ремонте только самоходного флота съем понижается на 25%, при ремонте несамоходного флота — повышается на 30%. Съемы продукции по судостроению приведены по несамоходному флоту. По самоходному флоту съем понижается на 10%.

Размеры пролета сборочно-сварочного участка назначают: ширину из расположения стационарных мест сборки и сварки секций (или расположения и размеров оснастки поточных линий), зон обслуживания оснастки и ширины проезда; высоту — от пола до отметки подкранового рельса — из максимальных размеров кантуемых секций, высоты оснастки и необходимого зазора между оснасткой и кантуемой секцией, расстояния от оси гака до нижней кромки крана; площадь участка определяют путем планировки технологических и поточных линий и их рабочих мест. При укрупненных расчетах площади можно использовать удельные показатели съема продукции с 1 м² общей площади, приведенной в табл. 32.

При проектировании судокорпусного цеха для смешанной программы судоремонта и судостроения необходимо учитывать, что через сборочно-сварочный участок проходит 25% всей массы стали, предназначенной для нужд судоремонта и 90% — для судостроения.

При смешанной программе цеха средневзвешенный съем S_c определяют исходя из доли перерабатываемой стали по судоремонту k_1 и судостроению k_2 по формуле

$$S_c = k_1 S_1 + k_2 S_2, \qquad (210)$$

где S_1 и S_2 — съем по судоремонту и судостроению соответственно.

Грузоподъемность кранового оборудования судокорпусного цеха зависит от загрузки. Если цех загружен только программой судоремонта, грузоподъемность кранов обычно не превышает 5 т. При наличии судостроения грузоподъемность кранов принимают по максимальной массе блок-секций.

План расположения оборудования в судокорпусном цехе судоремонтного завода представлен на рис. 193.

При проектировании специализированного базового завода для среднего ремонта флота необходимо предусмотреть закрытый отапливаемый эллинг, в котором будут производить все ремонтные работы по судну, в том числе демонтаж и монтаж судовых механизмов, систем и устройств и ремонт корпусных конструкций. Обоснованием для проектирования закрытого отапливаемого эллинга может быть следующее:

создание наиболее благоприятных условий, отвечающих техническим и технологическим требованиям ремонта флота;

возможность организации поточного метода ремонта судов при двухсменной работе;

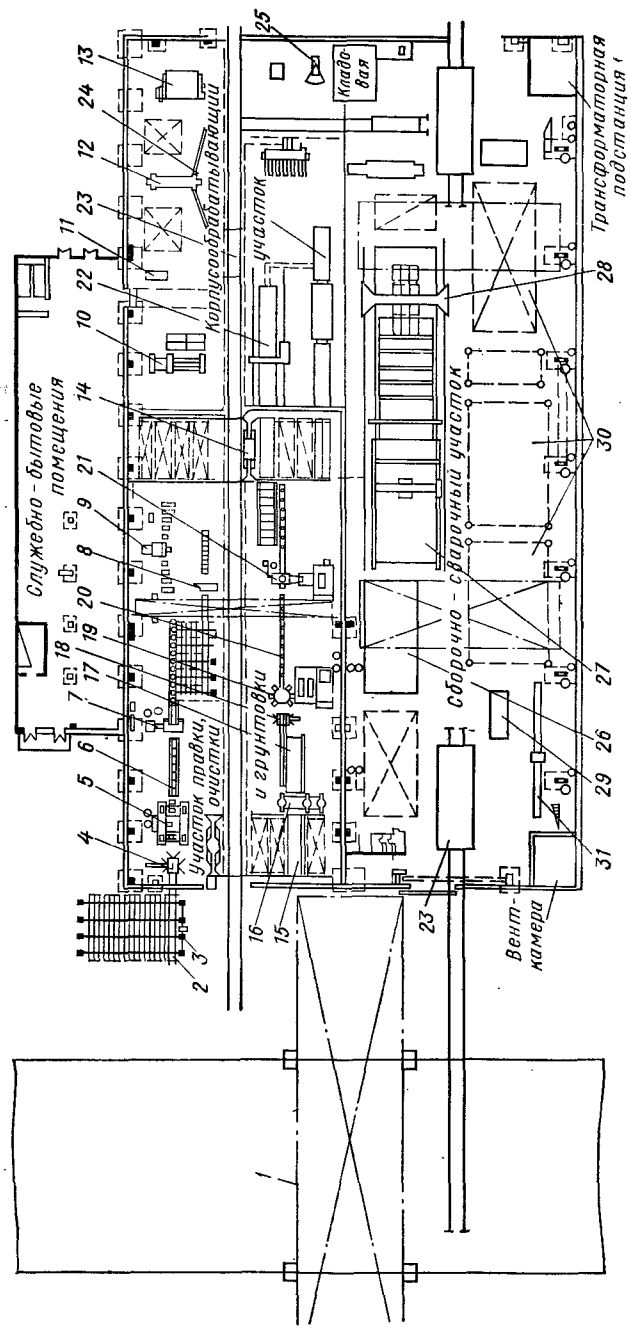


Рис. 193. Расположение оборудования в судокорпусном цехе:

1 — козловой кран; *2* — рольганг для профиля; *3* — питатель профильного проката; *4* — камера подогрева профильного проката; *5* — дробеметная установка для очистки профильного проката; *6* — рольганг профиля; *7* — камера окраски и сушки профильного проката; *8* — пресс-ножницы; *9* — гибочно-прихватный станок; *10* — вальцы листогибочные; *11* — пресс кривошипный; *12* — станок листогибочный; *13* — пресс кромкогибочный; *14* — погрузчик мостовой; *15* — рольганг транспортный; *16* — машина листоправильная; *17* — рольганг вертикальный; *18* — камера подогрева листового проката; *19* — дробеметная установка; *20* — рольганг вертикальный; *21* — установка для окраски листового проката; *22* — стол газорезательный; *23* — тележка самоходная; *24* — стол разметочный; *25* — станок радиально-сверлильный; *26* — стенд для сборки объемных секций; *27* — поточная линия для изготовления плоских секций; *28* — погрузчик полукозловой; *29* — стенд для сборки и сварки узлов; *30* — сборочные постели; *31* — станок для сборки и сварки тавров

дополнительные капитальные вложения на его строительство (по сравнению с открытыми стапельными площадками слипа), окупающиеся в течение 2—4 лет экономией от снижения себестоимости и повышения качества ремонта, а также за счет своевременной сдачи отремонтированного флота в эксплуатацию.

Неблагоприятные погодные условия на открытых стапельных площадках слипа осложняют выполнение сварочных, демонтажно-монтажных, отделочных и изолировочных работ. Вынужденные простои или перемещения рабочих из-за пониженных температур, осадков и сильного ветра приводят к значительным потерям рабочего времени и к необходимости постройки различного рода временных сооружений на судах. По данным предприятий судостроительной промышленности производительность труда в зимний период при постройке судов на открытых стапельных местах ниже примерно на 40%, чем в закрытых отапливаемых эллингах, а в среднем за год — примерно на 10%.

В климатических районах, где продолжительное время сохраняется высокая температура воздуха, сокращается производительность труда внутри корпуса судна и отдельных его отсеках вследствие их нагревания, можно строить крытые эллинги без стен.

§ 82. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНОСБОРОЧНОГО ЦЕХА

В механосборочном цехе выполняют станочные и слесарно-сборочные работы по ремонту и изготовлению деталей судовых механизмов, устройств и движительно-рулевого комплекса и демонтажно-монтажные работы на ремонтируемых и строящихся судах. Трудоемкость механической обработки и слесарно-монтажных работ по ремонту и строительству судов составляет более 22% от общего объема загрузки промышленных предприятий Минречфлота.

Основой для проектирования механосборочного цеха является производственная программа, приведенная в задании на проектирование. При этом необходимо учитывать внедряемый агрегатный метод ремонта флота, при котором серийные главные и вспомогательные механизмы, требующие ремонта, отправляют в специализированные цехи централизованного машиноремонта, а сменные и запасные детали для них также изготавливают централизованно на отдельных предприятиях Минречфлота РСФСР.

Принципиальная технология механосборочного цеха состоит из следующих операций:

демонтаж требующих ремонта механизмов и узлов на судне и подача их в цех;

разборка механизмов и узлов, очистка и дефектация деталей;

складирование деталей, подлежащих станочной обработке, в промежуточной кладовой цеха, а деталей, годных к сборке, — в комплектовочной кладовой;

станочная обработка деталей, приемка их контролером ОТК и передача в комплектовочную кладовую.

Скомплектованные детали передают на узловую и стендовую сборку. Собранные узлы и механизмы направляют на испытательные стенды или на ремонтируемое судно для установки их на место.

В крупных механосборочных цехах предусматривают создание специализированных участков для ремонта компрессоров, насосов, редукторов, шпилей и лебедок, валопровода и движителей. На специализированных участках устанавливают стенды для демонтажных, сборочных и монтажных работ с набором подвесных инструментов (гайковерты, шпильковерты и др.), а также испытательные стенды. При наличии значительной программы судостроения создают также участок для крупноузловой сборки оборудования, включая проверку и испытания его на стендах с целью сокращения объема работ, выполняемых обычно на строящемся судне. Объем работ механосборочного цеха определяют по удельным показателям трудоемкости для различных типов судов и по видам ремонта.

Укрупненные показатели удельной трудоемкости механосборочных работ по судоремонту приведены в табл. 33.

Таблица 33

Типы судов	Удельная трудоемкость всех работ, отнесеиных к 1 т изготовленных деталей, чел.-ч/т		Отношение трудоемкости механосборочных работ, %					
			Капитальный ремонт			Средний ремонт		
	Капитальный ремонт	Средний ремонт	Станочные работы	Слесарные работы в цехе	Слесарные работы на судах	Станочные работы	Слесарные работы в цехе	Слесарные работы на судах
Грузопассажирские суда мощностью 150—1200 л. с.	950—1100	3000—3100	27	29	44	13	39	48
Суда на подводных крыльях мощностью 900—1800 л. с.	—	7800	—	—	—	12	40	48
Сухогрузные теплоходы грузоподъемностью 200—5000 т	1350—1000	3500—2400	27	29	44	13	39	48
Наливные теплоходы грузоподъемностью 200—5000 т	1150—1200	3000—2600	28	29	43	22	35	43
Буксирные и служебно-вспомогательные теплоходы мощностью 150—1200 л. с.	1050—950	3300—2300	29	28	43	14	39	47
Сухогрузные баржи грузоподъемностью 300—2000 т	300—270	700—600	23	35	42	12	44	44
Наливные баржи грузоподъемностью 200—4000 т	800	2200	12	35	53	5	43	52
Землесосы и земснаряды производительностью 60—250 м³/ч	550	1400	22	31	47	12	39	49

Укрупненные показатели удельной трудоемкости механосборочных работ по судостроению при программе строительства 15 судов в год приведены в табл. 34.

Таблица 34

Типы судов	Удельная трудоемкость станочных работ, станко-ч/т	Отношение слесарных работ к станочным, %	Отношение слесарных работ, выполняемых в цехе, к общей трудоемкости слесарных работ, %
Буксирный теплоход мощностью 600 л. с.	160	140	40
Грузовой теплоход 1200 т, мощностью 600 л. с.	110	120	45
Сухогрузная баржа грузоподъемностью 3000 т	55	130	60

При организации централизованного производства сменных и запасных деталей и узлов на специализированном участке, ремонта судовых машин и механизмов программу механосборочного цеха составляют в виде перечня изделий с указанием их количества и массы. Подетальную ведомость составляют только для типового изделия-представителя, а остальные изделия, входящие в программу цеха, условно приводят к типовым изделиям-представителям с учетом массовых соотношений, серийности программы и сложности механической обработки.

Общий коэффициент приведения составит

$$k = k_1 k_2 k_3, \qquad (211)$$

где k_1 — коэффициент приведения по массе;
k_2 — коэффициент приведения по серийности;
k_3 — коэффициент приведения по сложности.

Коэффициент приведения по массе механообрабатываемых деталей определяют по формуле

$$k_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{q_x}{q}\right)^2}, \qquad (212)$$

где q_x — масса приводимого изделия;
q — масса изделия-представителя.

Коэффициент приведения по серийности k_2 определяют в зависимости от соотношения $\frac{N_г}{N_x}$, где N_x — годовая программа в штуках приводимого изделия, а $N_г$ — годовая программа изделия-представителя.

Коэффициент приведения по сложности k_3 учитывает различие и сложность конструкции и является субъективным, зависящим от квалификации технолога-проектанта.

Таким образом, можно получить сокращенную номенклатуру условного количества изделий взамен заданного в программе большого количества деталей, узлов и механизмов.

Для определения трудоемкости изготовления одной детали, когда известны трудоемкость другой геометрически подобной детали и массы двух сравниваемых деталей, пользуются формулой:

$$T_1 = T_2 \sqrt[3]{\left(\frac{q_1}{q_2}\right)^2}, \qquad (213)$$

где T_1 — искомая трудоемкость обработки первой детали;
T_2 — известная трудоемкость обработки второй детали;
q_1 и q_2 — массы первой и второй деталей.

В состав ведущего оборудования механосборочного цеха входят различные типы металлорежущих станков, непосредственно выполняющие операции технологического процесса по механической обработке деталей. Часть металлорежущих станков предназначена для выполнения вспомогательных операций по обслуживанию основного производства (ремонт оборудования, заточное отделение и др.).

Количество станков данного типоразмера определяют по общей годовой трудоемкости обработки одного изделия или по удельной трудоемкости обработки 1 т готовых деталей.

Количество станков по общей трудоемкости одного изделия находят по формуле

$$n_c = \frac{T_и B_и}{\Phi_{д.с}}, \qquad (214)$$

где $T_и$ — трудоемкость обработки одного изделия, станко-ч;
$B_и$ — годовая программа выпуска изделий, шт.;
$\Phi_{д.с}$ — действительный годовой фонд времени станка.

При использовании удельных трудоемкостей на единицу массы (на 1 т массы изделия в станко-часах), количество станков определяют по формуле

$$n_{с.уд} = \frac{T_в Q}{\Phi_{д.с}}, \qquad (215)$$

где $T_в$ — трудоемкость обработки 1 т готовых деталей, станко-ч;
Q — годовой выпуск изделий, т.

Численность рабочих-станочников определяют по трудоемкости обработки или по количеству станков, принятому в проекте.

Исходя из трудоемкости обработки, расчетное число рабочих-станочников будет

$$n_р = \frac{T_{ст}}{\Phi_д k k_м}, \qquad (216)$$

где $T_{ст}$ — годовая трудоемкость станочных работ для данного типа оборудования, станко-ч;
$\Phi_д$ — действительный фонд времени рабочего, ч;
k — коэффициент переработки норм;
$k_м$ — коэффициент многостаночности, т. е. количество станков, обслуживаемых одним рабочим.

По количеству станков, принятых в проекте, число производственных рабочих определяют по формуле

$$n_р = \frac{\Phi_{д.с} n_c \eta}{\Phi_д k_м}, \qquad (217)$$

где η — коэффициент загрузки оборудования ($\eta = 0{,}75 \div 0{,}85$).

При проектировании поточных линий механической сбработки (в крупносерийном производстве) число рабочих следует уточнить по выполненной планировке исходя из количества рабочих мест, коэффициента их загрузки, многостаночного обслуживания и совмещения профессий.

Число слесарей механосборочного цеха для производства демонтажно-монтажных и ремонтных работ находят исходя из трудоемкости программы судоремонта, судостроения, машиноремонта и машиностроения, определяемой по сметам ЕРВ или в процентах от трудоемкости станочных работ.

Общее число вспомогательных рабочих, ИТР и СКП обычно находят в процентах от числа производственных рабочих. Эти данные для механосборочных цехов судостроительно-судоремонтных предприятий Министерства речного флота приведены в табл. 35.

Таблица 35

Количество основных станков	Отношение вспомогательных рабочих к производственным, %	Отношение ИТР и СКП к списочному числу рабочих, %	Средний коэффициент сменности		Показатель уровня механизации и автоматизации, %	
			Работы в цехе	С учетом работы на судах	Станочный участок	Слесарный участок
10	16	10	1,6	1,3	55	30
20	13	10	1,7	1,4	60	35
30	12	8	1,75	1,45	65	40
40	11	8	1,8	1,5	65	40
50	11	8	1,8	1,55	65	40

Площадь механосборочного цеха по назначению делят на производственную, вспомогательную и площадь служебно-бытовых помещений.

Основным показателем при определении площади цеха является удельная общая площадь, приходящаяся на одного рабочего в наибольшую смену. Удельные показатели площадей механосборочных цехов промышленных предприятий Министерства речного флота РСФСР приведены в табл. 36.

Удельные площади слесарно-сборочных участков на одного слесаря (рабочее место) в цехе зависят от количества слесарей, работающих в наибольшую смену, и лежат в пределах 20 — 16 м² при количестве слесарей 20—70; для бригады, работающей на судах, — 3 м².

Таблица 36

Количество основных станков	Площадь на 1 станок, м²	Площадь слесарно-сборочных участков на 1 слесарное место, м²	Отношение вспомогательной площади к производственной, %
10	26	6	26
20	25	6	28
30	23	6	28
40	22	6	28
50	21	6	28

§ 83. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕРЕВООБДЕЛОЧНОГО ЦЕХА

Деревообделочные цехи предназначены для станочной обработки пиломатериалов и изготовления деревянных и пластмассовых деталей, для обстройки ремонтируемых и строящихся судов, а также ремонта и изготовления судовой мебели.

Столярно-отделочные и плотничные работы составляют примерно около 10%, а очистные и малярные работы — примерно 7% от общей загрузки промышленных предприятий Минречфлота РСФСР.

В состав деревообделочных цехов входят участки: станочно-заготовительный, плотничный, столярный и малярный. Принципиальная технология работы цеха складывается из: демонтажа требующих ремонта деревянных и пластмассовых деталей, узлов и конструкций и доставки их в цех для ремонта или замены; ремонта, изготовления и отделки деталей и узлов в цехе, доставки их на ремонтируемые или строящиеся суда, установки, пригонки и окончательной их отделки на судах. Для сокращения объема достроечных и пригоночных работ на судах в настоящее время разрабатывают унифицированные деревянные и пластмассовые конструктивные элементы, которые будут централизованно изготовлять на специализированных участках и поставлять на судоремонтные предприятия для постройки и ремонта различных типов судов.

В комплект основного оборудования деревообделочных цехов судоремонтных предприятий входят: маятниковый круглопильный станок, циркульная пила, фуговальный и рейсмусовый станки, четырехсторонний строгальный станок, фрезерный станок с шинорезной рамкой, сверлильно-горизонтальный станок с долбежным приспособлением, токарный шлифовально-ленточный и полировальный станки, пресс для фанерования, точильный станок для пил и ножей.

Очистные, окрасочные, изолировочные, цементировочные, мастичные, стекольные и такелажно-парусные работы выполняют на малярном участке цеха, состоящем из трех отделений: краскоприготовительного, окрасочного и такелажно-парусного.

В комплект основного оборудования малярного участка входят: агрегаты и механизированный инструмент для очистки корпусов и надстроек судов (дробеметные, гидропескоструйные и др.), агрегаты для приготовления краски (шаровые мельницы, электрические краскотерки, пневматические мешалки, вибросита, машинки для приготовления шпаклевки и др.) и аппараты для производства окрасочных работ (аппараты для безвоздушного распыла краски типа АБР с пневматическим и электрическим приводом и др.).

В такелажно-парусном отделении плетут кран-маты, ремонтируют судовой такелаж, ремонтируют и шьют чехлы, брезенты для тентов и ремонтируют спасательные принадлежности.

Размеры площадей цеха и его участков зависят от типа ремонтируемых и строящихся судов. Программу работ деревообделочного цеха определяют по удельным показателям трудоемкости на 1 м³ перерабатываемой древесины. Укрупненные показатели удельной трудоемкости по судоремонту приведены в табл. 37.

Таблица 37

Типы судов	Удельная трудоемкость, чел.-ч/м³	
	Капитальный ремонт	Средний ремонт
Грузопассажирские и пассажирские суда мощностью, л. с.: до 200	—	125
300—1200	200	290
Суда на подводных крыльях	—	290
Сухогрузные теплоходы грузоподъемностью 200—5000 т	25—50	30—55
Наливные теплоходы	30	30
Буксирные и служебно-вспомогательные мощностью, л. с.: до 150	—	35
150—1200	40	45
Несамоходные транспортные суда	15—25	11—28
Землесосы и землечерпательные снаряды производительностью, м³/ч: до 60	—	50
более 60	50	55
Грунтовозные шаланды	20	25

Удельная трудоемкость деревообделочных работ по судостроению для годовой программы 15 единиц приведена в табл. 38.

Средние процентные соотношения трудоемкости по видам и операциям деревообделочных работ при централизованной постройке су-

Таблица 38

Типы судов	Мощность или грузоподъемность	Удельная трудоемкость, чел.-ч/м³
Буксирный теплоход	600 л. с.	65
Грузовой теплоход	1200 т (800 л. с.)	50
Баржа	3000 т	35

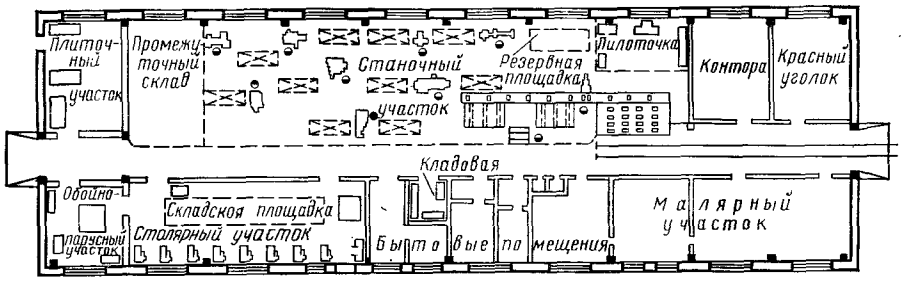


Рис. 194. Схема расположения оборудования в деревообрабатывающем цехе

довой мебели составляют: станочные 10%, столярные 40% (в цехе 30%, на судах 10%) и плотничные 50% (в цехе 10%, на судах 40%).

Удельная трудоемкость малярных работ на 1 т окрасочных материалов лежит в пределах: по судоремонту 600—900 чел.-ч (в зависимости от типов судов), по судостроению 450—600 чел.-ч. Годовой расход окрасочных материалов колеблется от 50 до 300 т.

Необходимое количество рабочих и оборудования цеха устанавливают исходя из трудоемкости годовой программы ремонта и постройки судов. Процентное отношение между работающими деревообрабатывающих цехов устанавливают в зависимости от годового выпуска деревоизделий (в м³). Для цехов с выпуском 1000—3000 м³/год принимают 13—14% вспомогательных рабочих к общему количеству производственных рабочих, а количество ИТР и СКП 9—11% к списочному числу рабочих.

Средний коэффициент сменности планируют в пределах 1,2—1,3 исходя из режима работы в самом цехе — двухсменном и на судах — односменном.

Удельные производственные площади на единицу оборудования и рабочее место деревообрабатывающих цехов принимают: на один станок станочно-заготовительного участка — 36 м², на одно рабочее место плотничного участка — 33 м² и на одно рабочее место столярного участка — 14 м². Вспомогательная площадь цеха составляет 15—20% от производственной. Показатель уровня механизации и автоматизации производства должен лежать в пределах 60—65%.

Компоновка оборудования в деревообрабатывающем цехе судоремонтного завода с годовой программой 2000 м³ изображена на рис. 194.

§ 84. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРУБОПРОВОДНО-МЕДНИЦКОГО УЧАСТКА

Трубопроводно-медницкий участок предназначен для ремонта и изготовления судовых трубопроводов и производства жестяницко-кровельных и медницких работ. Работы выполняют в отделениях холодной и горячей обработки. В отделении горячей обработки производят травление деталей, лужение, пайку и перезаливку подшипников, а также гибку труб сложной погиби и больших

диаметров. Удельное значение трудоемкости трубопроводно-медницких работ составляет около 4% от общего объема загрузки промышленного предприятия.

В состав оборудования трубопроводного отделения входят: трубоотрезные, трубогибочные и трубонарезные станки; токарно-винторезные, вертикально-сверлильные и шлифовально-точильные станки; сварочные трансформаторы и полуавтоматы, аппаратура для газовой резки и сварки; пневматические сверлильные машины и молотки; макетировочное устройство и стенд для гидравлического испытания труб.

Сборудование медницкого отделения состоит из индукционной печи для плавки баббита, ванн для химического обезжиривания, травления, горячей и холодной промывки деталей, зигмашины, рычажных, электроприводных и пневматических ножниц.

Загрузку трубопроводного отделения определяют объемом работ и массой сменяемых труб при ремонте судовых трубопроводов и систем. Трудоемкость ремонта судовых систем можно определить по формуле

$$T_{с.с} = K_{уд} m_с \delta_т LBH, \qquad (218)$$

где $K_{уд}$ — удельная трудоемкость на 1 т всех сменяемых труб, чел.-ч/т;

$m_с$ — коэффициент сменяемости трубопроводов для различных видов ремонта флота;

$\delta_т$ — плотность систем трубопроводов, приходящихся на 1 м³ судна, т/м³ (берется из весовых нагрузок проектов типовых судов: для грузовых судов равна 0,00246, грузопассажирских — 0,0062, буксирных — 0,1);

L, B, H — главные размерения судна.

Удельная трудоемкость трубопроводных работ при капитальном ремонте флота лежит в пределах 300—400 чел.-ч/т, а при среднем ремонте 340—450 чел.-ч/т (для судов на подводных крыльях 2000—2200 чел.-ч/т); в судостроении: для буксиров — 240 чел.-ч/т, для грузовых теплоходов — 200 чел.-ч/т, а для барж —160 чел.-ч/т.

Таблица 39

Годовой выпуск труб, т	Съем продукции, т/м²	Отношение вспомогательной площади к производственной, %	Коэффициент загрузки оборудования и рабочих мест	Отношение между работающими, %		Коэффициент сменности на участке (в цехе)	Уровень механизации и автоматизации, %
				Вспомогательных рабочих к производственным	ИТР, СКП к списочному числу рабочих		
30	0,20	13	0,4	20	8	1,0	35
80	0,30	15	0,5	14	6	1,3	45
150	0,45	18	0,55	12	5	1,4	50
250	0,55	19	0,6	10	5	1,5	55

Трудоемкость трубопроводного отделения распределяется (в %) по видам работ следующим образом: резка и обрезка труб —8, нарезка труб —8, гибка —25, макетирование —10, газорезательные работы — 6, сварочные работы —6, отбуртовка —15, гидравлические испытания 12, сверловочные и прочие работы —10.

Основные технические показатели трубопроводного отделения приведены в табл. 39.

Трудоемкость медницких работ при ремонте различных типов судов определяется по данным единых ремонтных ведомостей для судов программы судоремонта.

§ 85. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОРЕМОНТНОГО УЧАСТКА

Электроремонтный участок судоремонтного завода предназначен для текущего и среднего ремонта электрических машин, аппаратуры и радиооборудования, а также для заготовительных работ по электрическим системам (обрезка кабеля и лужение его концов, припайка наконечников, зарядка арматуры, изготовление и ремонт панелей и пр.). На судах производят в основном демонтажно-монтажные работы.

Капитальный ремонт электрических машин, пускорегулирующей аппаратуры и радиооборудования выполняют в специализированных цехах, в которых технология ремонта основывается на принципе разделения производственных операций и применения специализированной оснастки и оборудования.

Технологический процесс капитального ремонта электрических машин в специализированных электроремонтных цехах включает следующие основные операции: разборку и дефектацию, снятие старой обмотки, чистку или промывку деталей, заготовку изоляции и гильзование, заготовку секций обмотки и их укладку, пайку выводных концов и схемы обмотки, бандажирование лобовых частей и балансировку ротора (якоря), пропитку и сушку обмоток, слесарно-механический ремонт, кузнечные и сварочные работы, комплектование крепежа для машины; сборку машины, испытание, окраску.

В электроремонтном цехе судоремонтного завода относительно большой объем работ падает на замену и ремонт сетей, а также демонтаж и монтаж электрооборудования на судах. Удельная трудоемкость электроремонтных работ при капитальном ремонте флота лежит в пределах 4,6—6,6 чел.-ч на 10 м кабеля и провода, при среднем ремонте— в пределах 22—26 чел.-ч на 10 м, а в судостроении 2—2,3 чел.-ч на 10 м кабеля и провода (включая работы в судостроении по монтажу сети и электрооборудования).

Уточнив объем ремонтных работ по ремонту и монтажу сетей, по удельной трудоемкости определяют необходимое количество производственных рабочих.

Основные технические показатели для проектирования электроремонтных участков судоремонтных заводов приведены в табл. 40.

Таблица 40

Количество производственных рабочих	Удельная площадь на одиого производственного рабочего в наибольшую смену, м³	Отношение вспомогательной площади к основиой, %	Отиошение вспомогательных рабочих к производственным, %	Отношение ИТР и СКП к списочиому числу рабочих, %	Коэффициент смеиности	Уровень механиизации и автоматизации, %
10	13	13	10	8	1,0	25
20	13	13	10	7	1,25	30
30	12	15	13	6	1,35	35
40	12	17	12	6	1,4	35
80	11	20	10	6	1,5	40
120	10	20	10	5	1,6	40

§ 86. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Выбор типа судоподъемного сооружения зависит от количества и типов ремонтируемых и строящихся судов, их габаритов, осадки и докового веса, а также от гидрологических, геологических условий и конфигурации участка.

Наиболее распространены на судоремонтных предприятиях эллинги, поперечные и продольные слипы, плавучие доки, редко — сухие.

В настоящее время проектируют вертикальные судоподъемники с канатным и гидравлическим приводами.

Эллинг — это наклонная часть судоподъемного сооружения с уходящими под воду рельсовыми путями, уложенными на бетонное или гравийно-балластно-шпальное основание, по которым с помощью лебедок и тросов с полиспастами передвигаются косяковые тележки, на которых размещено поднимаемое из воды судно.

Слипы отличаются от эллинга наличием горизонтальных стапельных площадок со своей системой рельсовых откатных путей (дорожек). По принципу подъема судов слипы делят на поперечные и продольные. У поперечных слипов (рис. 195) ДП поднимаемого судна перпендикулярна направлению подъема, а у продольных (рис. 196) она совпадает с направлением подъема. Продольные слипы применяют реже и строят для подъема судов длиной 50—60 м при недостаточной длине береговой линии акватории предприятия.

Поперечный слип состоит из трех самостоятельных частей: наклонного, горизонтального (откатного) и боковых стапелей. Каждая часть слипа имеет свое оборудование, состоящее из однотипных механизмов.

Наклонный стапель с постоянным уклоном к горизонту воды 1 : 8 состоит из 6—20 дорожек и более, представляющих собой рельсовые пути нормальной железнодорожной колеи (расстояние между головками рельсов 1524 мм). На каждой дорожке установлена косяко-

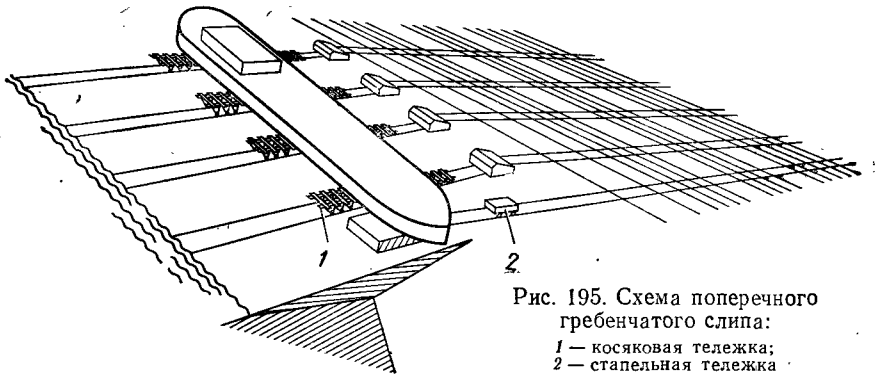


Рис. 195. Схема поперечного гребенчатого слипа:
1 — косяковая тележка;
2 — стапельная тележка

вая тележка, передвигающаяся по наклонному пути с помощью лебедки с индивидуальным электроприводом, установленной на берегу у конца наклонного пути. Косяковая тележка (см. рис. 195) состоит из двух связанных между собой клинообразных ферм, опирающихся на буксы через резиновые бочкообразные рессоры. К верхней части ферм закреплены обоймы с роликами, на которые опираются балки несущей платформы с настилом из деревянных брусьев. Несущие платформы позволяют автоматически выравнивать (распределять) нагрузки между всеми косяковыми тележками, участвующими в подъеме судна.

Наибольшую нагрузку на косяковую тележку можно найти из выражения

$$P = \frac{Gk}{n}, \qquad (219)$$

где G — вес судна, тс;
k — коэффициент равномерности распределения нагрузки между косяковыми тележками, принимаемый в пределах 1,35—1,5;
n — количество тележек, на которые установлено судно.

Для наводки судна на косяковые тележки на наклонном стапеле используют вспомогательное оборудование (электрошпили) и причальные приспособления (бочки, кнехты и др.). Подъемом и спуском косяковых тележек управляют из специального пульта управления слипа, расположенного на линии сопряжения наклонных и горизонтальных путей.

Горизонтальный стапель состоит из продольных (откатных) и перпендикулярных к ним поперечных (стапельных) двух или трех рельсовых путей, расположенных в одной плоскости. Боковые стапеля являются продолжением поперечных стапельных путей за пределами откатного стапеля. Для передвижения поднятого судна по откатным и стапельным путям служит комплект четырехколесных ведущих и ведомых стапельных тележек, оснащенных гидродомкратами и насосами с электроприводом. Ведущие стапельные тележки снабжены механизмом передвижения, электродвигатели которых получают питание от

распределительных колонок слипа через гибкий кабель, уложенный на барабане прицепной тележки.

Горизонтальные стапеля слипов оборудуют портальными или башенными кранами, необходимыми для подъемно-транспортных и демонтажно-монтажных работ. Горизонтальные стапеля слипа (откатные и боковые) имеют твердые покрытия (бетонное или асфальтовое) до уровня головки рельсов, чтобы катучие средства механизации могли беспрепятственно передвигаться под корпусами судов, установленных на слипе.

При подъеме судна на слип выполняют наводку и установку его на косяковые тележки, поднимают судно по наклонным путям до горизонтальной площадки. Для перестановки судна с подъемных косяковых тележек на стапельные тележки концы наклонных путей несколько возвышаются над горизонтальным стапелем, а горизонтальные рельсовые пути, расположенные в промежутке между наклонными путями, несколько выдвинуты вперед, создавая выступ плоскости наклонных путей. Таким образом в конце наклонных путей и в начале горизонтальных образуется своеобразная «гребенка», служащая местом пересадки судна с наклонных на горизонтальные пути.

Перестановку судна с косяковых тележек на стапельные можно выполнить двумя способами.

Первый способ — подъем платформ стапельных тележек до полного соприкосновения с днищем корпуса, затем опускание косяковых тележек до образования зазора 50—100 мм между днищем и платформой. Этот способ применим при исправной работе роликовых опор у кильблочной платформы, так как при их неисправности выклинивание косяковой тележки из-под судна будет затруднено из-за сил сцепления кильблоков с днищем судна.

Второй способ — передача всей нагрузки судна на платформы стапельных тележек их поджатием под корпус судна и дальнейшим подъемом с помощью гидродомкратов до отрыва корпуса от платформ косяковых тележек на высоту 50—60 мм. Пересаженное с косяковых на

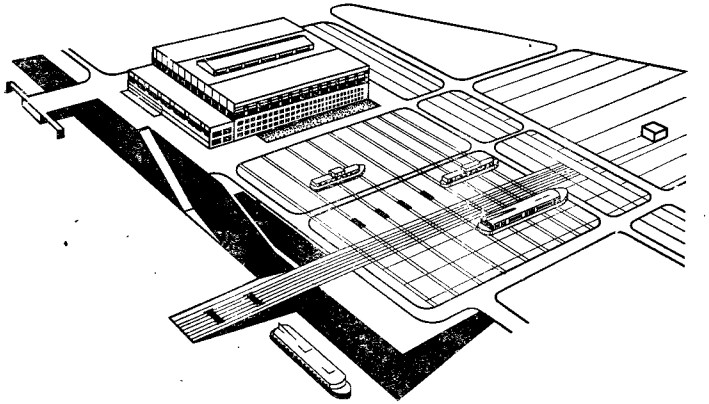


Рис. 196. Схема продольного слипа

стапельные тележки судно передвигают по откатным путям горизонтального стапеля с помощью ведущих стапельных тележек. После доставки судна на предназначенное место устанавливают его на деревянные клетки или металлические кильблочные тумбы. Количество тумб выбирают с учетом общей и местной прочности корпуса и грузоподъемности тумб.

Основной особенностью слипов является возможность их сборки из типовых элементов. Такими элементами являются подъемные дорожки грузоподъемностью 150 и 300 т, оборудованные подъемной (косяковой) тележкой, канатной тяговой лебедкой и двумя стапельными тележками. Набором числа типовых дорожек и варьированием расстояния между ними можно создать слип необходимых размеров и грузоподъемности.

Вертикальный судоподъемник (рис. 197) в отличие от наклонного не требует столь значительной по ширине акватории, но глубина ее у берега, на котором размещены горизонтальные стапельные площадки, должна быть больше суммы осадки поднимаемого судна и высоты подъемных балок. В зависимости от длины, ширины и веса предполагаемого к подъему судна вдоль берегового горизонтального стапеля забивают два ряда (с двух сторон поднимаемого судна) монолитных свай, имеющих направляющие пазы для подъемных балок. Подъем балок, на которые устанавливают судно, можно осуществлять с помощью канатов и лебедок, смонтированных по обе стороны каждой балки (одну — на свайном основании, другую — на берегу горизонтального стапеля) или под действием специальной гидравлической системы. Установленное на балки судно поднимают до уровня горизонтальной стапельной площадки и пересаживают на самоходные стапельные тележки для передвижения по горизонтальному стапелю на отведенное для ремонта место.

Плавучие доки (рис. 198) бывают деревянные, композитные, стальные и железобетонные. По конструкции доки бывают

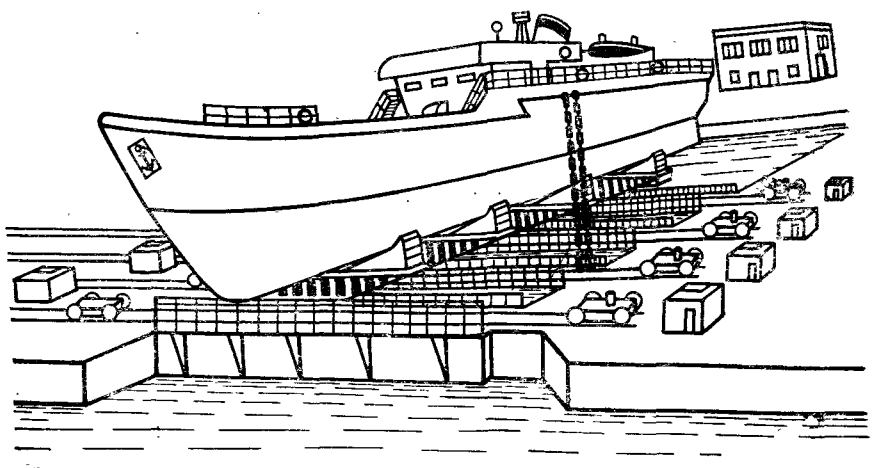


Рис. 197. Схема вертикального судоподъемника

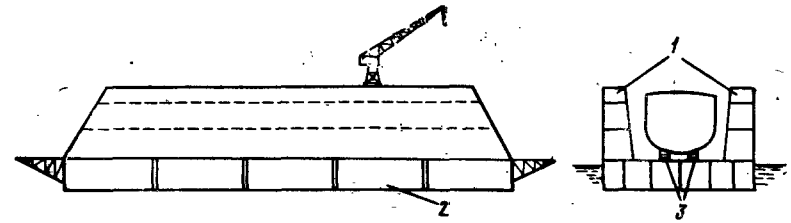


Рис. 198. Схема плавучего дока:
1 — башни дока; *2* — понтоны; *3* — кильблоки

двухбашенные (симметричные) и однобашенные (асимметричные), которые для обеспечения остойчивости в момент затопления снабжаются понтонами-поплавками.

Наиболее распространены на предприятиях речного транспорта двухбашенные металлические и железобетонные доки. Двухбашенные доки могут быть монолитными, секционными, понтонными и секционно-понтонными. У монолитного дока понтон и башни представляют собой единую конструкцию, а секционный док состоит из нескольких соединенных между собой секций. У понтонного дока понтон разделен на секции, а башни цельные (неразрезанные). Секционные доки могут быть самодокующимися и несамодокующимися. Для самодокования необходимо, чтобы длина каждой секции была меньше ширины пролета между внутренними стенками башен дока.

В зависимости от назначения доки бывают автономными и неавтономными. Автономные доки используют в отрыве от судоремонтных баз, поэтому они оборудованы собственными энергетическими установками не только для питания насосов, но и для производства механических, сварочных, подъемно-транспортных и других работ, необходимых для ремонта судна в доке. Неавтономный док получает все виды энергии с берега.

Для постановки судна в док последний должен быть погружен без крена и дифферента на такую глубину, чтобы расстояние между килем судна и килевой дорожкой стапель-палубы дока было не менее 30 см. По длине дока судно устанавливают таким образом, чтобы центр тяжести судна был близок к центру тяжести дока, а ДП судна и дока совпадали. В зависимости от формы обводов и системы набора корпуса применяют три способа постановки судна в док: постановка на килевую дорожку, постановка на клетки и смешанный способ. Для постановки в док аварийных судов или специальных судов с необычными обводами и распределением весовой нагрузки необходимо выполнить расчеты по определению действующих усилий и схемы балластировки. При разработке схемы балластировки предусматривают такое распределение балласта, при котором дифферент дока был бы равен нулю, а момент, изгибающий систему док — судно, — меньше допускаемого для данного дока.

Сухой док (рис. 199) представляет собой бассейн, вырытый в грунте ниже уровня акватории и отделенный от нее воротами со специальными затворами. Котлован сухого дока имеет водонепроницаемые

стенки и дно. Для возможности одновременного ремонта нескольких судов в котловане дока может быть несколько камер, отделенных друг от друга водонепроницаемыми затворами.

Длину и ширину камеры дока выбирают исходя из размещения для ремонта самых крупных судов данного бассейна. Ворота современных сухих доков перекрывают плавучими (батопортами), откатными, клапанными и другими видами затворов. Батопорт — это пустотелый поплавок асимметричной или симметричной конструкции, который при затоплении его водой погружается на заданную глубину.

Разновидностью сухого дока является наливной док, который состоит из канала, вырытого в береговой полосе, стапельных площадок, расположенных выше уровня воды внешней акватории, бетонного ограждения, образующего бассейн вокруг вырытого канала, затвора и насосной станции.

Процесс докования в наливном доке начинают с ввода судна через откатные ворота в канал. После закрытия затвора в док насосной станцией накачивают воду до такого уровня, при котором можно переместить судно на боковую стапельную площадку над заранее установленными кильблоками. Затем воду из бассейна спускают (самотеком) до уровня внешней акватории, а судно садится на кильблоки. После завершения ремонта судна в наливной док опять накачивают воду до уровня, достаточного для всплытия судна и перемещения его в русле канала, затем воду спускают до уровня воды во внешней акватории для вывода судна из дока.

Отличие сухого дока от наливного состоит в том, что заполнение сухого дока водой происходит естественным путем из внешней акватории, а осушение — выкачиванием воды насосом.

Сухие доки — весьма дорогостоящие сооружения и применяют их для докования крупных судов. Строительство сухих доков может быть экономически целесообразным при наличии исключительно благоприятных местных условий, когда не нужно рыть канал и камеру дока можно оборудовать с минимальными затратами или при использовании бездействующих камер шлюзов.

При выборе наиболее экономичного варианта судоподъемного сооружения, обеспечивающего минимальные капитальные вложения и эксплуатационные расходы, выполняют предварительные технико-экономические расчеты. При этом необходимо учитывать опыт строительства и эксплуатации различных типов судоподъемных сооружений, анализируя их технико-экономические показатели. Так, например, по расчетам, выполненным Ленгипроречтрансом с использованием отчетных данных по различным типам построенных судоподъемных сооружений, стоимость 1 т грузоподъемности для плавучих доков лежит в пределах 600—622 руб., а наклонных судоподъемников, рассчитанных на подъем и спуск аналогичных судов, — в пределах 90—100 руб.

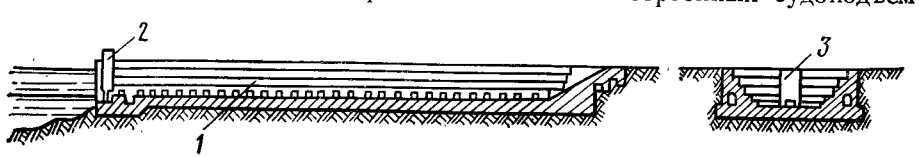


Рис. 199. Схема сухого дока:
1 — котлован дока; *2* — плавучий затвор (батопорт); *3* — водонепроницаемый затвор

При выборе типа судоподъемного сооружения необходимо учитывать производственную программу предприятия по судостроению и судоремонту, возможность одновременного выполнения этих видов загрузки, т. е. размещения значительного количества судов для ремонта и выполнения программы судостроения.

Одновременно учитывают сезонность работы судоремонтных предприятий внутреннего водного транспорта, т. е. возможность подъема и спуска судов в осенний, зимний и весенний периоды, транспортные связи основных цехов предприятия с судоподъемным сооружением.

§ 87. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЦЕХОВ И ОБЩЕЗАВОДСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Инструментальный цех предназначен для изготовления и ремонта специального инструмента и приспособлений для производственных нужд предприятия, а также обеспечения предприятия электрическим, пневматическим и мерительным инструментом и приспособлениями. Для централизованной заточки и термической обработки инструмента создают специальные отделения.

При проектировании зданий инструментальных цехов детально разрабатывают технологические процессы изготовления оснастки, так как количество оборудования определяется укрупненно. Нормативы для подсчета общего количества станков, необходимых для изготовления и ремонта инструмента и оснастки, дают в процентном отношении к числу обслуживаемых станков и других видов оборудования основного производства. Для судоремонтных заводов, в зависимости от удельного значения в годовой программе серийного судостроения и машиностроения, это соотношение принимают от 10 до 13%.

Количество оборудования инструментального цеха зависит от удельного веса покупного (или получаемого по кооперированию) инструмента и оснастки. Полный перечень оборудования цеха включает также и оборудование, входящее в состав отделений и участков, выполняющих работы, необходимые при изготовлении инструментов и оснастки. К таким видам работ относят сварочные, термическую обработку, металлопокрытия и др. Общую площадь цеха рассчитывают по укрупненным нормативам технологического проектирования. Норма общей площади на единицу основного оборудования цеха лежит в пределах 20—21 м² на 1 станок.

Компоновку цеха следует разработать с учетом производственных и санитарно-технических требований. Участки для точных работ (лекальные, резьбошлифовальные, контрольно-проверочные) должны быть хорошо освещены. Заточные и шлифовальные участки необходимо располагать в изолированных помещениях, обеспеченных искусственной и естественной вентиляцией.

Ремонтно-механический цех предназначен для производства планово-предупредительного ремонта (ППР) и модернизации оборудования предприятия. На небольших судоремонтных предприятиях ремонтно-механический цех выполняет текущий ремонт зданий и сооружений и изготавливает нестандартное оборудование и хозяйственный инвентарь.

В состав ремонтно-механического цеха входят участки: разборочно-моечный, станочный, слесарно-сборочный, а также комплектовочная кладовая.

Мощность цеха должна обеспечить выполнение работ планового ремонта оборудования и изготовления для него не поставляемых централизованно сменных и запасных деталей. Расчет потребного количества оборудования и рабочей силы производится на основе годового плана ремонта оборудования, построенного на основе плана-графика ППР для каждого цеха по каждому виду оборудования. При составлении годового плана ремонта пользуются категориями сложности ремонта оборудования.

Для различных предприятий, в зависимости от характера выпускаемой продукции и сложности оборудования, размер нормативов трудоемкости отдельных видов ремонта может колебаться в определенных пределах. Такие нормативы могут быть созданы вышестоящими организациями или разработаны самим предприятием. Примерные нормативы трудоемкости (в ч) на единицу сложности ремонта оборудования приведены в табл. 41.

Таблица 41

Операции	Металлорежущее, деревообрабатывающее, кузнечно-прессовое, литейное и подъемно-транспортное оборудование				Электротехническое оборудование				Теплосиловое оборудование			
	Слесарные работы	Станочные работы	Прочие работы	Всего	Слесарные работы	Станочные работы	Прочие работы	Всего	Слесарные работы	Станочные работы	Прочие работы	Всего
Промывка	0,35	—	—	0,35	—	—	—	—	—	—	—	—
Проверка на точность	0,4	—	—	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—
Осмотр перед капитальным ремонтом	1,1	—	—	1,1	—	—	—	—	—	—	—	—
Ремонт:												
текущий	4,0	2,0	0,1	6,1	1,0	0,2	—	1,2	4,8	0,6	0,7	6,1
средний	16,0	7,0	0,5	23,5	5,0	1,0	1,0	7,0	16,5	5,3	1,7	23,5
капитальный	23,0	10,0	2,0	35,0	11,0	2,0	2,0	15,0	24,5	8,0	2,5	35,0

Количество оборудования ремонтно-механического цеха определяют по укрупненному расчету исходя из установленной трудоемкости различных видов работ.

Энергетическое хозяйство включает в себя производство и получение электроэнергии, пара, сжатого воздуха и газа, их распределение и контроль потребления.

К устройствам, обеспечивающим электроснабжение судоремонтных предприятий, относят трансформаторные подстанции, электростанции и линии электропередачи. Нормы потребления энергии получают расчетным путем по установленной мощности или по статистическим данным об удельном расходе на единицу продукции, на один отработанный час или на 1000 руб. валовой продукции. Потребность электроэнергии находят умножением установленной суммарной мощности всех токоприемников на коэффициент использования установленной мощности и на время, за которое определяется расход.

В проектах судостроительно-судоремонтных заводов потребную электроэнергию, пар и воздух рассчитывают по цехам на каждую группу оборудования и по общезаводским хозяйствам.

Потребную электроэнергию находят по удельному расходу электроэнергии на единицу продукции или по установленной мощности токоприемников к коэффициенту спроса. По удельному расходу годовая потребность электроэнергии $P_г$ равна

$$P_г = P_{уд} П_с, \qquad (220)$$

где $P_{уд}$ — удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч;

$П_с$ — производительность предприятия в единицах продукции за год.

Укрупненно потребную электроэнергию отдельного цеха (участка) находят по формуле

$$P_п = \sum N_ц k_с Ф_0 \cos\varphi, \qquad (221)$$

где $\sum N_ц$ — суммарная мощность токоприемников, установленных в цехе, кВт;

$k_с$ — коэффициент сменности работы оборудования;

$Ф_0$ — годовой фонд времени работы оборудования (при односменной работе);

$\cos\varphi$ — коэффициент использования мощности (принимается 0,9—0,92).

Суммарную годовую потребность электроэнергии цехов предприятия можно определить по формуле

$$P'_г = \frac{\sum P_п k_п}{\eta_{тр}\eta_с}, \qquad (222)$$

где $\sum P_п$ — суммарная потребность электроэнергии всех цехов предприятия, кВт·ч;

$k_п$ — коэффициент спроса потребляемой мощности (для судоремонтных предприятий лежит в пределах 0,6—0,95);

$\eta_{тр}$ — КПД трансформатора, в среднем равный 0,97;

$\eta_с$ — КПД электросети, в среднем равный 0,95.

Потребление электроэнергии на вспомогательные нужды судоремонтного предприятия составляет 30—40 % потребления на технологические нужды, а потери в сетях и трансформаторах —6—8 % общего потребления электроэнергии на технологические, подсобные, и вспомогательные нужды.

Потребителями пара на судоремонтных заводах являются лесосушильные, гальванические и термические цехи или участки.

Укрупненный расход пара $П$ на производственные нужды в целом по заводу можно рассчитать по формуле

$$П = П_ц + П_с N_с, \quad (223)$$

где $П_ц$ — годовой расход пара гальванического, термического и других участков завода, т;

$П_с$ — расход пара на сушку 1 м³ пиломатериалов, т/м³ (составляет 0,55 т/м³);

$N_с$ — количество пиломатериалов, проходящих сушку в течение года, м³.

Годовой расход пара на единицу оборудования гальванических и термических цехов принимают для ванн: электролитического и химического обезжиривания —120 т, горячей промывки —250 т, железнения —100 т, никелирования и хромирования —25 т, травления —60 т.

Главным потребителем топлива (каменный уголь, мазут, газ) на производственные нужды является кузнечный цех (участок). Годовой расход условного топлива $М$ для предприятия в целом определяется по формуле

$$М = 1000 \alpha Q N_п, \quad (224)$$

где α — коэффициент для разных видов топлив, равный: для угля —0,7; для мазута —0,45; для природного газа —0,5 (на 1 м³);

Q — количество тепла, необходимое на нагрев 1 т поковок, равное 4000 ккал/кг;

$N_п$ — годовой выпуск поковок, т.

Для удовлетворения потребностей предприятия сжатым воздухом строят компрессорную станцию и прокладывают трубопроводы с уклоном 1 : 200 в направлении движения воздуха (для стока конденсата). Для выравнивания колебаний давления сжатого воздуха у компрессорной станции устанавливают резервуар, объем которого определяют по формуле

$$V = \sqrt{5\omega}, \quad (225)$$

где ω — минутный расход воздуха в точке установки резервуара, м³/мин.

Производительность компрессорной станции (в м³/мин) находят по формуле

$$Q_к = \frac{Л k_с}{60}, \quad (226)$$

где $Л$ — максимальный суммарный часовой расход сжатого воздуха с учетом коэффициента одновременности по потребителям и цехам, м³/ч;

$k_с$ — коэффициент потерь сжатого воздуха в трубопроводах, равный 1,3.

Номинальный расход сжатого воздуха для пневматических инструментов (в м³/мин) составляет: для сверлильных машинок — 1—2,0; для рубильных молотков и шлифовальных машинок — 0,6—1,5; для пневмонапильников — 0,3; для гидропескоструйных аппаратов — 2,0. Коэффициент одновременности работы потребителей сжатого воздуха принимают в пределах 0,5—0,8.

Для укрупненных расчетов расхода сжатого воздуха судостроительно-судоремонтного предприятия можно принимать 2200 м³ воздуха на 1 т переработки корпусной стали.

Обеспечение цехов и судоподъемных сооружений кислородом и ацетиленом для резки, газовой сварки и других работ на крупных судостроительно-судоремонтных предприятиях производят по газопроводам: из красной меди — для кислорода и стальным — для ацетилена. На средних и мелких предприятиях кислород и ацетилен доставляют к месту работы в баллонах.

В задании на проектирование газоснабжения указывают количество газоприемников для каждого потребителя, средний расход кислорода и ацетилена (в м³/ч), суточную продолжительность работы с газовой аппаратурой и годовой расход газа (в м³).

Среднегодовой расход газа (в м³) составляет: для газорезательных машин — кислорода 5300, ацетилена 1500; для газового резака кислорода 5500, ацетилена 1600.

Для укрупненных расчетов расход газа можно принимать: кислорода 22 м³ и ацетилена 6 м³ на 1 т перерабатываемой стали.

Складское хозяйство судоремонтных предприятий состоит из общезаводских и цеховых складов.

Общезаводские склады делят на универсальные (метизы, электроматериалы и пр). и специализированные (топливо, круглый лес, строительные материалы, судовое оборудование, обменный фонд, мебель и судовой инвентарь, москательные товары и пр.).

Цеховые склады проектируют в составе основных и заготовительных цехов (склад стали, шихты и др.).

Проектирование складов основывается на нормативах расхода и хранения материалов. Потребность предприятия в основных материалах определяют на основе производственной программы по нормам расхода. Министерством речного флота РСФСР разработаны нормы расхода материалов на объекты судостроения и машиностроения. На ремонт флота нормы разработаны для судов основных типоразмеров по видам ремонта. Потребность в материалах на вспомогательные работы, оснастку и приспособления приведена в специальном справочнике.

Запас материалов на складах зависит от территориального размещения и условий снабжения предприятия.

Площадь склада (в м²) находят по формуле

$$F = \sum \frac{Q_м}{qk}, \qquad (227)$$

где $Q_м$ — количество одновременно хранящегося материала каждого вида, т;

q — нагрузка на 1 м² площади склада по видам материала, т/м²;

k — коэффициент использования складской площади для каждого вида материала.

Основные данные для расчета площадей складов приведены в табл. 42.

Таблица 42

Материалы	Запас хранения, мес	Нагрузка на 1 м² площади склада, т/м²	Коэффициент использования площади склада
Металлы	2—3	2,0	0,5
Металлические изделия	1,0	1,0	0,5
Судовые механизмы	1—2	0,8—1,2	0,5
Электромашины	1—2	0,4	0,5
Вспомогательные материалы	1—2	0,25	0,5
Краски, олифа, смола	6	0,25	0,4
Цемент, алебастр, известь	2—3	1,3	0,6
Уголь	3	2,4	0,9

Площади для хранения материалов, поступающих в цехи завода, рассчитываются исходя из двухмесячного срока хранения, а для судового инвентаря — исходя из срока ремонта данной группы судов.

§ 88. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА СУДОРЕМОНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

При проектировании судоремонтного предприятия решают комплекс технических, организационных и экономических вопросов, тесно связанных между собой. При разработке технологической и строительной частей проекта отдельных цехов и хозяйств необходимо параллельно считать экономическую целесообразность принимаемых решений.

Определение затрат по каждому строительному объекту производят: на стадии проектного задания — в сметно-финансовых расчетах по укрупненным измерителям, по техническому (техно-рабочему) проекту — в сметах на основании норм и единичных расценок на строительные работы. Капиталовложения в оборудование складываются из его стоимости по оптовым ценам промышленности, введенным в действие с 1/VII 1967 г., и затрат на транспортировку и монтаж работ, если в техническом (техно-рабочем) проекте имеются спецификации

на это оборудование. При отсутствии оптовых цен, стоимость комплектующего и нестандартизированного оборудования определяют по калькуляциям заводов-поставщиков с учетом транспортных и заготовительно-складских расходов, наценок снабженческих и комплектующих организаций.

Стоимость приобретаемого производственного инвентаря, инструмента, приспособлений и оснастки определяют по сметам и типовым или повторно применяемым экономичным индивидуальным проектам, а при отсутствии их — по укрупненным сметным нормам.

Пояснительная записка для определения сметной стоимости строительства содержит: краткие сведения о проектируемом объекте; исходные данные для определения сметной стоимости (нормативы, послужившие основанием для определения объема капиталовложений, размеры накладных расходов, плановых накоплений и др.), характеристику капиталовложений по направлениям строительства. Смета на строительство является основным и неизменным документом на весь период строительства. На ее основе планируют капиталовложения, финансирование строительства и расчеты между подрядчиком и заказчиком за выполненный объем работ.

Для определения сметной стоимости проектируемого предприятия составляют сметы на отдельные объекты, определяющие стоимость строительства отдельных зданий или сооружений; определенные виды строительных и специальных работ (общестроительные, санитарно-технические и др.); общеплощадочные работы (планировка территории, благоустройство и др.); приобретение оборудования и монтаж.

Кроме указанных, выполняют сметные расчеты, определяющие виды затрат: по организационному набору рабочих, на применение различных льгот и доплат, на компенсацию в связи с изъятием земли под застройку, а также на научно-исследовательские и экспериментальные работы. На отдельные виды работ, отсутствующие в сборниках единых районных единичных расценок на строительные работы и в ценниках на монтаж оборудования, составляют единичные расценки.

Общую стоимость строительства судоремонтного предприятия по техническому (техно-рабочему) проекту определяют в сводной смете, составленной по нижеприведенной форме.

СВОДНАЯ СМЕТА

На строительство (наименование предприятия) _____

Сводная смета в сумме _____ тыс. руб.

В том числе возвратных сумм _____ тыс. руб.

«____» _____ 19____ г. Утверждена (ссылка на документ об утверждении)

Составлена в ценах 19____ г.

№ п/п	№ смет	Наименование разделов, объектов, работ и затрат	Сметная стоимость, тыс. руб.				Общая сметная стоимость, тыс. руб.
			Строительные работы	Монтажные работы	Оборудование, приспособления и производственный инвентарь	Прочие затраты	

Стоимость строительства подъездных железных и автомобильных дорог, сетей энергоснабжения, водоснабжения, канализации и объектов вспомогательных производств, если они предназначены для группы предприятий, определяют по отдельной сводной смете и распределяют между предприятиями-дольщиками — пропорционально их потребностям.

Сводная смета строительно-монтажных работ должна содержать следующие разделы:

подготовка территории строительства;

объекты основного производственного назначения;

объекты энергетического хозяйства;

объекты транспортного хозяйства и связи;

внешние сети и сооружения водоснабжения, канализации и энергоснабжения;

благоустройство территории предприятия;

проектные и изыскательские работы;

прочие работы и затраты (подготовка кадров, содержание дирекции и пр.).

На непредвиденные работы и затраты в сводной смете отдельной строкой предусматривают резерв (в %) от стоимости строительства в следующих размерах: к техническому проекту (при двухстадийном проектировании) — 10; техно-рабочему проекту (при одностадийном проектировании) — 5.

До утверждения сметы на строительство предприятия, отдельных зданий или сооружений необходимо предварительно согласовать ее с подрядными строительно-монтажными организациями. После согласования и приемки ими смет, утвержденная стоимость строительства объектов в составе технического (техно-рабочего) проекта является окончательной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Адлерштейн Л. Ц., Соколов В. Ф., Справочник по судовым разметочным работам. Л., «Судостроение», 1968. 399 с.

Алферьев М. Я. Теория корабля. М., «Транспорт», 1972. 446 с. Ремонт судов. Л., «Судостроение». 1972. 568 с. Авт.: Андреев Н. Т., Борчевский О. А., Луговых В. Г. и др.

Аристов Ю. К. Ремонт оборудования дноуглубительных снарядов. М., «Транспорт», 1966. 208 с.

Гармашев Д. Л. Монтаж судового механического оборудования. Л., «Судостроение», 1975. 264 с.

Гецов И. Е. Проектирование судоремонтных и судостроительных предприятий. М., «Транспорт», 1970. 344 с.

Глозман М. К., Васильев А. Л. Технологичность конструкций корпуса судна. Л., «Судостроение», 1971. 279 с.

Гуревич И. М. Механизация трудоемких корпусных работ в судоремонте. М., «Транспорт», 1967. 184 с.

Технология судоремонта. М., «Транспорт», 1970. 376 с. Авт.: Гуревич И. М., Лопырев Н. К., Марденский В. П., Немков П. П.

Технология судостроения. Л., «Судостроение», 1962. 696 с. Авт.: Дормидонтов В. К. и др.

Зеличенко А. Я. Современная технология постройки корпусов речных судов. Л., «Судостроение», 1970. 240 с.

Кузьменко В. К., Федоров Н. А., Фрид Е. Г. Справочник судового сборщика. Л., «Судостроение», 1969. 470 с.

Кузьменко В. К. Автоматизация и механизация производственных процессов в судостроении. Л., «Судостроение». 1972. 230 с.

Курдюмов А. А., Белявин Ю. П., Зайсенок А. А. Спуск судов. Л., «Судостроение», 1966. 416 с.

Лакиза Р. И., Амелин В. И. Испытание механизмов судовых устройств. Л., «Судостроение», 1971. 184 с.

Мацкевич В. Д. Сборка и сварка корпусов судов. Л., «Судостроение», 1968. 402 с.

Технология судостроения. Л., «Судостроение», 1971. 613 с. Авт.: Мацкевич В. Д. и др.

Павлов М. Н. Испытание механического оборудования судов. Л., «Судостроение», 1969. 144 с.

Петракки Дж. Коррозия корпусов судов. Перевод с итальянского. Л., Судпромгиз, 1959. 141 с.

Пугачев А. С. Развертка элементов листовых конструкций. Л., Судпромгиз, 1956. 216 с.

Сырков А. К. Основы технологического проектирования судостроительных верфей и цехов. Л., «Судостроение», 1970. 204 с.

Томашов Н. Д. Теория коррозии и защиты металлов. М., Изд-во АН СССР, 1959. 522 с.

Трофимов В. В. Перспективы развития речного транспорта на 1971—75 гг. «Знание», 1968. 28 с.

Справочник по ремонту речных судов. М., «Транспорт», 1973. 480 с. Авт.: Чернов М. И. и др.

Штейнбук Ш. Е. Судовой газорезчик. Л., «Судостроение», 1967. 160 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Агрегатирование 117

Балансировка гребных винтов
— динамическая 287, 291
— статическая 287, 290
Безвоздушная окраска 243
Блок секций 8, 93
Браковочные характеристики 194
Бухтины на листовом металле 38
Бухтиноватость обшивки корпуса 182

Валопровод (смещения и изломы) 129, 130
Варпек 295
Восстановление заклепочных швов 330

Гибка

— корпусных деталей **горячая 60**
— — холодная 61
— труб горячая 148
— — холодная 146
Деполяризация
— анодная 178
— катодная 178

Дефектация
— предремонтная **184**
— рабочая 184
Деформации 175, 220, 246
— корпуса судна **182**
Доки
— плавучие 400
— **сухие 401**

Заварка трещин 206
Задание на проектирование предприятий техническое 353
Закрепление деталей при сборке 72
Замена изношенной обшивки 221
Зачистка под сварку 71
Защита деревянных конструкций 230

Износ
— коррозийно-эрозионный **175**
— нормирование 194
— устройств земснарядов 306
— — всасывающих 310
— — разрыхлительных 310
— — рефулерных 309
— — черпаковых 307
— — швартовных 310
Изоляция
— судовых помещений **154**
— трубопроводов 151
Изыскания инженерные
— геологические 357
— гидрологические 357
— метеорологические 357
— топографические 357

Испытания
— герметичности **помещений 117**
— непроницаемости **помещений 115**
— судов имитационные **169**
— — ходовые 168
— — швартовные **168**
— трубопроводов 152

Каркас 30
Кессон 203
Кондуктор 18
Консервация **корпусного металла 44**
Компенсация износов **216**
Копир-чертеж 48
Копир-щит 18, 47
Коррозия 175
— межкристаллитная **176**
— местная 175
— общая 175
— пятнами 175
— точечная 176
— химическая 176
— электрохимическая **176**
— язвенная 176

Леса судостроительные 99
Линии
— базовые 14
— геодезические **25**
— диагональные **24**
— осевая (пробивка) 113, **280**
— основная (пробивка) 18
— строевые 22
— **поточная изготовления корпусных деталей** 66
— — сборки **корпусных конструкций 81**
Линолеум 158

Макет 30
Макетирование 7, 149
Малочник 27
Мастика палубная **156**
Материалы **изоляционные 155, 156**
— лакокрасочные **160**
— — стабилизирующие **235**
Метод
— определение **толщин гравиметрический** 192
— — микрометрический 188
— — профилографический 191
— ремонта **секционно-блочный 216**
— сборки секционный 8, 96
Монтаж
— вспомогательных механизмов **на амортизаторах** 128
— — на клиньях 127
— — на пластмассе **127**
— — на прокладках **128**
— обрешетника 154
Морозобоины 229

Наплавка 265
— термитная 324
Настилы палуб деревянные **156**
Насыщение секций 8, 94

Окалина прокатная 180
Окраска (подготовка **поверхностей) 161**
Операции изготовления труб типовые **143**
Определение площади цехов 365
Оснастка сборочная технологическая 83
Осталивание электролитическое 325
Отделка помещений щитовая 159
Оценка технического состояния корпуса **194**
Очистка
— корпусного металла **дробеметная 44**
— — химическая 43
— корпусов судов гидравлическая **235**
— — гидроабразивная 236
— — дробеметная 237
— — дробеструйная 237
— — механическая 233
— — пескоструйная 237
— — термическая 233
— — химическая 234

Паиелирование трубопроводов 117
Плаз 18
Пневмопульверизатор 242
Покрытия пропитывающие 235
Полярнзация
— анодная 178
— катодная 178
Постели сборочные 83
Постройка судов
— моноблочная 111
— поточно-позиционная **96, 111**
Правка
— корпусного металла **перегибами 38**
— — растяжением 41
— корпусных конструкций давлением 210
— — нагревом полос 209
— — — пятен 208
— — — угольным электродом 210
— — наплавкой валиков 210
— — термосиловая 214
Припуски технологические 101
Прогиб корпуса 217
Программа
— гибки труб 145
— испытаний судов 169
Прокладки под лапы **двигателей** 124
Процесс постройки **судна технологический** 14

Работы
— демонтажные 257
— монтажные 257
Разбивка
— корпуса на плазе 18
— — на секции 8
— — масштабная плазовая **31**
Разверстывание деталей **22**
Разметка
— корпусных деталей по шаблонам 50
— — ручная 48
— — фотопроекционная **31, 50**
— мест установки **деталей при сборке корпусных конструкций 70**
Размещение производственных зданий **373**
Разоружение котлов 247
Разрушение древесины
— биологическое 228
— физическое 229
— химическое 229
Раскены 122
Растяжка линий **21**
Режим работы предприятий **361**
Резка
— корпусных деталей механическая 52
— — тепловая автоматическая 59
— — — полуавтоматическая 57
— — — ручная 57
Ремонт устройств земснарядов
— конструкции металлические **313**
— цепь черпаковая 315
— привод верхний 318
— насос рефулерный 321
— устройства разрыхлительные **322**
— — швартовные **322**
Ремонтопригодность 8
Рубка пневматическая 71
Рыбина 19

Сборка узловая свободная 77
— — кондукторная 77
— на поточных линиях **81**
— приспособления 86
— причерчивание деталей **71**
— проверочные работы **75, 103**
Секции
— контуровка 90
— объемные 8, 91
— плоскостные 8, 87
— полуобъемные 8, 91
Склиз 201
Слип 397
Совмещенные чертежи **трубопроводов 144**
Совмещение кромок **деталей при сборке 71**
Соединения эластичные 72
Сопряжения кромок и **поверхностей конструкций** 69
Спуск судов
— механизированный **165**
— поперечный 165
— продольный 164
— свободный 165
Способ
— выявления трещин **визуальный** 193
— — керосино-меловой 193
— сборки корпуса **судна блочный 8, 98**
— — подетальный **8**
— — секционный 8
— частичного обнажения **корпуса** вымораживанием 204
— — дифферентованием 202
— — кессонированием **203**
— — кренованием 202
— — обсушкой 202
— — судонатаской 203
Стадии **проектирования предприятий 353**
Стапель 18, 99
Стапель-кондукторы 83
Стапельное место 96
Стенды сборочные 83
Стягивание сопряжений **при сборке** 71
Строжка воздушно-дуговая 221
Судоремонтные **предприятия 346, 347, 348**
Схема
— грузопотоков **373**
— окраски судов 161, 162

Технологичность 7
Толщиномеры **ультразвуковые 186**
Труба визирная 119
Фанерование элементов обстройки помещений 159
Фонды времени 361
Центровка
— главных двигателей и **валопроводов 119**
— оптическая 119
Цепь размерная 11, 12
Цинкование 151
Чертеж-шаблон 31
Шаблон 18, 29
Шероховатость **обшивки корпуса 198**
Шпаклевка 240
Элементы сборочных процессов 69
Эллинг 397
Энергетическое хозяйство 405
Эрозия 245
Эскиз трубы технологический **144**
Этапы проектирования судна **6, 14**

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Часть первая

Технология судостроения

Глава I. Подготовка производства в судостроении 6
§ 1. Конструкторская подготовка производства. 6
§ 2. Технологическая подготовка производства 14
§ 3. Материально-техническая подготовка производства . 17
Глава II. Плазовые работы 18
§ 4. Разбивка корпуса судна на плазе 18
§ 5. Определение конфигурации и размеров корпусных деталей 29
§ 6. Технология изготовления корпусной оснастки на плазе 28
§ 7. Пути совершенствования технологии плазовых работ 30
Глава III. Изготовление корпусных деталей 36
§ 8. Технология правки корпусного металла 36
§ 9. Технология очистки и консервации корпусного металла 43
§ 10. Технология разметки корпусных деталей 47
§ 11. Технология резки корпусных деталей 52
§ 12. Технология гибки корпусных деталей 60
§ 13. Организация корпусозаготовительного производства 66
Глава IV. Предварительная сборка и сварка корпусных конструкций 69
§ 14. Элементы сборочно-сварочных процессов и технологическая оснастка для их выполнения 70
§ 15. Узловая сборка и сварка 76
§ 16. Сборка и сварка секций 83
Глава V. Сборка корпуса судна на стапеле 96
§ 17. Типы стапельных мест и способы сборки корпуса 96
§ 18. Технологическая оснастка для стапельной сборки корпуса 98
§ 19. Секционная сборка корпуса 101
§ 20. Блочная сборка корпуса 108
§ 21. Подготовка корпуса и надстроек к механомонтажным и обстроечным работам 112
Глава VI. Монтаж механического и электротехнического оборудования 117
§ 22. Предмонтажная сборка 117
§ 23. Монтаж главных судовых двигателей 118
§ 24. Монтаж вспомогательных механизмов и оборудования 126
§ 25. Монтаж судовых валопроводов 128
§ 26. Монтаж электромеханического, радио- и навигационного оборудования 140

Глава VII. Изготовление и монтаж судовых трубопроводов 142
§ 27. Общая характеристика судовых систем и технологии трубопроводных работ 142
§ 28. Определение размеров и формы труб 143
§ 29. Гибка труб 146
§ 30. Цеховое изготовление узлов трубопроводов 148
§ 31. Монтаж и испытание трубопроводов на судне . . . 152
Глава VIII. Обстроечные, отделочные и окрасочные работы 153
§ 32. Обстроечные и отделочные работы 153
§ 33. Окрасочные работы 160
§ 34. Техника безопасности при отделочных, обстроечных и окрасочных работах 163
Глава IX. Спуск судов и сдаточные испытания 164
§ 35. Способы спуска и типы спусковых устройств 164
§ 36. Поперечный свободный спуск 165
§ 37. Швартовные и ходовые испытания 168
§ 38. Нагрузочные устройства и имитационные способы испытаний 169

Часть вторая

Технология судоремонта

Глава X. Износы и повреждения конструкций корпуса судна . . . 175
§ 39. Классификация износов конструкций корпуса судна 175
§ 40. Факторы, влияющие на процесс коррозии корпусов судов внутреннего плавания 182
§ 41. Деформации и повреждения элементов корпуса судна 184
Глава XI. Методы измерения и нормирования износов конструкций корпуса судна 184
§ 42. Методы определения износа обшивки и набора корпуса судна 194
§ 43. Нормирование износов корпусов судов внутреннего плавания 198
§ 44. Влияние износа и деформаций обшивки корпуса на ходовые качества судна 201
Глава XII. Ремонт металлических корпусов и надстроек судов . 201
§ 45. Подготовительные и вспомогательные работы 206
§ 46. Восстановление водонепроницаемости и правка корпусных конструкций 216
§ 47. Технология ремонта и замены изношенной обшивки, набора и кованых деталей корпуса 228
§ 48. Ремонт деревянных конструкций в составе корпуса судна 232
Глава XIII. Очистка и окраска корпусных конструкций 232
§ 49. Очистка корпусных конструкций 239
§ 50. Механизация шпаклевочных работ 241
§ 51. Защитные лакокрасочные покрытия и механизация окрасочных работ 245
Глава XIV. Ремонт судовых котлов и теплообменных аппаратов 245
§ 52. Износы, повреждения и дефектация перед ремонтом 248
§ 53. Технологические процессы ремонта 255
§ 54. Ремонт теплообменных аппаратов 257
Глава XV. Ремонт главных и вспомогательных судовых механизмов 257
§ 55. Общие положения 258
§ 56. Износы и повреждения основных деталей судовых механизмов 262
§ 57. Пути уменьшения износов и повреждений судовых механизмов 265
§ 58. Восстановление изношенных деталей до номинальных и ремонтных размеров 270
§ 59. Сборка судовых механизмов . . . . . .

Глава XVI. Ремонт валопроводов, движителей и насадок 275
§ 60. Износы и повреждения деталей валопровода 275
§ 61. Пробивка осевых линий валопроводов 280
§ 62. Ремонт гребного комплекса 287
Глава XVII. Ремонт судовых устройств и систем 292
§ 63. Износы, повреждения и ремонт судовых устройств 292
§ 64. Ремонт судовых трубопроводов и систем 301
Глава XVIII. Ремонт рабочих устройств дноуглубительных снарядов 306
§ 65. Износы и повреждения рабочих устройств земснарядов и факторы, их вызывающие 306
§ 66. Подготовка дноуглубительных снарядов к ремонту 311
§ 67. Ремонт металлических конструкций и деталей специальных устройств земснарядов 313
§ 68. Методы восстановления и повышения износостойкости рабочих устройств 323
§ 69. Техника безопасности при ремонте дноуглубительных снарядов 327
Глава XIX. Особенности ремонта скоростных судов 329
§ 70. Ремонт корпусов судов из алюминиевых сплавов . 329
§ 71. Ремонт крыльевых устройств 333
§ 72. Ремонт гребных винтов и роторов 336
§ 73. Ремонт валопроводов 342

Часть третья

Проектирование судостроительных и судоремонтных предприятий

Глава XX. Классификация и характеристика судостроительных и судоремонтных предприятий 343
§ 74. Развитие и совершенствование технологии производства 343
§ 75. Назначение и состав судостроительных и судоремонтных предприятий и цехов 346
Глава XXI. Техническое задание, выбор участка и проектирование генерального плана судостроительно-судоремонтного предприятия 350
§ 76. Общие положения 350
§ 77. Техническое задание и этапы проектирования 352
§ 78. Выбор и утверждение участка для нового строительства и обследование действующего предприятия при его реконструкции 354
§ 79. Производственная программа предприятий. Фонды времени, расчет площадей цехов и технико-экономическне показатели предприятий 358
§ 80. Проектирование генерального плана судостроительно-судоремонтного предприятия 371
Глава XXII. Проектирование цехов, участков и судоподъемных сооружений 381
§ 81. Проектирование судокорпусного цеха 387
§ 82. Проектирование механосборочного цеха 387
§ 83. Проектирование деревообделочного цеха 392
§ 84. Проектирование трубопроводно-медницкого участка 394
§ 85. Проектирование электроремонтного участка 396
§ 86. Проектирование судоподъемных сооружений 397
§ 87. Проектирование вспомогательных цехов и общезаводских хозяйств 403
§ 88. Определение сметной стоимости строительства судоремонтного предприятия 408

Список литературы 411
Предметный указатель 412