

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Национальный университет кораблестроения
имени адмирала Макарова

**А. С. РАШКОВСКИЙ, А. В. ЩЕДРОЛОСЕВ,
А. М. ФАРИОНОВ, Н. В. ЦЫКАЛО,
В. Н. ПЕРОВ, С. Н. СЛИЖЕВСКИЙ**

**ТЕХНОЛОГИЯ
КОРПУСОСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

Учебник

Под общей редакцией профессора А. С. Рашковского

Рекомендовано Ученым советом НУК

УДК 629.5.023(075.8)

Т 38

Авторы: А. С. Рашковский, доктор технических наук, профессор;
А. В. Щедролосев, доктор технических наук, профессор;
А. М. Фарионов, кандидат технических наук, профессор НУК;
Н. В. Цыкало, кандидат технических наук, доцент;
В. Н. Перов, доцент НУК;
С. Н. Слижевский, доцент НУК

Рецензенты: В. А. Некрасов, доктор технических наук, профессор;
Л. И. Коростылев, доктор технических наук, профессор

*Рекомендовано Ученым советом НУК
имени адмирала Макарова в качестве учебника
(протокол № 13 от 29.12.2017 г.)*

Технология корпусостроительных работ : учебник / А. С. Рашковский, А. В. Щедролосев, А. М. Фарионов, Н. В. Цыкало, В. Н. Перов, С. Н. Слижевский; под общ. ред. проф. А. С. Рашковского. – Николаев : НУК, 2018. – 516 с.

ISBN 978–966–321–344–6

Изложены основные понятия и процессы подготовки производства в судостроении, изготовления деталей и конструкций корпуса судна, формирования корпуса судна на стапеле и спуска его на воду. Рассмотрены средства технологического оснащения, применяемые при изготовлении конструкций и строительстве корпуса судна. Приведены сведения о сварочных, проверочных и контрольных работах, нормировании труда и обеспечении качества.

Учебник предназначен для студентов, обучающихся в кораблестроительных вузах по специальностям 135 "Судостроение" ("Корабли и океанотехника", "Судокорпусостроение", "Судоремонт и техническое обслуживание флота", "Судовые машины и механизмы"), 131 "Прикладная механика" ("Технология и оборудование сварки") и 123 "Компьютерная инженерия" ("Специализированные компьютерные системы").

УДК 629.5.023(075.8)

© Рашковский А. С., Щедролосев А. В.,
Фарионов А. М., Цыкало Н. В., Перов В. Н.,
Слижевский С. Н., 2018

© Национальный университет кораблестроения
имени адмирала Макарова, 2018
ISBN 978–966–321–344–6

ПРЕДИСЛОВИЕ

Строительству судна предшествует подготовка производства. Корпус судна состоит из десятков тысяч, а на крупных судах – из сотен тысяч деталей из листового и профильного проката. Из этих деталей изготавливают сборочные единицы различного уровня сложности: узлы, секции и блоки секций, отличающиеся габаритными размерами и формой, технологией изготовления, применяемыми оснасткой, приспособлениями и инструментами. Формирование корпуса судна выполняют на построечных местах различного типа. Спуском судна на воду завершается стапельный период его строительства. Трудоемкость этих корпусостроительных работ достигает 45–50 % общей трудоемкости строительства судна.

В данном учебнике изложены основные понятия и процессы подготовки производства в судостроении, современные способы изготовления деталей и конструкций корпуса судна – узлов и секций, применяемое отечественное и зарубежное оборудование, технологическая классификация сборочных единиц, состав и характеристика технологических операций. Рассмотрены средства технологического оснащения, применяемые при изготовлении конструкций и строительстве корпуса судна. Приведены технологические процессы строительства корпуса судна на различных типах построечных мест, современные способы спуска судов на воду, сведения о сварочных, проверочных и контуровочных работах, нормировании труда при изготовлении деталей, корпусных конструкций и формировании корпуса судна, принципы контроля качества судостроительной продукции.

Учебник предназначен для студентов, обучающихся в кораблестроительных вузах по специальности 135 "Судостроение" ("Корабли и океанотехника", "Судокорпусостроение", "Судоремонт и техническое обслуживание флота", "Судовые машины и механизмы"), в качестве лекционного материала при изучении дисциплин: "Основы технологии судостроения и ТСОО", "Механизация и автоматизация судостроительного производства", "Подготовка производства в судостроении", при выполнении лабораторных и практических работ, курсовом и дипломном проектировании. Учебник также будет полезен студентам, обучающимся по специальностям: 131 "Прикладная механика" ("Технология и оборудование сварки") и 123 "Компьютерная инженерия" ("Специализированные компьютерные системы").

Учебник подготовлен коллективом преподавателей кафедры строительства и ремонта судов Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина). Предисловие и гл. 1 написаны А.С. Рашковским; гл. 2 – Н.В. Цыкало; гл. 3 – А.С. Рашковским и А.В. Щедролосевым; гл. 4 – А.В. Щедролосевым, В.Н. Перовым и С.Н. Слижевским; гл. 5 – А.М. Фарионовым, Н.В. Цыкало и С.Н. Слижевским; гл. 6 – А.С. Рашковским; гл. 7 – А.М. Фарионовым; гл. 8 – Н.В. Цыкало. Общее согласование материала по всем главам и научное редактирование выполнено А.С. Рашковским.

Материалы данного ученика изложены с учетом выпущенных учебников "Основы механизации и автоматизации судостроительного производства" (1989 г.), "Основы технологии судостроения" (1995 г.), "Технология судостроения" (2003 г.), "Технология изготовления конструкций корпуса судна" (2017 г) и учебных пособий "Технология судостроительных материалов" (1990 г.), "Технология изготовления деталей корпуса судна" (2012 г.), "Основы автоматизированного проектирования технологических процессов" (2015 г.).

Г Л А В А 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СУДОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРИЗВОДСТВЕ. ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА В СУДОСТРОЕНИИ

1.1. Судостроительные предприятия

Судостроительное предприятие – промышленное предприятие, располагающее средствами производства (средствами труда и предметами труда) и рабочей силой, способными создавать судостроительную продукцию. Оно состоит из основных и вспомогательных цехов, в которых осуществляют, соответственно, основную и вспомогательную части производственного процесса. В состав судостроительного предприятия также входят инженерные службы (конструкторские, технологические, метрологические), службы управления предприятием (планово-диспетчерская, экономические, автоматизации управления и др.) и обслуживания (административно-хозяйственные подразделения).

Судостроительные предприятия классифицируют:

- по организации постройки судов (судостроительные заводы, судостроительные и судосборочные верфи, сдаточные базы);

- по материалу корпуса строящихся судов (предприятия металлического, железобетонного, пластмассового, деревянного судостроения);
- по типу строящихся судов (предприятия, строящие грузовые, пассажирские, рыбопромысловые суда, суда технического флота и т.д.);
- по району плавания строящихся судов (предприятия морского, речного и озерного судостроения);
- по спусковой массе строящихся судов (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Классификация предприятий морского судостроения по спусковой массе

Класс верфи	I	II	III	IV	V
Спусковая масса, т	более 7000	3501 до 7000	1001 до 3500	251 до 1000	менее 250

Судостроительные предприятия, в состав основного производства которых входит собственное машиностроительное производство, называют **судостроительными заводами**. Судостроительные заводы выпускают механизмы и оборудование как для нужд своего производства, так и для других предприятий. Основные цехи судостроительных заводов по характеру продукции и технологии ее изготовления разделяют на цехи верфи и цехи машиностроительной части.

Цехи машиностроительной части изготавливают механизмы или оборудование для судов, строящихся на данном заводе, или отправляют их на другие судостроительные предприятия.

Основными цехами любого судостроительного предприятия являются **цехи верфи**, в которых размещены 10 видов судостроительного производства (см. табл. 1.2), кроме электромонтажного производства, которое отнесено к другому предприятию. Работы, входящие в электромонтажное произ-

водство, выполняет самостоятельное специализированное монтажное предприятие, цехи или участки которого есть на каждом судостроительном предприятии.

Судостроительное предприятие, в основное производство которого входят только цехи верфи, называют **судостроительной верфью**. Судостроительная верфь включает построечные места (сооружения, на которых размещают строящиеся суда), достроечные места, цехи по изготовлению деталей корпуса, корпусных конструкций, изготовлению и монтажу судовых трубопроводов и систем, монтажу различных механизмов, а также группу достроечных цехов. Все механизмы, устройства, оборудование, аппаратуру и приборы судостроительная верфь получает от специализированных предприятий (контрагентов). В последние годы ряд достроечных работ: изоляционные работы, формирование, отделку и оборудование помещений в надстройке, окраску корпуса судна и др. выполняют специализированные контрагентские предприятия.

Судостроительные предприятия, не имеющие корпусообработывающего и сборочно-сварочного цехов в составе судостроительного производства, называют **судосборочными верфями**. На них суда собирают из секций и узлов, или блоков, поступающих по кооперации из других судостроительных предприятий.

Сдаточные базы – предприятия, расположенные в районе сдачи заказчику судов, доставленных из других предприятий его строительства. На сдаточных базах происходит окончательная достройка судна, оснащение специальным оборудованием, вооружением и т.п., проведение испытаний в условиях, близких к эксплуатационным, и сдача.

Большинство судостроительных заводов и часть верфей, кроме основных цехов, имеют: вспомогательные цехи, складское хозяйство, энергетическое хозяйство, инженерные службы, службы обслуживания.

К *вспомогательным цехам* относятся:

- инструментальный – изготавливает специальный нестандартный инструмент, штампы, шаблоны, калибры, оснастку и приспособления и осуществляет ремонт стандартного инструмента;
- ремонтно-механический – выполняет средний и капитальный ремонт станочного и прессового оборудования цехов;
- электромонтажный – проводит средний и капитальный ремонт электрооборудования цехов;
- ремонтно-строительный, – выполняет ремонт зданий и сооружений предприятия;
- транспортный, включает железнодорожные составы, депо электровозов, гараж автомашин-тягачей и электрокаров;
- капитанская часть, включает буксиры, катера, баржи и плавучие краны, служащие для постановки судов у набережных, для вывода судов на испытания, транспортировки грузов.

С целью экономии средств предприятия могут исключать из своего состава некоторые вспомогательные цехи, приглашая контрагентов для выполнения соответствующих работ.

К *складскому хозяйству* относятся:

- главный магазин, т.е. главный склад для хранения материалов и полуфабрикатов, метизных изделий, предметов и оборудования, которое нельзя хранить на открытом воздухе;
- склад судового оборудования;
- центральный склад комплектации, на котором хранится продукция слесарно-корпусного и деревообрабатывающего цехов перед подачей ее на суда;
- склад жидкого топлива и смазочных материалов.

К *энергетическому хозяйству* относятся:

- котельная с сетями пара и горячей воды;
- трансформаторные подстанции с линиями электропередачи;

- компрессорная сжатого воздуха с пневмосетями к цехам-потребителям;
- кислородная и аргонная станции с кислородо– и аргопроводами;
- ацетиленовая станция с ацетиленопроводом;
- углекислотная станция с углекислотопроводом;
- автоматическая телефонная станция и другие узлы связи внутри предприятия.

Все судостроительные предприятия имеют в своем составе **инженерные службы**:

- конструкторскую;
- технологическую;
- метрологическую;
- службу управления предприятием;
- планово-диспетчерскую;
- экономическую;
- автоматизации управления и др.

К **службе обслуживания** относятся административно-хозяйственные подразделения.

Каждое предприятие характеризуется **генеральным планом**, представляющим собой взаимное расположение цехов, построечных мест, спусковых сооружений и прочих зданий и сооружений, а также железных и автомобильных дорог, сетей газопроводов и других промышленных сетей судостроительного предприятия.

Компоновка генерального плана предприятия характеризуется коэффициентом застройки, равным отношению суммарной площади проекций всех зданий и сооружений на плоскость к площади территории предприятия. На современных судостроительных предприятиях коэффициент застройки составляет около 0,5. В качестве примера на рис. 1.1 приведен вид одной из судостроительных верфей Японии.



Рис. 1.1. Вид судостроительной верфи компании Oshima Shipbuilding Co., Ltd. в Nagasaki Prefecture (Япония)

1.2. Периоды строительства судов

Весь производственный цикл строительства судна от момента запуска металла в обработку до передачи готового судна заказчику разделяют на пять периодов: заготовительный, блочный, стапельный, достроечный и сдаточный.

Заготовительный период – часть производственного процесса строительства судна, включающая работы, выполняемые от начала обработки металла до начала сборки блоков судна. При секционном методе строительства судна, когда отсутствует блочный период, конечным событием заготовительного периода будет начало формирования корпуса судна на построечном месте. В течение заготовительного периода изготавливают детали, узлы и секции корпуса судна, элементы судовых систем, устройств, оборудования судовых помещений и др.

Блочный период – часть производственного процесса, включающая работы, выполняемые от начала сборки блоков

секций до начала формирования корпуса судна на построечном месте. В этом периоде собирают блоки секций, устанавливают в них механизмы, участки трубопроводов и систем, элементы судовых устройств и др. Блочный период выделяется только при блочном методе строительства судов.

Стапельный период – часть производственного процесса, включающая работы, выполняемые от начала формирования корпуса на построечном месте до спуска судна на воду. В этом периоде формируют корпус судна, испытывают его на непроницаемость, монтируют главные и значительную часть вспомогательных механизмов, монтируют валопровод, гребной винт, руль, системы, устройства, изоляцию и др. Завершается этот период спуском судна на воду.

Достроечный период – часть производственного процесса, включающая работы, выполняемые после спуска судна на воду до начала швартовных испытаний. Во время достроечного периода выполняют работы по монтажу механизмов, судовых систем, устройств, системы вентиляции и кондиционирования, изоляции, производятся электромонтажные работы, формирование, оборудование и отделка судовых помещений. С целью сокращения продолжительности строительства судов ряд достроечных работ выполняют в секциях, блоках и на стапеле до спуска судна на воду.

Сдаточный период – часть производственного процесса, включающая работы, выполняемые от начала швартовных испытаний до сдачи готового судна заказчику. В течение этого периода заканчиваются работы по оборудованию и отделке судовых помещений, окончательной окраске судна, проводятся швартовные и ходовые испытания.

Работы разных периодов, как правило, могут перекрывать друг друга по времени с тем, чтобы сократить продолжительность строительства судна.

1.3. Виды судостроительного производства

Составными частями *производственного процесса* строительства судна являются основной и вспомогательный процессы. К основному относят процесс, непосредственно связанный с превращением предмета труда в готовую продукцию, а вспомогательный процесс способствует осуществлению основного процесса без прямого участия в нем.

Частью производственного процесса является *технологический процесс*, связанный с изменением размеров, формы и свойств и последующим определением состояния предметов производства (законченной продукции) в результате трудовых действий или естественных явлений. Например, в технологическом процессе окраски: нанесение краски на поверхность – это трудовые действия, а высыхание на воздухе – естественный процесс.

При создании такой сложной продукции, как современное судно, общий производственный процесс делят на составные части, т.е. на отдельные производственные процессы. Специализированные части основного производственного процесса составляют *технологические этапы*, совокупность которых называют *судостроительным производством*, а отдельные технологические этапы *видами* судостроительного производства.

Формирование видов судостроительного производства производят по признаку общности применяемых методов изготовления изделий. Например, для изготовления деталей корпуса требуются одни технологические процессы и средства технологического оснащения, а для изготовления узлов и секций корпуса – уже совершенно другие. То же самое можно сказать и по поводу изготовления труб судовых систем, формирования корпуса судна на построечном месте, монтажа механизмов и т.д.

С учетом этого весь производственный процесс строительства судна с металлическим корпусом разбит на 11 видов производства. Перечень и краткая характеристика входящих в них работ, а также приблизительное удельное значение в общей трудоемкости строительства судов в зависимости от их типа и сложности, приведены в табл. 1.2. Первые три вида судостроительного производства (01–03) относят к корпусостроительным, а 04–10 виды производства – к монтажно-сборочным.

Каждый вид производства обычно размещают в обособленном (специализированном) подразделении судостроительного предприятия.

Работы, входящие в электромонтажное производство (06), выполняются специализированным предприятием ЭРА (ЭлектроРадиоАвтоматика). Оно имеет свои цехи или участки на каждом судостроительном предприятии.

Указанное распределение закрепляют до конца строительства и сдачи каждого судна серии. Установленные таким образом трудоемкость и удельные значения работ каждого цеха по каждому технологическому комплексу остаются неизменными. Подобная неизменность обеспечивает возможность определения продвижения технической готовности судна и его соответствия установленному производственному циклу строительства. Этот показатель трудоемкости позволяет контролировать фактические затраты труда основных производственных рабочих.

Практика работы судостроительных предприятий предусматривает определение для каждого судна **фактической трудоемкости** $T_{\phi Ci} = \Sigma T_{TCi} + \Sigma \Delta T_{TCi}$, где ΣT_{TCi} – технологическая трудоемкость всех основных работ при строительстве судна, нормо-час; $\Sigma \Delta T_{TCi}$ – технологическая трудоемкость дополнительных работ, не предусмотренных технологическими процессами, но необходимых для их выполнения, нормо-час.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СУДОСТРОИТЕЛЬНОМ...

Таблица 1.2. Виды судостроительного производства и их удельное значение в общей трудоемкости строительства судна

№№	Вид производства	Содержание производственного процесса	Удельное значение в трудоемкости строительства судна, %
01	Корпусообрабатывающее	Изготовление деталей корпуса, начиная от получения и складирования материала до комплектации и складирования готовых деталей	4–6
02	Сборочно-сварочное	Сборка и сварка узлов, секций и блоков секций корпуса судна с их насыщением	12–18
03	Корпусостроительное	Формирование корпуса судна на построечном месте до спуска на воду, включая изготовление блоков судна	10–16
04	Трубообрабатывающее	Изготовление труб, определение конфигурации и предварительный монтаж судовых трубопроводов на судне	8–11
05	Механомонтажное	Сборка агрегатов в цехе, монтаж главных и вспомогательных механизмов, устройств, теплообменных аппаратов, валопроводов, тяжеловесного оборудования, окончательный монтаж и испытание трубопроводов	6–10
06	Электромонтажное	Монтаж кабельных сетей, установка, включение, регулировка и сдача электрооборудования, систем автоматики и специальной техники	5–8

1. 3. Виды судостроительного производства

Продолж. табл. 1.2

№№	Вид производства	Содержание производственного процесса	Удельное значение в трудоемкости строительства судна, %
07	Производство изделий корпусодостроечной номенклатуры	Изготовление в цехах судостроительного завода изделий корпусодостроечной номенклатуры	10–24
08	Производство по монтажу слесарно-корпусного насыщения, изготовлению и монтажу труб судовой вентиляции	Монтаж обрешетников, каркасов для формирования помещений, других металлических конструкций (доизоляции), креплений дельных вещей, бытового оборудования и мебели, изготовление и монтаж труб судовой вентиляции	9–14
09	Производство и монтаж изделий отделки и оборудования судовых помещений	Изготовление в цехах судостроительного завода неметаллических и композитных деталей, узлов, предназначенных для оборудования судовых помещений; изготовление и подготовка в цеховых условиях элементов отделки судовых помещений, монтаж деталей и изделий, предназначенных для отделки и оборудования судовых помещений	5–9

Продолж. табл. 1.2

№№	Вид производства	Содержание производственного процесса	Удельное значение в трудоемкости строительства судна, %
10	Производство по изготовлению и монтажу изоляции и лакокрасочным покрытиям	Подготовка поверхности конструкций, изготовле- ние и монтаж изоляции, нанесение антикоррози- онных и декоративных покрытий	6–11
11	Производство по испытаниям и сдаче судов	Испытания и сдача судов	3–7

Технологическая трудоемкость постройки судна включает затраты труда основных производственных рабочих, обусловленные всеми видами рабочей документации, определяющей технологию строительства. К работам, не предусмотренным технологическим процессом, относятся дополнительная обработка металла, повторная окраска конструкций. Такие работы производят, но в технологический процесс не включают.

Фактическую трудоемкость определяют на основе рабочих нарядов и других документов по оплате труда. При фактической трудоемкости выше нормированного значения выявляют причины и ликвидируют отклонения при строительстве следующих судов серии (заменяют поставщика металла, окрашивают конструкции в помещении и т. п.).

1.4. Подготовка производства в судостроении

Любая производственно-хозяйственная деятельность, в том числе в судостроительном производстве, начинается с ее подготовки. Судостроительное производство представляет

собой совокупность взаимосвязанных процессов подготовки производства и строительства судов. Для строительства такого сложного инженерного сооружения, каким является современное судно, необходимо выполнить определенный объем работ по подготовке производства, которая предшествует производственному процессу на судостроительном предприятии.

Многие предприятия судостроительной отрасли имеют развитое судостроительное производство (работы верфи) наряду с машиностроительным, металлургическим и другими производствами (изготовление дельных вещей, устройств, комплектующего и судового оборудования и др.). Поэтому судостроительное производство характеризуется рядом особенностей:

- суда отличаются по своим размерениям и назначению;
- проектирование и строительство судов достаточно продолжительны;
- рабочее проектирование проводится параллельно со строительством головного судна и головной серии судов;
- число конструктивных и технологических изменений при строительстве головного судна и даже серии судов достигает нескольких десятков тысяч;
- запуск в строительство серийных судов производится параллельно со строительством головного судна;
- необходимы специальные построчные места (стапели, доки, достроечные набережные, транспортные магистрали между цехами, оборудование для перемещения энергоносителей и др.), являющиеся дорогостоящими и сложными сооружениями;
- трудоемкость строительства судна составляет миллионы нормо-часов;
- число контрагентов и предприятий-поставщиков материалов и комплектующих изделий достигает нескольких сотен;

- стоимость контрагентских работ и поставок в общей стоимости судна превышает 50 %;
- номенклатура деталей на одно судно, строящееся на предприятии-строителе, включает более миллиона наименований;
- номенклатура используемых материалов и комплектующих изделий достигает десятков тысяч наименований;
- одновременно на судостроительном предприятии в строительстве находятся несколько головных судов разных проектов или их серий;
- имеется значительное число связей по отраслевой кооперации, обусловленное наличием в судостроительной промышленности различных видов производств (судостроение, судоремонт, машиностроение, приборостроение, капитальное строительство, техническое перевооружение предприятий, электромонтажные работы).

Поэтому особенности судостроительного производства определяют его подготовку к строительству судов. Для строительства головных судов серии проводится **комплексная подготовка производства**, представляющая собой совокупность взаимосвязанных процессов научно-исследовательского, конструкторского, технологического, материально-технического, организационного, экономического и социально-психологического характера, направленных на создание и промышленное освоение новых типов судов с заданными уровнем качества и объемом выпуска в установленные сроки при наименьших затратах. Она содержит следующие стадии: научно-исследовательскую и конструкторскую, технологическую, материально-техническую, организационную, техническое перевооружение предприятия, экономическую, социально-психологическую и подготовку кадров. На рис 1.2 приведено распределение трудоемкости работ по комплексной подготовке производства в судостроении.

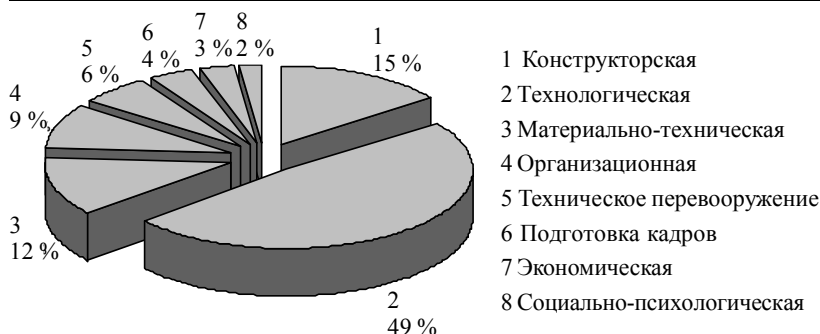


Рис. 1.2. Распределение трудоемкости работ по комплексной подготовке производства в судостроении

Подготовка судостроительного производства проводится в проектной организации и непосредственно на судостроительном предприятии, является сложной системой и связана со значительными материальными и трудовыми затратами, которые составляют 10...15% стоимости создания головного судна. По времени подготовка производства соизмерима со строительством судна.

Конструкторская подготовка производства (КПП) проводится проектантом и заключается в создании документации для строительства судна в виде чертежей, схем, спецификаций, ведомостей, пояснительных записок, технических условий, программ и методик испытаний судна и его комплектующих изделий, таблиц расчетов, эксплуатационных и ремонтных документов. Основной функцией проектных организаций является разработка проектной и рабочей конструкторской документации на вновь проектируемые или модернизируемые суда. К другим функциям относятся: выдача технических заданий на проектирование опытных и головных образцов комплектующих изделий, новых систем и устройств другими проектными организациями отрасли и других

отраслей промышленности (контрагентам генерального проектанта – автора головного судна); корректировка документации по опыту постройки головного судна; оказание технической помощи предприятиям-строителям; авторский надзор в процессе строительства, испытаний и сдачи судна; гарантийный надзор в процессе эксплуатации и ремонта судна.

По своему назначению и последовательности выпуска проектно-конструкторская документация подразделяется на проектную, заказную, рабочую, технологическую, сдаточную и эксплуатационную.

Проектная документация определяет и обосновывает технико-экономические, эксплуатационные и производственные характеристики судна. Часть проектной документации, на которую ссылаются в договоре на строительство судна, является договорной. В основном, это спецификации, чертежи общего расположения, перечень эксплуатационно-технических элементов, ведомости снабжения.

Заказная документация, состоящая из ведомостей, дает возможность заказать комплектующее судовое оборудование и материалы, необходимые для строительства судна.

Рабочая документация обеспечивает возможность выполнения работ по строительству судна, соответствующих утвержденным спецификациям. Она состоит из детальных, сборочных, монтажных чертежей и схем.

Технологическая документация дает возможность выполнять работы по строительству судна по выпущенным рабочим чертежам наиболее эффективным и технологичным способом в конкретных условиях предприятия-строителя с обеспечением безопасности строительных работ. В основном, эта документация состоит из производственных схем, чертежей приспособлений и стендов, принципиальной технологии строительства судна, документов для цехов и технологических инструкций.

Сдаточная документация устанавливает возможность нормального проведения проверок и всех испытаний как отдельных частей, устройств и систем, так и судна в целом и его снабжения. Она состоит из программ, методик, комплектовочных ведомостей, паспортов, сертификатов и др.

Эксплуатационная документация обеспечивает возможность правильной эксплуатации построенного судна и включает описания, инструкции, формуляры, чертежи, ведомости. Она используется также при монтаже, наладке и сдаче судовых механизмов, систем, устройств и средств автоматики. Частью эксплуатационной документации является **ремонтная документация**, необходимая для проведения восстановительных (ремонтных) работ на судне.

Стадиями разработки проектной конструкторской документации принято считать техническое задание, техническое предложение, эскизный и технический проекты, рабочую документацию.

Техническое задание устанавливает основное назначение, технические и тактико-технические характеристики, показатели качества, технико-экономические и специальные требования, предъявляемые к проектируемому судну, выполнение необходимых стадий разработки конструкторских документов и их состав. Разработку и утверждение технического задания осуществляет Заказчик судна.

В состав технического задания входят следующие сведения о проектируемом судне: назначение и тип судна, класс классификационного общества, район и дальность плавания, автономность, скорость судна или мощность главного двигателя, тип энергетической установки, эксплуатационные ограничения отдельных главных элементов судна, характер груза и требования к грузоподъемности, грузовместимости или пассажироместимости, требования к обитаемости

и живучести, к автоматизации управления энергетической установкой и судном в целом, к средствам связи и навигационному оборудованию, состав экипажа, требуемые технико-экономические показатели эксплуатации судна, количество намеченных к постройке судов, предельная стоимость судна.

Разработка технического задания – первый этап работы по созданию конструкторской документации. Содержанием следующего этапа являются согласование и утверждение технического задания, которое выдается проектанту судна для использования при выполнении технического предложения.

Техническое предложение включает совокупность конструкторских документов, которые должны содержать технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации по судну на основании анализа технического задания заказчика и различных вариантов принимаемых решений, сравнительной оценки решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей проектируемого и существующих подобных судов. На стадии технического предложения разрабатывается перечень НИОКР и мероприятий по стандартизации и унификации, определяются возможные сроки проектирования, комплексной подготовки производства и ориентировочная стоимость головного судна, рассчитывается экономическая эффективность, выбираются предприятие-строитель и основные исполнители.

В состав важнейших конструкторских документов технического предложения входят: пояснительная записка, схема общего расположения, перечень основного оборудования, теоретический чертеж, ориентировочная весовая нагрузка судна порожнем, некоторые расчеты элементов теоретического чертежа (остойчивость, непотопляемость, осадка) предварительные расчеты ходкости, расчеты по механической

части и общей продольной прочности, схемы расположения механизмов в машинно-котельных отделениях и валопровода, расчет стоимости судна, сравнение предлагаемого судна с современными судами и др. Финансирование работ производит Заказчик.

После экспертизы, согласования с заинтересованными организациями и утверждения техническое предложение становится основанием для разработки эскизного проекта.

Эскизный проект содержит совокупность конструкторских документов, в которых зафиксированы принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы судна. К основным документам эскизного проекта относятся: пояснительная записка; чертежи общего расположения; теоретический чертеж; кривые элементов теоретического чертежа; расчеты весовой нагрузки и положения центра тяжести судна порожнем, начальной остойчивости и посадки для основных эксплуатационных случаев; расчет непотопляемости судна и проверка выполнения требований к его остойчивости; расчет скорости судна, элементов движителя, общей прочности судна; чертеж конструктивного мидель-шпангоута; расчеты и схемы расположения основных устройств, трассировки систем, изоляции, размещения главных и вспомогательных механизмов; расчеты по механической части; расположение валопровода и дейдвудного устройства и др. Совместно с намеченным предприятием-строителем разрабатываются основные положения по выбору принципиальной технологии и организации строительства судна, производится приближенный расчет трудоемкости и его стоимости.

После экспертизы, согласования и утверждения эскизный проект служит основанием для разработки технического проекта судна.

Технический проект состоит из совокупности конструкторских документов, содержащих окончательные технические решения, дающих полное представление об устройстве проектируемого судна и исходные данные для разработки рабочей документации. На стадии технического проекта принимаются окончательные конструктивные решения по корпусу, судовым системам и устройствам, оборудованию машинно-котельных отделений, постов, жилых и служебных помещений, определяются численность экипажа, технико-экономические характеристики судна, объемы стандартизации и унификации материалов и комплектующего судового оборудования, трудоемкость и стоимость строительства, объемы применения автоматизированных систем в процессе строительства судна.

В техническом проекте разрабатывается также перечень предоставляемых конструкторских документов контрагентам и предприятию-строителю, включающий: основные положения по технологии и организации строительства головного судна и судов серии; схему разбивки корпуса судна на блоки и секции; схемы сборки и сварки корпуса судна; проект временного энергоснабжения судна в период строительства; укрупненный график поэтапного выпуска и поставки рабочих конструкторских документов предприятию-строителю головного судна.

Рабочая конструкторская документация для строительства и эксплуатации судна делится на две основные группы: документацию верфи и документацию судового машиностроения (МСЧ).

Конструкторская документация верфи включает документацию на корпусные конструкции, дельные вещи и устройства, изоляцию и отделку помещений, монтаж механизмов, судовых систем, электро- и радиоэлектронного оборудова-

ния, систем управления и контроля. В конструкторской документации верфи выполняется разбивка корпуса судна на сборочные единицы (строительные районы, блоки, секции, подсекции, узлы и детали) в соответствии с основными планово-учетными единицами работ (ПУЕР) – технологическими комплектами.

На основании конструкторской документации производится **технологическая подготовка производства** (ТПП) верфи, представляющая собой совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия к строительству судов нового проекта, а также заданный рост технического уровня всех видов производства (см. табл. 1.2). Технологическая готовность предприятия предусматривает наличие на нем полных комплектов конструкторской и технологической документации для выполнения работ по строительству судна.

К задачам технологической подготовки производства, осуществляемой непосредственно на судостроительном предприятии, относятся:

- разработка технологических процессов на строительство судна, в том числе, типовых;
- проектирование оснастки, приспособлений, специального инструмента и нестандартного оборудования;
- разработка всей организационной документации – графики различного назначения, расчеты трудоемкости и необходимого числа рабочих в цехах;
- технологическое распределение работ между цехами;
- разработка документации на предельные нормы расхода материалов;
- разработка мероприятий по совершенствованию производства на основе новой техники, технологии, средств механизации и автоматизации, применения вычислительной техники;

- составление технических заданий на проектирование новых объектов капитального строительства и реконструкции;
- разработка мероприятий по повышению качества судостроительной продукции и многое другое.

На стадии технического проекта судна разрабатывают генеральные графики строительства головного и серийных судов; график подготовки производства для обеспечения строительства головного судна; технологический график строительства судна; предварительные ведомости технологических комплектов; график проектирования и изготовления специальной технологической оснастки.

Судостроительное производство обуславливает особенности ТПП верфи:

- технологическая готовность в судостроении основана на поэтапной передаче в производство конструкторских и технологических документов;
- значительное число технологических и организационно-технологических документов разрабатывается на стадиях эскизного и технического проектирования судна; поэтому в ходе рабочего проектирования и строительства головного и даже серийных судов могут возникать изменения в проекте, требующие корректировки уже существующих документов;
- функции ТПП верфи включают работы по обеспечению технологичности конструкций, типизации технологических процессов и их автоматизированного проектирования, проектирования и изготовления СТО, испытаний механизмов, устройств и судна в целом.
- разработка принципиальной технологии и организации строительства судов на стадии технического проекта судна, необходимой для обеспечения предприятия ранней информацией с целью сокращения продолжительности ТПП.

Основные положения по технологии и организации строительства содержат конструктивно-технологические особен-

ности судна; характеристики производственных условий предприятия-строителя; организационно-технические мероприятия по подготовке производства к строительству головного и последующих судов; организационно-технологическую схему строительства судов; перечень подлежащих освоению новых технологических процессов, средств механизации и автоматизации по видам производства.

Проекты современных судов являются сложными, ресурсоемкими и трудоемкими объектами производства с длительным циклом проектирования и строительства. Поэтому разработка принципиальных технологии и организации строительства судов уже на ранних стадиях проектирования является производственной необходимостью. В рамках создания принципиальной технологии выполняют расчеты трудоемкости и продолжительности строительства головного и серийных судов, разрабатывают схемы размещения производства, основные положения по технологии и организации строительства головного и серийных судов и по технологии электромонтажных работ.

Организационно-технологическая схема строительства судов устанавливает: выбор и обоснование метода строительства судна и способа формирования его корпуса на построечном месте; принципы разбивки корпуса судна на сборочные единицы: узлы, секции, блоки секций, блок-модули; основные работы по видам производства, методы их выполнения, последовательность технологического процесса строительства судна в целом. Создание организационно-технологической схемы по сути представляет собой моделирование процесса строительства судна.

Принципиальная технология и организация строительства судна являются первичными организационно-технологическими разработками, определяющими состав

необходимых организационных и технологических документов и последовательность их выпуска.

В современном судостроении широко используют информационные технологии и с их помощью проектируют технологические процессы для каждого конкретного судна с учетом состояния производств и рациональной загрузки оборудования. Решение задачи состоит в создании на предприятии АСТПП – системы автоматизированного проектирования процессов изготовления деталей; корпусосборочных единиц; формирования корпуса судна; монтажа агрегатов, механизмов, судовых устройств и систем; строительства судна в целом с учетом условий предприятия. В результате предприятие получит оперативную технологическую информацию, в том числе технологические документы, а также данные для управления оборудованием, для изготовления и применения *средств технологического оснащения* (СТО).

АСТПП верфи реализуют за счет автоматизации инженерно-технических работ и использования информационных технологий. Преимущества АСТПП – в сокращении сроков и повышении качества проектирования технологических процессов; увеличении производительности труда технологов; своевременном получении оперативной информации о текущем состоянии ТПП, облегчении и ускорении корректировок; обеспечении взаимодействия с другими системами автоматизированного проектирования.

Организационная подготовка производства (ОПП) – совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих строительство судов полными комплектами организационно-технологических документов, а также организацию новых видов производства и специализированных подразделений.

В условиях сложного судостроительного производства особое значение имеет согласование коллективных действий

всех участников создания судна на стадиях научных исследований, конструкторской подготовки производства у проектанта судна, комплексной подготовки производства на предприятии-строителе, изготовления и поставки комплектующих изделий, испытаний и сдачи судна заказчику, что является основной функцией ОПП.

Организационно-технологическими документами являются: генеральные и каскадные графики для контроля за ходом создания головных и серийных судов; сетевые и линейные графики строительства судна на разных этапах его создания; график подготовки производства к строительству головного судна; технологический график строительства судна; ведомости технологических комплектов, подкомплектов и бригадокомплектов верфи; графики проектирования и изготовления СТО; территориально-технологические графики формирования корпуса; графики проведения достроечных, механомонтажных, трубомонтажных, электромонтажных, регулировочно-наладочных работ и др.

Материально-техническая подготовка производства (МТПП) – совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих строительство судов нового проекта необходимыми материалами и комплектующими изделиями по межзаводской и межотраслевой кооперации в соответствии с заказными ведомостями и запланированной номенклатурой, объемами и сроками договорных поставок и выполнения собственных работ.

Техническое перевооружение и реконструкция предприятия (ТПР) к строительству судна нового проекта представляют собой совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих строительство судов нового проекта сооружениями, необходимыми площадями, коммуникациями, средствами технического перевооружения и подъемно-транспортным оборудованием.

Экономическая подготовка производства (ЭПП) – совокупность взаимосвязанных экономически эффективных процессов и решений, обеспечивающих сокращение сроков строительства судна, снижение трудовых и материальных затрат без ущерба качества продукции и сохранения заданных технико-экономических показателей.

Экономическую деятельность судостроительного предприятия характеризуют количеством произведенной за год продукции в стоимостном (ценовом) измерении. Готовую продукцию характеризует объем реализованной товарной продукции, в которую включают сданные заказчику суда. Общий объем производства судостроительного предприятия включает объемы работ, выполненные за год, как на сданных заказчику, так и на строящихся судах. Объемы работ по отдельным судам определяют на основе показателя продвижения технической готовности судна (в % от технологической трудоемкости строительства). Также характеристикой являются: число работающих, в том числе производственных и вспомогательных рабочих; удельный выпуск продукции в ценовом и в натуральном выражении (на одного работающего, на одного производственного рабочего); трудоемкость строительства судов в целом и на единицу измерения, в том числе на 1 т массы судна; капитальные вложения; срок окупаемости капитальных вложений.

В сложном процессе создания головных судов: исследование -проектирование – технологическая подготовка производства – производство приходится рассматривать значительное число вариантов проектирования и строительства из-за влияния многочисленных факторов. Выбор оптимального варианта зависит от уровня осуществления экономической подготовки.

Установление технико-экономической целесообразности строительства судна с учетом степени перспективности

и новизны основывается на расчете эффективности производства, заключающейся в анализе затрат по всем этапам строительства судна, начиная с его проектирования и заканчивая испытанием и сдачей в эксплуатацию.

Сроки и результаты строительства судов, эффективность использования финансовых и трудовых ресурсов в значительной степени зависят от трудоемкости и цены судна. Трудоемкость и цена судна нового проекта определяются проектантом на стадии технического проектирования по укрупненным нормативам с участием предприятия-строителя и заказчика и оформляются совместным протоколом. Цена головного судна ориентировочная и подлежит уточнению в процессе создания его по фактическим затратам. Для серийного судна определяются предприятием-строителем и согласовываются с заказчиком твердорасчетная трудоемкость и цена строительства.

Важным этапом ЭПП, помимо установления правильной цены судна, является определение сроков и источников финансирования работ по проектированию и строительству головного судна нового проекта.

Строительство головного судна требует тщательной оценки и экономического анализа для нахождения наиболее эффективных решений на всех стадиях его создания, в том числе и в рациональной организации подготовки производства. Так как в процессе конструкторской и технологической подготовки производства закладываются, в основном, все технико-экономические показатели нового судна, его надежность и долговечность, а на этапе организационной и материально-технической подготовки определяются способы и средства, обеспечивающие минимальную материало- и энергоемкость, трудоемкость и себестоимость строительства судна, то в этом проявляется связь экономической подготовки со всеми видами комплексной подготовки производства.

Экономическая подготовка производства в комплексной системе охватывает все виды подготовки производства на предприятии-строителе головного судна.

Социально-психологическая подготовка производства (СППП) – совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих полную социально-психологическую готовность предприятия-строителя к строительству судов нового проекта в установленные сроки, заданного уровня качества с минимальными трудовыми и материальными затратами.

Под социально-психологической готовностью понимают наличие на предприятии-строителе, в его подразделениях и службах благоприятного социально-психологического климата, обеспечивающего всестороннюю интенсификацию производства и повышение его эффективности на основе внедрения достижений научно-технического прогресса и научной организации труда путем воспитания серьезного отношения к труду и повышения роли человеческого фактора.

Подготовка кадров (ПК) – совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих строительство судов нового проекта необходимыми кадрами рабочих и инженерно-технических работников соответствующей квалификации. ПК является одной из важных организационно-технических задач по подготовке производства к строительству новых типов судов. Поэтому важное внимание уделяется правильному подбору и расстановке кадров, повышению деловитости и компетентности всех звеньев управления и ИТР.

Г Л А В А 2

1.2. ПЛАЗОВЫЕ РАБОТЫ В СУДОСТРОЕНИИ

2.1. Содержание плазовых работ

Большое количество плазовых построений выполняют в конструкторском бюро (КБ), а остальные работы – в плазово-технологическом отделе (бюро) судостроительного предприятия.

В настоящее время плазовые работы, в основном, автоматизированы. В отечественном и зарубежном судостроении разработаны и применяются системы автоматизированного проектирования судов (САПР), в составе которых имеются подсистемы, решающие плазовые задачи математическими методами на основе математических моделей формы и конструкции корпуса судна. Подсистемы содержат так называемые модули, каждый из которых решает определенную задачу.

В отечественном судостроении известны подсистемы АТОПС (автоматизированное технологическое обеспечение постройки судов), СИБОС (система бесплазового обеспечения постройки судов), ПЛАТЕР (плазово-технологические расчеты), САПС, РИТМ-Судно и другие. Из зарубежных систем в отечественном судостроении используют системы

FORAN, AVAVA MARINE (TRIBON), CATIA. Все системы и подсистемы решают идентичные задачи и выдают аналогичные результаты. Они различаются, в основном, используемым математическим аппаратом и алгоритмами решения задач.

Принципиальная структура модулей автоматизированной подсистемы плазовых работ, присущая большинству существующих САПР судов, содержит:

- базу данных (исходной информации: документация классификационного или техно-рабочего проекта судна, технологические требования предприятия-строителя, нормативные документы, используемые при проектировании и строительстве судна);

- математическую модель (систему математических уравнений, описывающих геометрию корпуса);

- математический метод (алгоритм) решения задачи;

- программы решения задачи;

- расчетные материалы и алгоритмы, выполняемые ПК для решения задач;

- результаты решения;

- графические и текстовые представления результатов решения, выполняемые печатающими устройствами (принтерами, плоттерами).

Плазовые работы включают:

- вычерчивание теоретической формы корпуса или плазовой разбивки (генерируются его теоретические обводы и вычерчивается **теоретический чертеж** – рис. 2.1);

- определение положения теоретических линий пазов, стыков наружной обшивки, поперечного и продольного набора (генерируются теоретические линии и вычерчивается практический корпус);

- определение контуров и размеров деталей корпуса;

- вычерчивание эскизов деталей с указанием размеров, необходимых для их изготовления;

- раскрой листового и профильного проката;
- изготовление разнообразных деревянных шаблонов, требуемых для выполнения разметки, резки, гибки деталей корпуса, а также для проверки обводов корпуса и сборочной технологической оснастки;
- составление таблиц размеров, расположения деталей, набора секций, корпуса в целом, штевней, оси валопровода и т. п.;
- высоты стоек или формы лекал постелей для сборки секций, положение теоретических линий набора размечаемых на полотнищах секций для установки набора, размеры секций, контуруемых в "чистый" размер;
- управляющие программы тепловой резки листового проката для машин с ЧПУ.

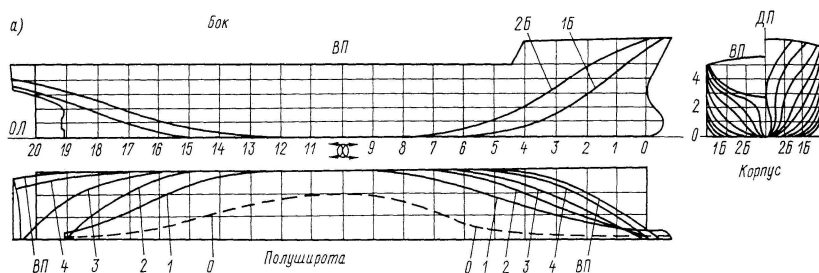


Рис. 2.1. Теоретический чертеж:
проекции: "бок", "полуширота", "корпус"

Исходными данными для генерирования теоретической формы корпуса служат главные размерения судна, их соотношения и проектные характеристики формы корпуса (коэффициенты полноты, погибь бимсов, седловатость палуб и другие). Кроме этого, форма корпуса может быть задана графически в виде теоретического чертежа, практического корпуса и таблиц ординат точек теоретических линий. Тогда математическая модель формы корпуса строится на основе чертежей

и таблиц путем сглаживания теоретических линий математическими методами с последующей их аппроксимацией уравнениями.

Разработанный теоретический чертеж корпуса судна по 20 теоретическим шпангоутам, служит основой для создания чертежа *"практический корпус"*. Практический корпус строится с учетом всех конструктивных шпангоутов, батоксов и ватерлиний. На него наносят пазы и стыки наружной обшивки корпуса, а также теоретические линии продольных конструктивных связей: палуб, платформ, настила двойного дна, днищевых и бортовых, ось валопровода, линии продольных ребер жесткости, поперечные сечения фундаментных балок и другие линии, необходимые для определения размеров деталей корпуса; надписывают номера шпангоутов, связей, обозначения пазов и стыков. *Пазами* называют линии сварных соединений продольных кромок листов между собой. Линии соединений кромок листов поперек корпуса называют *стыками*.

По теоретическому чертежу и практическому корпусу составляют таблицы ординат и разрабатывают чертеж *"растяжка наружной обшивки"* (рис. 2.2). На чертеже растяжки вычерчивают линии пазов, внутри– и межсекционных (монтажных) стыков, продольного и поперечного набора, наносят значения толщины листов наружной обшивки днища и борта.

Чертеж растяжки наружной обшивки представляет собой условную развертку поверхности корпуса на плоскость. Для ее построения на перпендикулярах к основной линии в точках практических шпангоутов откладывают длины растяжек шпангоутов между пазами, линии которых нанесены на практическом корпусе. Полученные точки пересечения пазов со шпангоутами соединяют плавными кривыми, которые разделяют наружную обшивку на поясья листов.

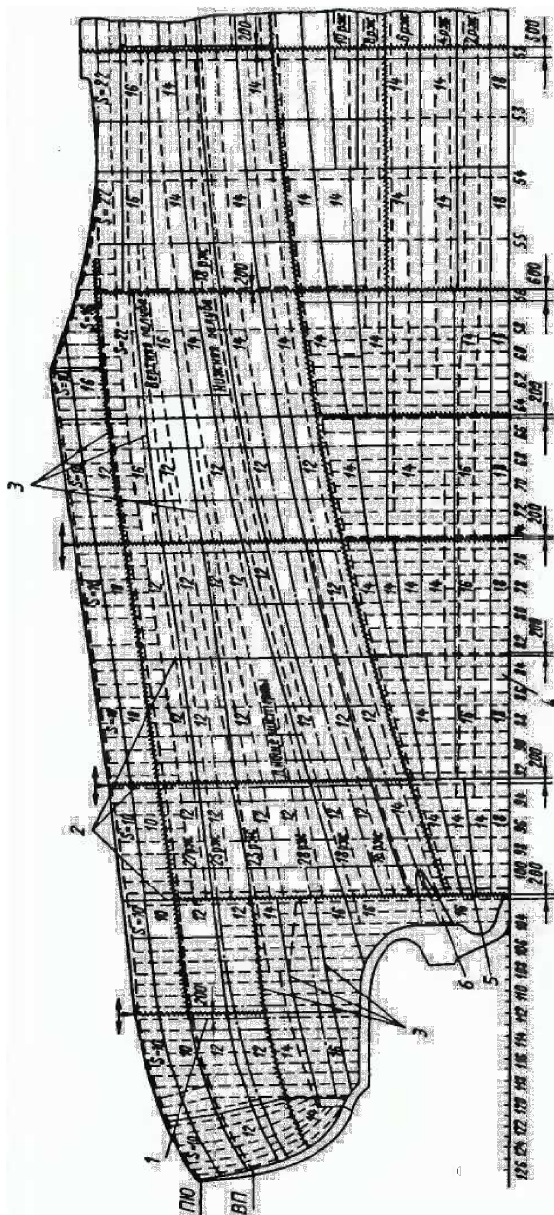


Рис. 2.2. Чертеж растяжки наружной обшивки

кормовой части корпуса судна:

1 – шпангоут; 2 – стыки листов; 3 – пазы листов; 4 – килевый пояс;

5 – потерянный пояс; 6 – выкружки гребного вала; ПЮ – палуба юта; ВП – верхняя палуба;

р.ж. – ребро жесткости

В связи с уменьшением полноты обводов в оконечностях два смежных пояса листов сужаются и переходят в один новый пояс. Образуется так называемый "потеряй": вместо двух поясьев в нос или в корму продолжается только один пояс, вместо трех – два (например, 5–7 поясья в районе 54 шпангоута на рис. 2.2).

Всю цифровую информацию о геометрии корпуса снимают с теоретического чертежа и чертежа практического корпуса и строят плазовую разбивку (рис. 2.3).

Плазовые построения обводов корпуса судна, их окончательное согласование называют *плазовой разбивкой*. Так же именуют и вычерченный на плазе чертеж, который в дальнейшем используют для выполнения плазовых работ и построений с целью передачи корпусным и некоторым другим цехам предприятия информации о контурах и размерах деталей корпуса, положении в пространстве различных связей и конструкций корпуса судна.

На плазовой разбивке показывают толщину листов и номера профилей, из которых изготовят металлические конструкции. Правила нанесения толщины листов и профилей относительно основных плоскостей проекций (ОП, ДП, ПМШ) регламентированы. Теоретическая линия проходит в соответствии с рис. 2.4 по той стороне листа, которая ближе к соответствующей основной плоскости. Теоретическая линия листов наружной обшивки проходит по их внутренней поверхности. Теоретические линии вертикального киля и продольной переборки, расположенной в ДП, находятся в ДП. Теоретическая линия симметричных замкнутых профилей совпадает с их осью. Теоретические линии вырезов люков и шахт проходят по внутренней поверхности их комингсов.

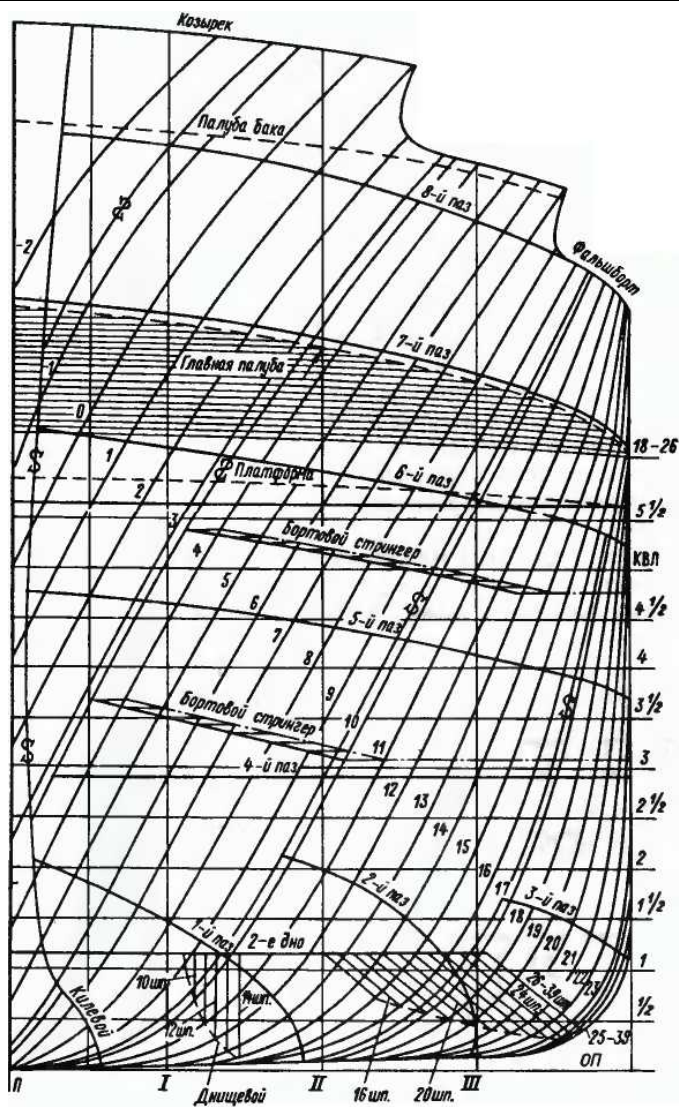


Рис. 2.3. Проекция "корпус" (носовая часть)
масштабной плазовой разбивки:

\$ – обозначение стыков наружной обшивки

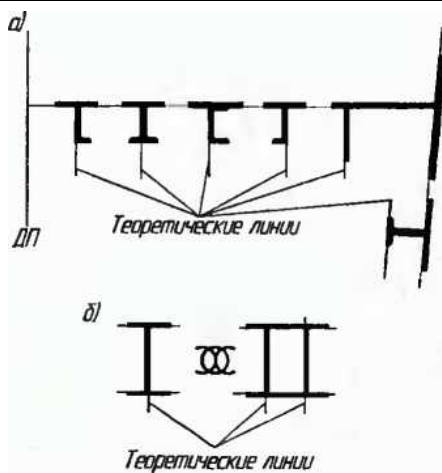


Рис. 2.4. Расположение толщины элементов конструкций относительно теоретических линий:

а – продольных элементов; *б* – поперечных элементов

Снимая размеры с практического корпуса, проектант фиксирует в табличной форме в натуральную величину абсциссы, ординаты и аппликаты всех точек пересечения ватерлиний и батоксов со шпангоутами, координаты точек формообразующих линий корпуса – штевней, мидель-шпангоута, пересечения палуб с бортом и др. Все координаты точек сводят в сборник, именуемый предварительной плазовой книгой. В ней приводятся также высоты второго дна, палуб, платформ, ярусов надстроек, расположение поперечных и продольных переборок, координаты точек пересечения со шпангоутами пазов наружной обшивки и теоретических линий продольного набора.

Раньше всю цифровую информацию о геометрии корпуса снимали с теоретического чертежа и чертежа практического корпуса линейкой. Плазовая разбивка в натуральную величину вычерчивалась карандашом в трех проекциях, на-

чиная с сеток, на специально подготовленном дощатом полу или на полу, покрытом фанерными щитами, а затем линии прорезались шилом или прочерчивались рейсфедером с краской. Для разбивки требовалось помещение весьма значительных размеров, кроме того, плазовые работы на натурном плазе были весьма трудоемки.

Позже вместо натурной стали применять масштабную плазовую разбивку, выполняя ее в масштабе 1:10 (иногда 1:5). Разбивку вычерчивали на окрашенных белой эмалью дюралюминиевых листах толщиной 4...10 мм, лежащих на столах. После окраски листов эмаль прошкуривали мелкозернистой наждачной бумагой до получения гладкой матовой поверхности.

В настоящее время для выполнения таких работ используют автоматизированные системы проектирования судов.

После нанесения линий всех конструктивных элементов плазовая разбивка считается законченной. Составляется окончательная плазовая книга, в таблицы которой заносят координаты точек поверхности корпуса по ватерлиниям и батоксам для всех практических шпангоутов, а также точек теоретических линий основных связей корпуса (палуб, платформ, второго дна, линий форштевня и ахтерштевня и т. п.). плазовая книга – важный отчетный документ; по ней при необходимости может быть воспроизведена без повторного согласования и сглаживания плазовая разбивка обводов корпуса судна. Плазовая книга хранится в архивах проектанта и предприятия-строителя судна.

Разбивка корпуса судна на строительные районы, блоки и секции имеет очень важное производственно-технологическое значение. При разбивке корпуса судна учитывают конструктивные особенности судна, технологические требования и производственные факторы предприятия-строителя судна.

К конструктивным особенностям относятся:

- главные размерения и форма корпуса;

- принятая система набора и особенности конструкции корпуса;

- расположение поперечных и продольных переборок;
- расположение и размеры вырезов.

Эта информация может быть получена с теоретического чертежа, чертежей общего расположения и мидель-шпангоута корпуса судна.

К производственным факторам относятся:

- тип построечного места;
- грузоподъемность кранового оборудования в сборочно-сварочном цехе и на построечном месте;
- габаритные размеры пролетов сборочно-сварочного цеха;
- размеры ворот сборочно-сварочного цеха;
- грузоподъемность транспортных средств для транспортировки корпусных конструкций к построечному месту;
- серийность строящихся судов.

Технологические требования включают:

- выделение максимально возможного числа секций с плоскими базовыми поверхностями, что позволит избежать использования специальной оснастки (постелей, кондукторов) и упростит технологию их изготовления;
- коэффициент использования листов-поясцев должен быть $\varphi \geq 0,9$, включая суммарный припуск;
- длина секций должна быть равна целому числу шпаций;
- соединение в одном месте не более двух деталей, а в монтажных узлах третья деталь должна находиться от них на расстоянии a – для средних и крупных судов $a = 200$ мм, для малых судов $a = 150$ мм;

Корпус судна разбивают на строительные районы, исходя из общности помещений, – район МКО, трюмов, носовая часть судна, жилые и служебные помещения в надстройке. Разбивку на блоки выполняют кольцевыми сечениями параллельно мидель-шпангоуту. В составе блока выделяют секции

по конструктивному назначению. За базовый размер блока по длине принимают длину самой тяжелой секции в блоке.

Трассировку пазов между секциями выполняют предпочтительно параллельно ДП. Разъемы в объемных и полубъемных секциях выполняют в разных плоскостях. В каждом случае это продиктовано технологической или экономической целесообразностью (например, проще установить секцию на построечном месте, нет необходимости детали небольших размеров разделять на две части и т. п.).

После выполнения разбивки корпуса судна на блоки и секции указывают точное расположение всех монтажных стыков и пазов относительно теоретических или контрольных линий судна. Выделенные секции показывают на соответствующих видах или планах.

Для обозначения секций применяют определенную цифровую систему, состоящую из трех-четырёх цифр. Первая цифра указывает на строительный район (например, 1 – район МКО, 2 – район трюмов, 4 – район надстройки), вторая – на конструктивную принадлежность секции (например, 0 – днищевая, 1 – бортовая, 2 – ВП), третья цифра – номер блока в данном строительном районе, третья-четвертая цифра – номер секции по конструктивной принадлежности в строительном районе или порядковый номер установки секции. Иногда используют сквозную нумерацию, но она не очень удобна для использования в производстве.

Для строительства корпусов судов различных размеров применяют листовой прокат из низколегированных и углеродистых сталей толщиной от 4 до 50 мм и длиной 6, 8, 10, 12 и 16 м.

В зависимости от ширины и массы днищевой секции ее можно изготавливать по трем вариантам:

1-й вариант – от борта до борта;

2-й вариант – от борта до вертикального киля (рис. 2.5);

3-й вариант – средняя и две скуловые части (рис. 2.6).

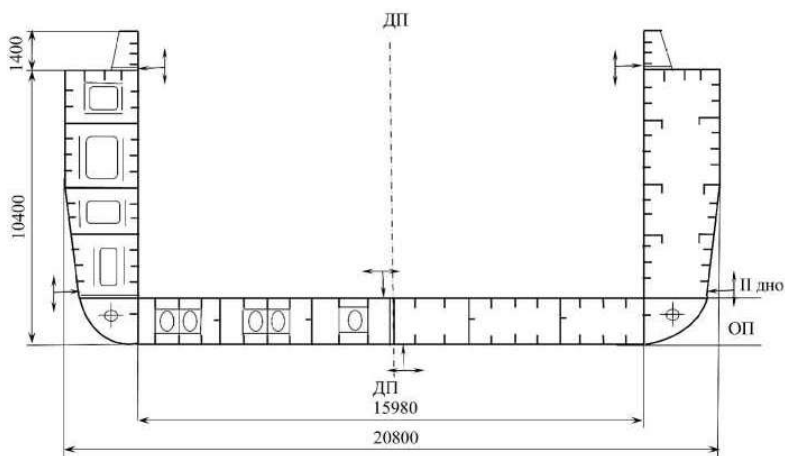


Рис. 2.5. Разбивка днищевой секции на две части в районе вертикального киля

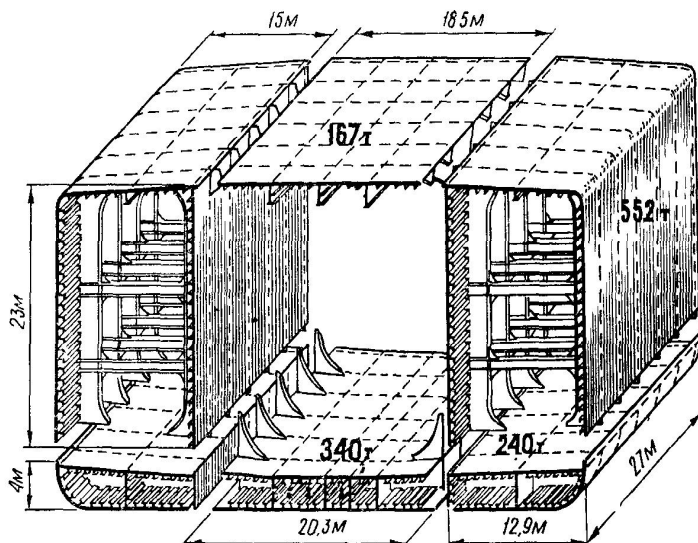


Рис. 2.6. Разбивка корпуса судна на танкера "Крым" на секции в районе танков.

Блок секций размером $27 \times 27 \times 48.5$ м весит 2091 т

2.2. Определение формы и размеров деталей

Чтобы изготовить деталь, необходимо иметь представление о ее форме и знать размеры всех ее элементов. Чертежи, необходимые для изготовления деталей корпуса судна, проектные организации не разрабатывают. Измерить все необходимые для ее изготовления размеры и задать точную форму детали по рабочим чертежам невозможно из-за масштабных погрешностей. В спецификациях к рабочим чертежам указаны толщины листовых деталей и размеры описанного вокруг детали прямоугольника, номер профиля, из которого будет изготовлена профильная деталь, и ее длина в развернутом виде. Для книц, если они есть, указаны габаритные размеры и размер фланца. Форму и размеры конструктивных элементов деталей, как правило, приводят в "Альбомах типовых узлов корпусных конструкций".

Для определения точной формы деталей корпуса судна и их размеров используют графические методы на базе плазовой разбивки. Форму и размеры деталей корпуса определяют, в основном, по проекции "корпус" плазовой разбивки. Проекция "бок" и "полуширота" используют для уточнения размеров штевней, фундаментов и других конструкций, а также выполнения вспомогательных построений.

В современных условиях основной объем **плазово-технологической подготовки производства** (ПТПП) выполняют на судостроительных предприятиях с использованием информационных технологий. Определение формы и размеров деталей выполняют на электронной вычислительной машине (ЭВМ) путем моделирования графических методов. Однако для разработки аналитических методов ПТПП, реализуемых на ЭВМ, специалисту-кораблестроителю необходимо знать графические методы и иметь навыки работы с плазовым корпусом.

В зависимости от способа определения формы и размеров все детали корпуса могут быть разделены на пять групп.

1. Детали, формы и размеры которых полностью заданы чертежом (прямоугольные листовые детали, кницы, полки фундаментов, пиллерсы и т.п.).

2. Плоские детали, расположенные в плоскостях шпангоутов и изображенные на проекции "корпус" плазовой разбивки без искажения.

3. Плоские детали, которые расположены вдоль судна. Здесь имеют место два случая: а) плоскость детали перпендикулярна плоскости мидель-шпангоута (ПМШ); б) плоскость детали наклонена к ПМШ. В первом случае деталь изображается на проекции "корпус" одной прямой линией, во втором случае – несколькими параллельными прямыми – по следам сечения с плоскостями шпангоутов.

4. Гнутые детали, форму и размеры плоской заготовки которых получают теоретически точными способами развертывания на плоскость. Различают следующие случаи: а) детали со сломом, то есть такие, которые состоят из двух или нескольких плоских частей; б) детали цилиндрической формы; в) детали конической формы.

5. Детали двойной кривизны (в том числе веерной формы), форму и размеры плоской заготовки которых получают приближенной разверткой деталей на плоскость, поскольку теоретически такие поверхности не разворачиваются.

Для каждой детали корпуса судна или ее заготовки на плазе разрабатывают эскиз. Во время вычерчивания эскизов деталей вручную соблюдение масштаба не требуется. На эскизах наносят размеры детали, ориентировочные надписи (верх, низ, нос, корма, борт, к ДП и др.), вид обработки кромок под сварку, размеры припусков и маркировку, которые должны быть на детали после ее изготовления.

2. 2. Определение формы и размеров деталей

Форму и размеры деталей **второй группы** определяют непосредственным измерением расстояний между теоретическими линиями с учетом расположения толщин листовых и профильных деталей относительно этих линий. Так, длина флора (рис. 2.7), которая измерена от ДП до обшивки, должна быть уменьшена на половину толщины вертикального киля. Кроме контуров деталей также определяют расстояние между вырезами для прохождения продольного набора, места шпигатов и голубниц под сварные швы и т. п. По чертежу секции находят величину срезов в углах, расположение и размеры облегчающих вырезов, места и характер обработки кромок под сварку и др.

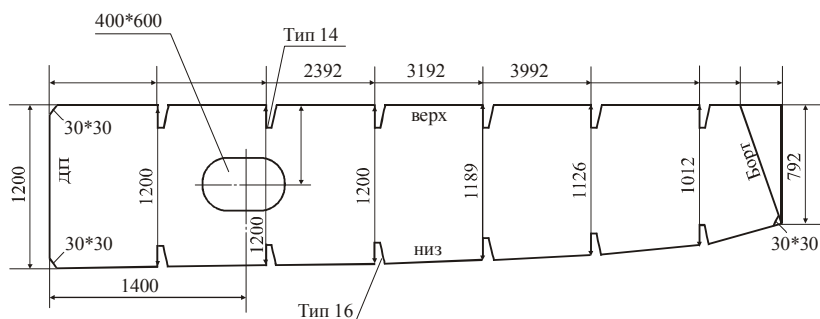


Рис. 2.7. Эскиз флора

Форму и размеры деталей **третьей группы** определяют построением. В этом случае определяют истинную длину прямых и кривых линий, расположенных вдоль корпуса судна. Эта длина называется **растяжкой** (Р). Задачи определения длины продольных линий возникают при разворачивании на плоскость листов наружной обшивки корпуса судна и стрингеров, определении длины пазов и продольных ребер жесткости, построении усеченного каркаса и др.

Длина линий, расположенных в ПМШ или параллельно ей, может быть определена непосредственно на проекции "корпус". Для этого кривую линию огибают рейкой и наносят на нее засечки в необходимых точках (рис. 2.8). После разгибания рейки получают длину линии между засечками. Для определения длины пространственной кривой необходимо построить растяжку этой линии. Например, на части поверхности корпуса между 23 и 27-м шпангоутами проходит линия *abcde* (рис. 2.9,*а*). Расстояние между точками сечения указанной линии со шпангоутами на проекции "корпус" по дуге называют **прогрессами** и обозначают буквой "П". Для построения растяжки этой линии строят координатную сетку с расстояниями между вертикальными линиями, равными практической шпации (Ш) в данном районе судна (см. рис. 2.9,*б*). На вертикальных линиях, которые отвечают шпангоутам, откладывают прогрессы.

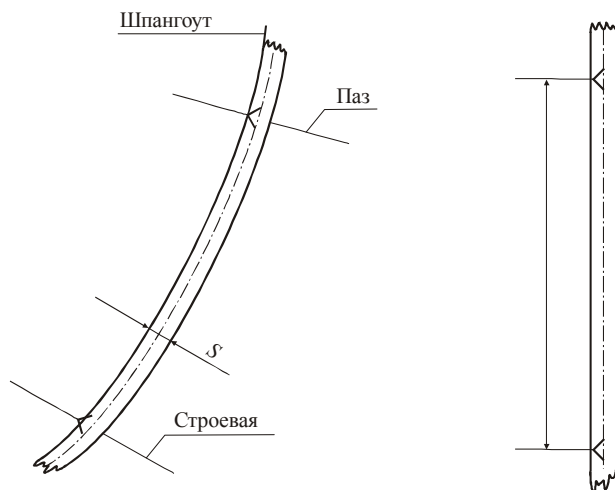


Рис. 2.8. Определение длины шпангоута
от строевой линии к пазу:
 S – толщина рейки

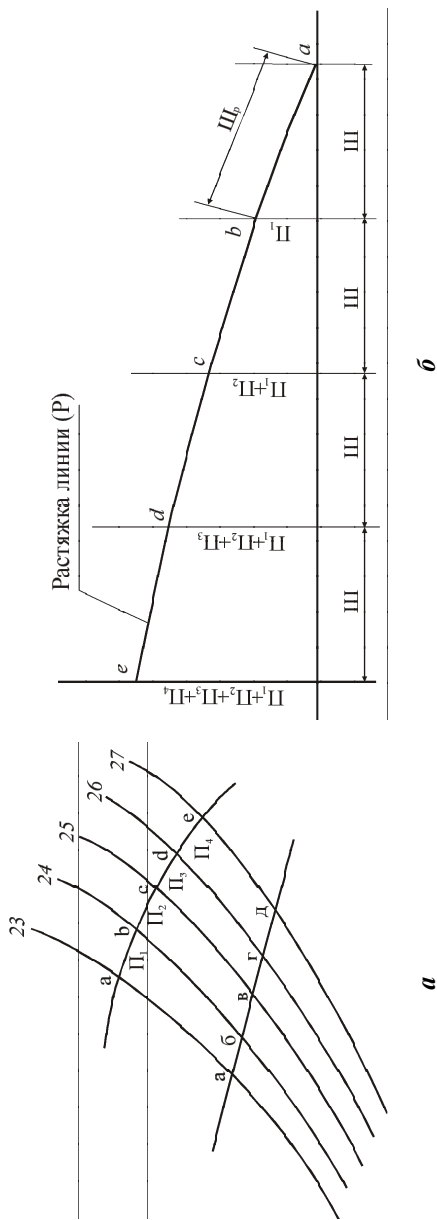


Рис. 2.9. Растяжка продольной линии:
а – проекция корпуса; б – растяжка линии

Прогрессы измеряют гибкой металлической линейкой или гибкой деревянной рейкой, огибая ее по линии $abcde$, на которой карандашом отмечают положение точек a, b, c, d, e . Прогрессы из распрямленных линейек или реек откладывают на шпангоутах от основания сетки (см. рис. 2.9,б). Замеры прогрессов выполняют с выпуклой стороны линий. Соединив плавной кривой точки a, b, c, d и e на сетке, получим растяжку продольной линии $abcde$. Части между шпангоутами на растяжке называют *растянутой шпацией* (РШ). Таким же образом можно определить истинную длину линии, которая проецируется на проекцию "корпус" в виде прямой $abvcd$.

Поскольку рейка, измеряющая длину растяжки, согнута незначительно, поэтому длину кривой в каждой шпации приближенно можно считать равной длине хорды. Тогда растяжка

в каждой шпации определяется по формуле $РШ = \sqrt{\Pi^2 + \Pi^2}$.

Рассмотрим определение формы и размеров плоского стрингера, например, между 6 и 9-м шпангоутами (рис. 2.10). Как правило, стыки деталей находятся от шпангоутов на $1/4 \dots 1/5$ длины шпации, но для упрощения построений считаем, что стыки стрингера совпадают с плоскостями шпангоутов. На рис. 2.10,а стрингер, перпендикулярный ПМШ, проецируется в виде прямой линии и является деталью третьей группы. Для развертки на плоскость стрингера прочертим перпендикулярно к нему, приблизительно посередине, вспомогательную линию – строевую. Форма строевой на развертке определяется ее построением на проекции "корпус". В данном случае строевой является линия пересечения двух плоскостей.

Для определения формы и размеров стрингера построим сетку: прочертим строевую и перпендикуляры к ней на расстоянии практической шпации друг от друга. На перпендикулярах отложим расстояния от строевой до верхней $l_{\text{в}}^i$ и нижней $l_{\text{н}}^i$ кромок стрингера по каждому шпангоуту. Полученные точки соединим прямой или плавной кривой линиями (см. рис. 2.10,а).

2. 2. Определение формы и размеров деталей

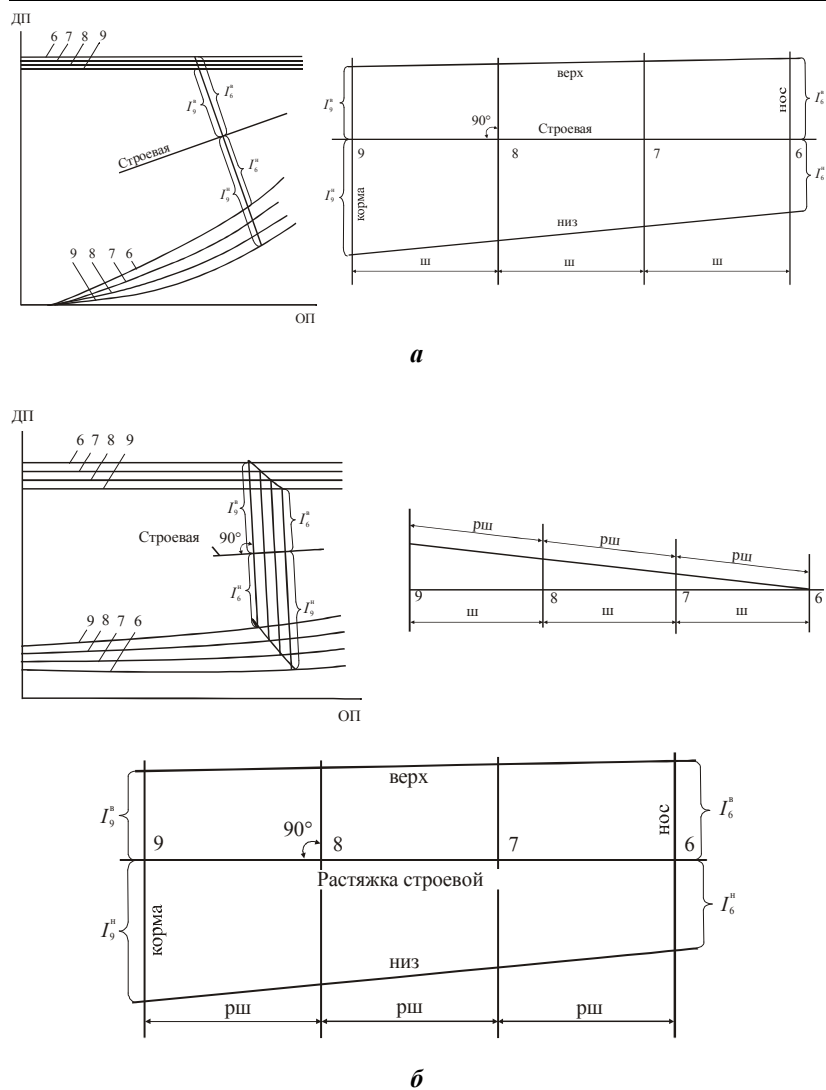


Рис. 2.10. Определение формы и размеров плоского стрингера:

а – стрингер, перпендикулярный плоскости мидель-шпангоута;

б – стрингер, наклоненный к плоскости мидель-шпангоута

Для стрингера, который наклонен к ПМШ (см. рис. 2.10,б), построения аналогичные. Но предварительно необходимо построить растяжку строевой, а следы шпангоутов на сетке прочертить друг от друга на расстояниях, равных растянутой шпации РШ.

Форму и размеры плоских заготовок деталей **четвертой группы** определяют построением их разверток методами начертательной геометрии. Например, для построения развертки листовой детали наружной обшивки корпуса судна цилиндрической формы ее разворачивают на плоскость, разгибая две симметричные части поверхности относительно образующей, построенной в средней части детали.

Форму и размеры плоских заготовок деталей **пятой группы** определяют приближенными методами, потому что поверхности двойной кривизны не могут быть развернуты на плоскость геометрически точными способами. Для придания плоской заготовке формы детали двойной кривизны ее гнут. При этом одни волокна необходимо растягивать, а другие сжимать. Но кривизна деталей корпуса судна небольшая, поэтому часто этими деформациями можно пренебречь. Если кривизна детали значительная, то геометрическую развертку необходимо корректировать исходя из ожидаемой величины пластических деформаций.

Одной из наиболее сложных работ в ПТПП является развертка деталей двойной кривизны. Для этого используют разные методы: Егорова-Воробьева, геодезической линии, Челнокова, диагональный и др. Рассмотрим развертку листа наружной обшивки в районе 70...77 шп. (рис. 2.11) наиболее простым методом Егорова-Воробьева.

Развертку листов двойной кривизны выполняют по проекции "корпус". Определяют начальный шпангоут, за который принимают средний. Если число шпангоутов парное,

2. 2. Определение формы и размеров деталей

то за начальный принимают один из двух средних. К среднему 74-му шпангоуту параллельно хорде, которая соединяющей пазовые точки, наносят касательную и находят точку касания со шпангоутом. В точке касания перпендикулярно к касательной вычерчивают нормаль, которая пересекает все шпангоуты разворачиваемой детали. Измеряют отклонения k_v и k_n начального шпангоута от касательной на проекции "корпус". Потом приведенным выше способом строят координатную сетку и на ней растяжки нормали (строевой) $P_{стр}$, верхнего $P_{вп}$ и нижнего $P_{нп}$ пазов (рис. 2.12).

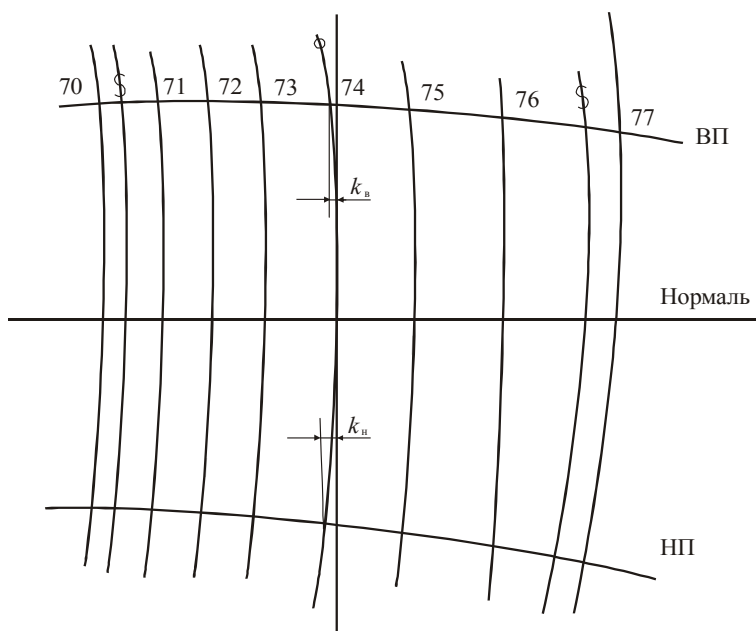


Рис. 2.11. Построение нормали и касательной к шпангоуту на проекции "корпус":

ВП – верхний паз; НП – нижний паз; k_v , k_n – отклонения пазовых точек начального шпангоута от касательной на проекции "корпус" для ВП и НП соответственно; S – стык

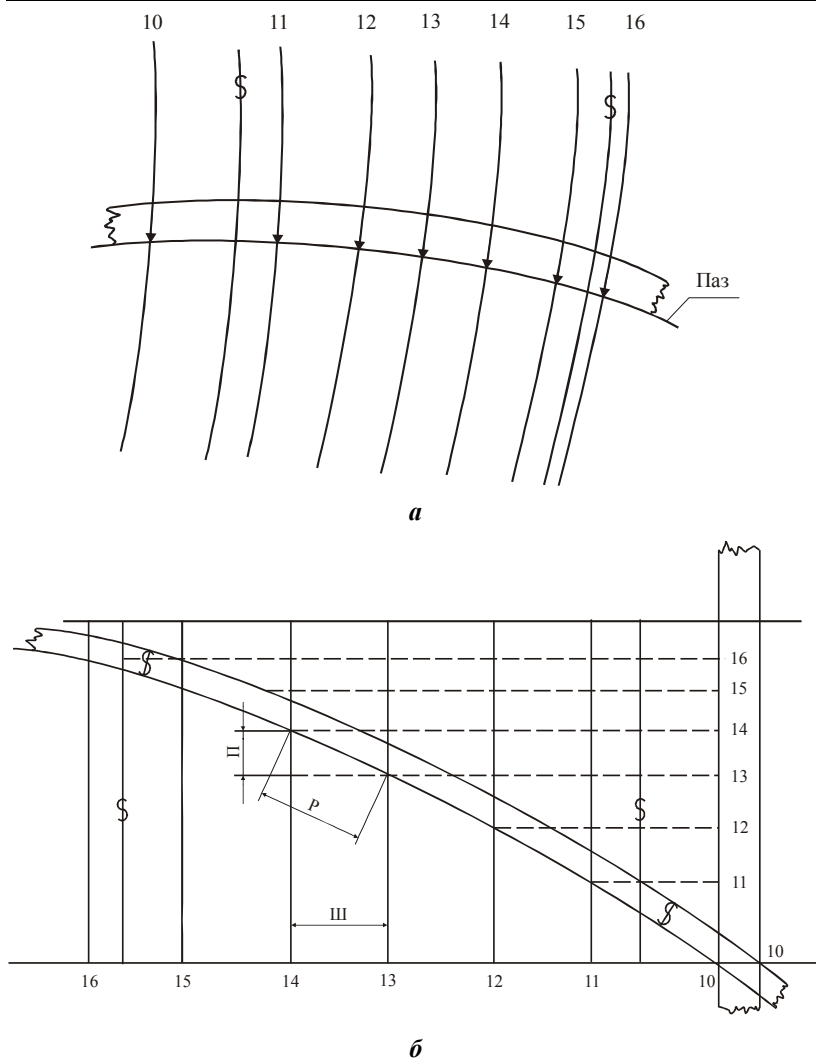


Рис. 2.12. Построение растяжек строевой,
верхнего и нижнего пазов:
a – снятие на рейку прогрессов одного из пазов;
б – построение растяжки паза

Построение развертки листа начинается с вычерчивания двух взаимно перпендикулярных линий – нормали к начальному шпангоуту и касательной к нему (рис. 2.13). В методе Егорова-Воробьева строевая на проекции "корпус" является прямой линией и совпадает с нормалью к начальному шпангоуту. Это значительно упрощает развертку листа с несущественными погрешностями. На вычерченной нормали от точки ее пересечения с касательной в нос и корму откладывают растяжки строевой и обозначают на ней полученные точки шпангоутов. Шпангоуты на развертке проецируются в натуральную величину, поэтому их переносят на нее с проекции "корпус" с помощью гибкой линейки или рейки, огибая шпангоуты на проекции "корпус", и обозначают точки сечения их с нормалью и пазы. На спрямленной линейке (рейке) циркулем на каждом шпангоуте замеряют расстояние от нормали до верхнего и нижнего пазов. Из полученных на построенных линиях точек шпангоутов циркулем прочерчивают дуги, на которых во время дальнейших построений будут располагаться пазовые точки шпангоутов.

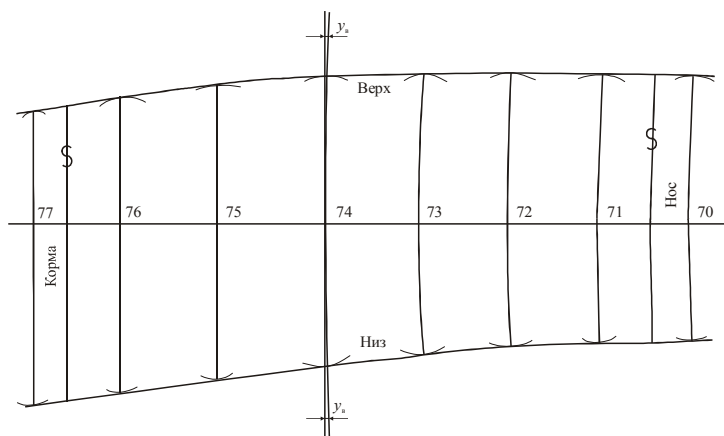


Рис. 2.13. Построение развертки листа наружной обшивки

Радиус, которым прочерчивается дуга, должен быть равен расстоянию, снятому с линейки (рейки), от нормали до верхнего или нижнего паза соответствующего шпангоута.

Отклонения пазовых точек начального шпангоута рассчитываются по формулам:

$$y_{\text{в}} = k_{\text{в}} \cdot \frac{П_1 + П_2}{P_1 + P_2}, \quad y_{\text{н}} = k_{\text{н}} \cdot \frac{П_1 + П_2}{P_1 + P_2},$$

где $k_{\text{в}}$, $k_{\text{н}}$ – отклонения пазовых точек начального шпангоута от касательной на проекции "корпус" для верхнего и нижнего пазов соответственно; $П_1$, $П_2$, P_1 , P_2 – длина прогрессов по строевой на проекции "корпус" и растяжки строевой в шпациях, смежных с начальным шпангоутом, соответственно.

Для построения начального шпангоута на развертке листа (см. рис. 2.13) параллельно касательной вычерчиваем линии на расстоянии $y_{\text{в}}$ и $y_{\text{н}}$ до пересечения с начерченными ранее дугами. Пересечение этих линий с дугами определяют пазовые точки начального шпангоута. Нужно учитывать, что отклонение начального шпангоута от касательной на развертке листа до носовых или кормовых шпангоутов должно быть в ту же сторону, что и на проекции "корпус" (на рис. 2.11 и 2.13 отклонение начального шпангоута к 70 шпангоуту).

Размеры верхнего и нижнего пазов определяются по их растяжкам (см. рис. 2.9). Гибкой линейкой (рейкой) огибают растяжку верхнего паза и карандашом намечают точки сечения со шпангоутами. Пазовую точку верхнего паза начального шпангоута, обозначенную на линейке (рейке), совмещают с полученной ранее точкой на дуге, а потом линейку сгибают таким образом, чтобы обозначенные на ней пазовые точки шпангоутов совпали с дугами соответствующих шпангоу-

тов. На дугах шпангоутов обозначают точки и соединяют их плавной кривой не убирая линейку.

Для построения верхнего паза можно также воспользоваться циркулем. С распрямленной линейки (рейки) циркулем снимают растяжки верхнего паза между сопредельными шпангоутами. Из пазовой точки на дуге начального шпангоута радиусом, равным растяжке между начальным и смежными шпангоутами, делают засечку на дуге соседнего шпангоута. Таким же образом последовательно определяют пазовые точки на каждом шпангоуте. Потом эти точки соединяют плавной кривой. Аналогично строят нижний паз. Точки верхнего и нижнего пазов и на строевой соединяют плавной кривой (см. рис. 2.13), получая линии шпангоутов.

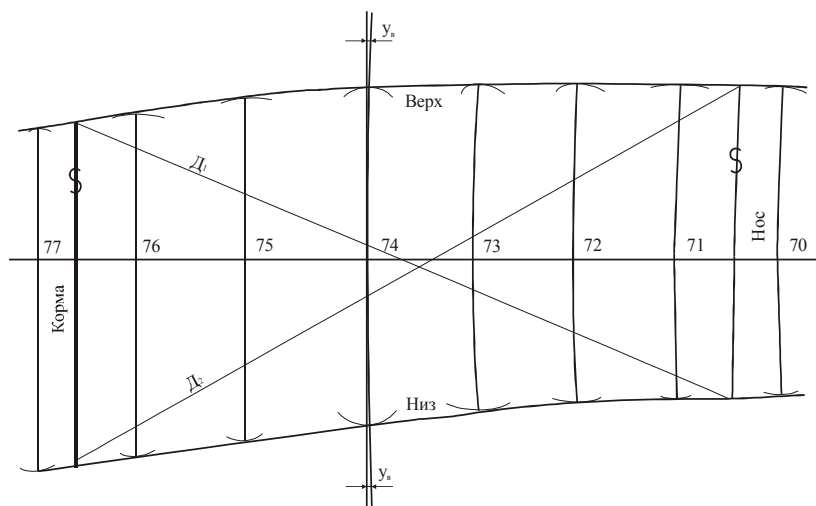
Проверку правильности построения развернутого листа проверяют с помощью диагонали. Для упрощения выполнения проверочной работы будем считать, что лист ограничен крайними шпангоутами. **Первый способ** – на развернутом листе соединяют прямой линией (диагональю) пазовые точки крайних шпангоутов (рис. 2.14,*а*). Эту диагональ переносят на проекцию "корпус" (см. рис. 2.14,*б*), учитывая, что длины шпангоутов на этой проекции и развернутом листе имеют одинаковые размеры. Диагональ, построенная на проекции "корпус", будет иметь изогнутую форму. По прогрессам этой диагонали строят растяжку. На гибкую линейку (рейку) переносят построенную растяжку диагонали и прикладывают к диагонали, которая начерчена на развернутом листе. Несовпадение размеров построенной растяжки диагонали и диагонали, начерченной на развернутом листе, в масштабе 1:10 не должно превышать 1 мм. **Второй способ** – на проекции "корпус" соединяют прямой линией (диагональю) пазовые точки крайних шпангоутов и по прогрессам строят ее растяжку. Диагональ с проекции "корпус"

переносят на развернутый лист. Диагональ, построенная на развернутом листе, будет иметь изогнутую форму. На гибкую линейку (рейку) переносят построенную растяжку диагонали с проекции "корпус" и прикладывают к диагонали на развернутом листе. Несовпадение размеров построенной растяжки диагонали и диагонали на развернутом листе в масштабе 1:10 не должно превышать 1 мм. Совпадение размеров диагонали на развернутом листе и ее растяжки свидетельствует о том, что построение выполнено верно.

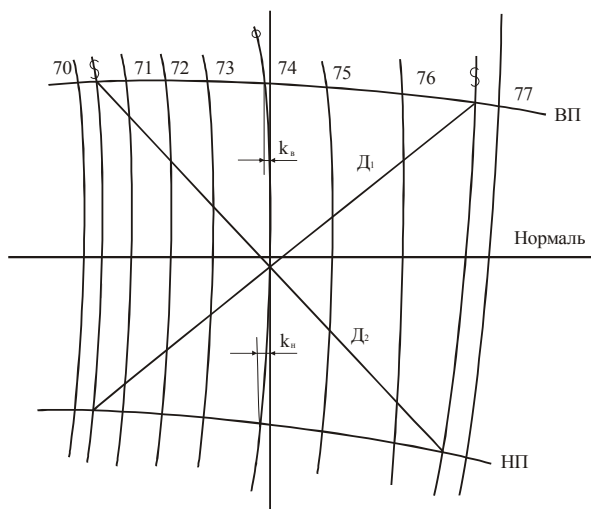
Для проверки точности изготовления листов двойной кривизны (с продольным и поперечным изгибами) используют каркасы, состоящие из отдельных поперечных шаблонов, которые воссоздают внутреннюю поверхность гнутого листа. Если основа каркаса совпадает с плоскостью, параллельной одной из основных плоскостей (ОП или ДП), для гнутых листов носовой и кормовой частей корпуса судна один из крайних шаблонов имеет достаточно большую высоту. Поэтому для удобства во время использования и хранения каркаса, уменьшения количества материалов, потраченных на его изготовление, делают усеченный каркас. Это осуществляется за счет наклона плоскости основания каркаса к листу.

В качестве примера построим усеченный каркас для проверки формы листа наружной обшивки, который расположен между 165 и 172-м шпангоутами (рис. 2.15, *а*). На части плазового корпуса за базовый примем один из средних шпангоутов (169-й). Через его пазовые точки построим хорду и параллельно ей – касательную к этому шпангоуту. В точке касания перпендикулярно касательной начертим контрольную линию, которая является следом контрольной плоскости, пересекающей все шпангоуты.

2. 2. Определение формы и размеров деталей



a

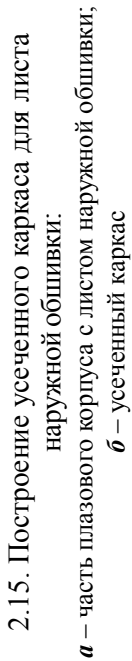


б

Рис. 2.14. Проверка правильности построения развертки листа с помощью диагоналей

Строим контур шаблонов для крайних сечений каркаса (см. рис. 2.15,б). Для этих шаблонов вычерчиваем основания, перпендикулярные контрольной линии. Нужно учитывать, что минимальная высота торца шаблона должна быть не менее чем 250... 300 мм. По следу 172-го шпангоута от верхнего и нижнего пазов соответственно наружу откладываем по 50 мм (отстояние кромки шаблона от паза). Получаем точки a и d . Из этих точек параллельно контрольной вычерчиваем линии, являющиеся боковыми кромками шаблона. От одной из этих точек (в данном примере от точки a) откладываем минимальную высоту шаблона, равную 250 мм. Через полученную точку в перпендикулярно боковым кромкам или контрольной линии вычерчиваем основание строящегося шаблона. Построенная фигура $abcd$ является контуром шаблона для крайнего 172-го шпангоута. Аналогично строим шаблон для другого крайнего сечения 165-го шпангоута. Минимальная высота шаблона в данном примере откладывается от точки e . Полученная фигура $efmg$ является шаблоном для крайнего 165-го шпангоута.

Соединив угловые точки оснований построенных крайних шаблонов, получаем проекцию основания $bmfc$ усеченного каркаса. Отрезок lk контрольной линии, ограниченный основаниями крайних шаблонов, разделяем на равные части, число которых равно числу шпаций между 165-м и 172-м шпангоутами. Через полученные на контрольной линии точки (p, r, h, u, t, n) вычерчиваем прямые линии, параллельные основаниям крайних шаблонов, до пересечения с линиями cf и bm . Эти прямые линии являются основаниями промежуточных шаблонов. Из полученных точек сечения вычерчиваем линии, параллельные боковым кромкам шаблонов или контрольной, до пересечения с соответствующим шпангоутом.



Этими построениями определяем контуры шаблонов на каждом шпангоуте. Необходимо, чтобы верхние угловые точки всех построенных шаблонов располагались не ближе чем на 50 мм от пазов. Если окажется, что это расстояние меньше 50 мм, в таком случае нужно отдалить от пазов верхние угловые точки на крайних шаблонах на большее расстояние и перестроить каркас.

Далее необходимо определить длину основания каркаса, которая равна растяжке контрольной линии между шаблонами крайних шпангоутов, и угол наклона шаблонов каркаса к плоскости его основания. Для этого строим координатную сетку с нормальной шпацией в том же масштабе, в котором выполнен плазовый корпус.

Учитывая, что основание каркаса плоское и шпация одинаковая, растяжка контрольной линии будет прямой линией. Поэтому на ближайшем к мидель-шпангоуту перпендикуляре (в нашем примере на 165-м шпангоуте) откладываем расстояние lk между крайними шаблонами каркаса (рис. 2.16). Соединим полученные точки k и l прямой линией. Прямая kl является растяжкой контрольной линии, которая равна длине каркаса по основанию.

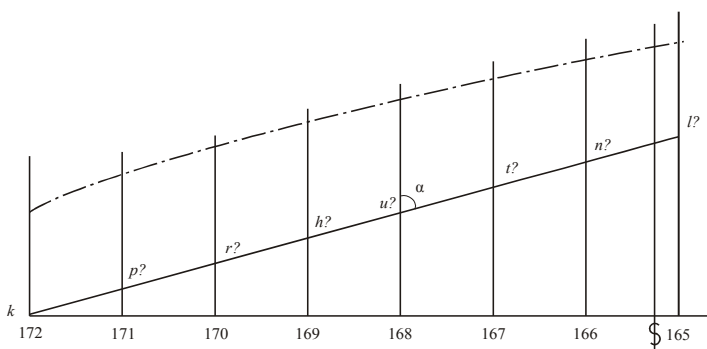


Рис. 2.16. Построение растяжки контрольной линии усеченного каркаса

Угол α между перпендикулярами и растяжкой контрольной линии является углом наклона шаблонов к основанию каркаса. Для обычных обводов корпуса судна шаблоны усеченных каркасов должны быть наклонены к мидель-шпангоуту. Штрихпунктирной линией изображен след пересечения контрольной плоскости с лекальной поверхностью каркаса.

Угол и растяжка контрольной линии рассчитываются по формулам

$$\alpha = \arctg \frac{\Pi}{\Pi} ; P = \sqrt{\Pi^2 + \Pi^2} ,$$

где Π – нормальная шпация; Π – проекция контрольной линии данной шпации.

На рис.2.17 показано расположение шаблонов на усеченном каркасе и угол их наклона к основанию.

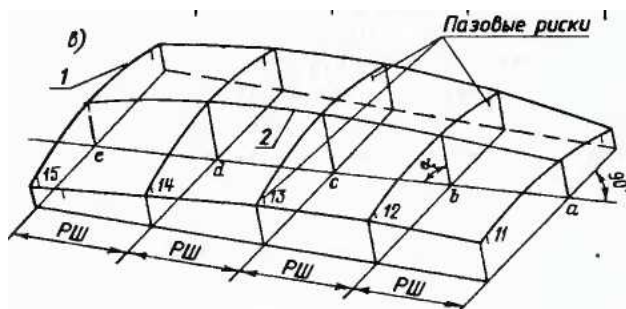


Рис. 2.17. Расположение шаблонов на усеченном каркасе:

1 – поперечный шаблон; 2 – продольный шаблон

В автоматизированных системах проектирования и технологической подготовки производства для определения форм и размеров деталей используются четыре основных метода:

1. Развертка листов наружной обшивки.
2. Автоматическое определение размеров и формы деталей с использованием модели конструкции.

3. Геометрические построения в интерактивном режиме по чертежам и эскизам.

4. Деталировка с использованием библиотеки типовых деталей.

Перечисленные методы используются в зависимости от информационного наполнения процессов технологической подготовки производства, а также в зависимости от положения детали в составе конструкции корпуса судна.

Детали наружной обшивки рассчитываются с помощью специальных программных средств, выполняющих развертку заданного участка поверхности на плоскость. Для деталей цилиндрической и конической формы расчеты сводятся к определению длины опорных линий и их взаимного расположения на плоскости. Для деталей парусообразной или седлообразной форм используются специальные алгоритмы, которые дают приближенную развертку с учетом деформаций текучести. Для этого трехмерная модель листовой детали, сохраненная в базе данных, выводится на экран. Потом разбивается на трасы, и далее выполняется автоматическая развертка листа на плоскость, обозначая места установки шаблонов для проверки правильности гибки.

Автоматическая деталировка на основе модели конструкции используется при полном насыщении модели технологической информацией. Эту возможность предоставляют лишь некоторые автоматизированные системы (AVEVA MARINE, FORAN, CATIA).

Библиотека типовых деталей представляет собой множество процедур параметрического описания деталей, которые наиболее часто используются в составе конструкций корпуса судна. К таким деталям относятся кницы, бракетки, полосы, а также другие детали, по форме, соответствующей типовой. Для формирования модели детали достаточно

выбрать соответствующую форму из библиотеки деталей и задать значения параметров.

Метод графических построений используют в том случае, если деталь невозможно описать с помощью типовой формы. Для этого в автоматизированной системе предусмотрены графические элементы, к которым относятся точки, прямые, отрезки, окружности, дуги, сплайны. Формирование основных контуров и вырезов деталей происходит разбивкой детали на графические элементы и созданием их в автоматизированной системе. После этого модель детали сохраняют в базе данных.

2.3. Плазовое обеспечение корпусостроительных работ

Проектант судна выпускает и передает предприятию-строителю рабочие сборочные чертежи корпусных конструкций. В спецификациях к рабочим сборочным чертежам указывают толщины листовых деталей или размеры сечений длинных полос, номера профилей деталей набора, размеры простейших книц, вырезов для прохода ребер жесткости (из альбомов типовых узлов корпусных конструкций). Для этого используют созданные в автоматизированной системе 3D модели корпусных конструкций (рис.2.18) и корпуса в целом.

Для сборочно-сварочного цеха, занятого изготовлением узлов, секций, блоков секций корпуса, разрабатывают геометрическую и табличную информацию, необходимую для изготовления продукции цеха и технологической оснастки, используемой цехом (например, сборочных постелей и кондукторов), в частности, эскизы для проверки размеров секций, разметки мест установки набора, вырезов и деталей насыщения, а также эскизы, шаблоны и таблицы для контуровки секций. Кроме того, плазовые работы включают разработку шаблонов (рис. 2.19), каркасов (2.20) или эскизов с таблицами

для изготовления лекал сборочных постелей и настройки стоек универсальных постелей.

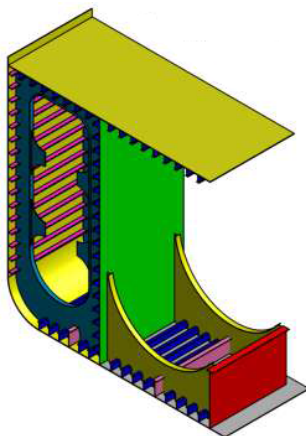


Рис.2.18. Модель части корпуса судна
в автоматизированной системе

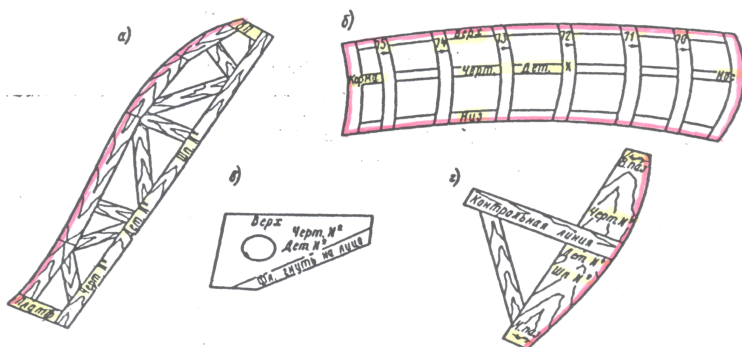


Рис. 2.19. Шаблоны различного назначения:

- а** – из досок для контроля формы шпангоута при гибке; **б** – из фанерных планок для разметки контура листа наружной обшивки после гибки;
- в** – фанерный (или дюралюминиевый) для разметки контура книц;
- г** – из досок для проверки поперечной погиби листа наружной обшивки при гибке

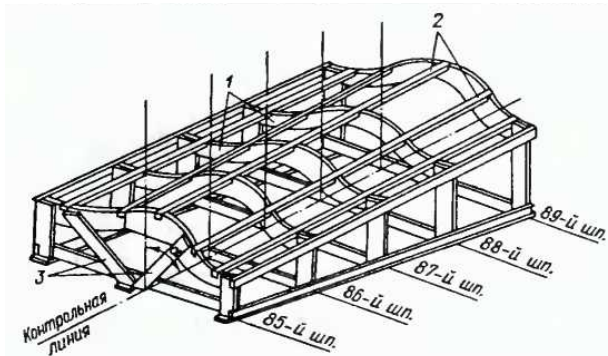


Рис. 2.20. Каркас для контроля гибки листа выкружки:
1 – поперечный шаблон; 2 – расшивины; 3 – раскосные планки

Для сборки корпуса судна на стапеле плаз разрабатывает эскизы и таблицы, характеризующие форму деревянных подушек опорных устройств, расположение устанавливаемых секций относительно базовых плоскостей судна, эскизы и шаблоны для проверки обводов корпуса судна и нанесения марок углубления, а также данные для разметки и проверки положения оси валопровода, для установки фундаментов и т. п. Таким образом, выдаются все данные, необходимые для выполнения разметочных и проверочных работ при изготовлении корпусных конструкций и формировании корпуса судна.

Г Л А В А 3

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ КОРПУСА СУДНА

3.1. Общая характеристика корпусообрабатывающего производства

Корпуса современных стальных судов состоят из деталей, изготовленных из листового и профильного проката, и отличаются материалом, формой и размерами. Их количество для транспортных судов составляет десятки тысяч, а для сложных или крупнотоннажных – свыше сотен тысяч. Для корпусов транспортных судов листовые детали из стали составляют 85...90 % массы всех деталей, из них детали длиной до 1 м – до 12 % по массе и до 75 % по количеству. Приблизительно треть листовых деталей изготавливается с обработкой кромок.

Изготовление деталей относится к корпусообрабатывающему производству и осуществляется в корпусообрабатывающем цехе верфи. Трудоемкость изготовления деталей в зависимости от типа судна составляет 4...6 % от общей трудоемкости его строительства. Хотя корпусообрабатывающее производство имеет относительно низкий процент трудоемкости, качество изготовления деталей, в первую очередь точность

формы и геометрических размеров, существенным образом влияет на трудоемкость последующих сборочно-сварочных работ и возможность их механизации и автоматизации.

Из объемов работ, выполняемых в корпусообрабатывающем цехе, трудоемкость разметки и маркировки составляет в среднем 14 %, резки – 35 %, гибки – 40 %, правки деталей и других операций – 11 %.

Одним из основных путей повышения производительности работы в корпусообрабатывающем производстве является **механизация и автоматизация производственных процессов**, под которыми понимают полную или частичную замену ручного труда машинами, механизмами и аппаратами. Механизация начинается с момента разработки технологического процесса изготовления корпусной детали и заканчивается его внедрением в производство. Без знания технологического процесса изготовления деталей невозможно подобрать необходимые машины и механизмы для замены ручных операций или разработать и внедрить новые. Эффективность механизации во многом зависит от уровня технологии и организации производства. В связи с этим основная роль в механизации производственного процесса принадлежит специалисту, который должен в совершенстве знать технологию изготовления деталей и конструкций.

Наивысшая степень механизации – **комплексная механизация**, согласно которой ручной труд в основных и вспомогательных операциях заменяется работой машин, механизмов, оборудованием. Вручную допускается выполнять только те работы, которые не требуют больших физических усилий. Как правило, это работы, связанные с управлением машиной. Комплексная механизация позволяет интенсифицировать технологические процессы. Она тесно связана с массовым производством и является основой для его автоматизации.

Когда весь производственный процесс осуществляется машинами, механизмами, специальными устройствами и приборами, роль человека сводится только к контролю и наладке автоматизированного производства. Комплексная механизация корпусообрабатывающего производства экономически эффективна на предприятиях, обрабатывающих более 10 тыс. т стали в год. На предприятиях с меньшим объемом обработки металла экономически целесообразно внедрять частичную механизацию производства.

В корпусообрабатывающем производстве занято около 12 % общего числа основных и вспомогательных рабочих цехов верфи. Основные рабочие непосредственно принимают участие в изготовлении и комплектации деталей корпуса судна, а вспомогательные – заняты ремонтом технологического оборудования, общецеховым обслуживанием и др. Численность основных рабочих составляет приблизительно 84 %, вспомогательных – 16 %.

К основным рабочим относятся: разметчики, резчики (32 %); гибщики, прессовщики, штамповщики (16 %); операторы постов управления (8 %); крановщики, стропальщики, комплектовщики деталей (28 %). Труд этих рабочих постоянно совершенствуется или заменяется машинным.

Среди вспомогательных рабочих можно выделить следующие: слесари-ремонтники, электрики, сантехники, настройщики, электросварщики-ремонтники, инструментальщики, водители и др. Механизацию работ, которые выполняют рабочие этих профессий, осуществить технически тяжело или экономически невыгодно.

Оптимизация кадров предусматривает снижение количества вспомогательных рабочих. Основными направлениями такого снижения являются усовершенствование организации их работы, повышение надежности и ремонтпригодности

оборудования (например, агрегатная замена испорченных частей оборудования), совмещение профессий и т.п.

Выпуск продукции в корпусообрабатывающем производстве составляет 100...300 т на человека в год в зависимости от технического уровня и загруженности производства. Технический уровень производства можно повысить за счет внедрения оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ). Но нужно иметь в виду, что такое оборудование достаточно дорогое, поэтому коэффициент его загрузки должен быть не ниже 0,7, а для уникального оборудования – еще выше.

Работа корпусообрабатывающего цеха характеризуется такими основными показателями:

- годовой выпуск обработанного металла, т;
- пропускная способность цеха, определяемая при условии полного использования оборудования, площадей и рабочей силы, с учетом передовой технологии и организации производства, т;
- трудоемкость работ цеха на годовую программу, человеко-час (чел.-ч);
- общая площадь (без служебно-бытовых помещений), м²;
- число работающих в цехе с подразделением на основных (производственных) и вспомогательных рабочих, инженерно-технических работников, служащих, чел.;
- общее количество оборудования с подразделением на производственное, подъемно-транспортное и вспомогательное, ед.;
- общая мощность, потребляемая технологическим и подъемно-транспортным оборудованием, кВт.

К основным технико-экономическим показателям относятся:

- годовой выпуск продукции цеха с 1 м² его площади, который определяется делением общей массы обработанного в расчетном году металла на общую площадь цеха (без служебно-бытовых помещений). Он должен составлять не менее 3...7 т/м²;

- площадь цеха, приходящаяся на единицу производственного оборудования или одного рабочего, которая показывает использование общей площади цеха;
- годовой выпуск продукции на одного учетного рабочего, определяемый делением общей массы обработанного в расчетном году металла на общее числа рабочих;
- трудоемкость, приходящаяся на 1 т обработанного за год металла, рассчитывается делением общей трудоемкости на массу обработанного за этот год металла и должна быть не выше 4...14 чел.-ч;
- коэффициент загрузки оборудования, который отражает степень использования станочного оборудования и определяется делением времени, необходимого для изготовления деталей, на общий фонд станочного времени (как правило, этот коэффициент всегда меньше единицы);
- соотношение категорий, работающих в цехе, которое определяется делением числа работающих определенной категории на общее число работающих в цехе.

3.2. Классификация деталей и выбор маршрута их изготовления

Для оптимального решения задач по изготовлению деталей корпуса судна их распределяют согласно специальной классификации. В основу классификации положен вид проката (листовой или профильный), размеры деталей (большие или малые), их геометрическая форма (плоские, гнутые, с вырезами, разделкой кромок и т.д.). Согласно классификации, все детали распределяют на пять классов, каждый из которых состоит из восьми групп. Каждая деталь имеет шифр, состоящий из двух цифр: первая цифра указывает на класс, к которому принадлежит деталь, вторая – группу, к которой принадлежит деталь данного класса (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Классификация деталей корпуса судна

Класс	Группа	1	2	3	4	5	6	7	8
		Плоские				Гнутые			
		Без разделки кромок		С разделкой кромок		Простой кривизны, без вырезов		Сложной кривизны или с углами слома	
1	Детали из листового проката	Без вырезов		С вырезами	С вырезами	Без разделки кромок		Без разделки кромок	С разделкой кромок
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
		С прямыми кромками		С криволинейными кромками					
		2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8
	Мелкие	С прямыми кромками		С криволинейными кромками					
		3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8
		С прямыми кромками		С криволинейными кромками					
		4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8
5	Детали из профильного проката	Прямые				Гнутые			
		Без разделки кромок		С разделкой кромок		Без вырезов		С вырезами	
		Без вырезов		С вырезами	С вырезами	Без разделки кромок		Без разделки кромок	С разделкой кромок
		5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8

Такая классификация охватывает все основные геометрические показатели, влияющие на технологический процесс изготовления деталей. Она облегчает разработку технологических процессов, составление оптимальных технологических маршрутов, планирование и учет изготовления деталей, уменьшает объем грузопотоков в цехе, создает условия для использования электронно-вычислительной техники. Ориентируясь на классификацию, выбирают оборудование для изготовления деталей.

К первому и второму классам принадлежат крупногабаритные детали, то есть такие, в которых хотя бы один размер превышает 500 мм. Мелкие детали, габаритные размеры которых не превышают 500 мм, относят к третьему и четвертому классам. Детали первого и третьего классов имеют прямолинейные кромки, второго и четвертого – криволинейные. Пятый класс составляют детали из профильного проката.

К деталям с простой кривизной относятся такие, которые имеют одну прямую образующую, например, цилиндрические или конические; к деталям со сложной кривизной – имеющие кривизну в двух направлениях, например, парусовидные, седлообразные, сферические. Исходя из того, что детали со сложом изготавливают на таком же оборудовании, что и детали со сложной кривизной, их также относят к деталям со сложной кривизной.

Назначая обработку кромок для сварки, нужно учитывать, что по кромкам, образующим контур секций, назначают контуровочные или монтажные припуски, а для деталей, кромки которых образуют контур секций, обработку кромок не назначают даже тогда, когда она указана на чертеже. Обработка таких кромок выполняется во время контуровки сек-

ций в сборочно-сварочном цехе или после удаления монтажного припуска на построечном месте.

При определении деталей с вырезами нужно учитывать, что вырезы могут быть как внутренними, так и по кромкам деталей (шпигаты, голубницы, отверстия для полособульбов).

На основе схемы классификации деталей разработаны стандартизированные цифровые шифры операций изготовления деталей корпуса судна. Операции обработки деталей из листового проката зашифрованы двумя цифрами: первая указывает на вид операции, вторая – тип оборудования или возможные способы ее выполнения. Операции обработки деталей из профильного проката зашифрованы тремя цифрами: две первых обозначают вид операции, третья – тип оборудования или возможные способы ее выполнения.

Такая шифровка операций позволяет:

- применять вычислительную технику для программирования вырезки деталей на машинах с ЧПУ;
- определять трудоемкость операций в зависимости от способов их выполнения, делать сравнительный анализ трудоемкости на разных заводах и строящихся судах;
- оценивать технологический уровень и уровень организации производства;
- разрабатывать технологические маршруты изготовления деталей корпуса судна;
- формировать единую по форме технологическую документацию.

Некоторые из наиболее распространенных технологических операций изготовления деталей и их шифры приведены в табл. 3.2. Для изготовления деталей из листового проката принята двухзначная шифровка операций, для деталей из профильного проката – трехзначная.

ГЛАВА 3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ КОРПУСА СУДНА

Таблица 3.2. Типовые шифры операций изготовления деталей корпуса судна

Наименований операций	Шифр
Подготовка входных данных для изготовления деталей:	0
Определение контуров и размеров деталей:	
по рабочим чертежам	01
аналитически	02
графически по масштабной плазовой разбивке	03
по натурному плазу	04
составление программ для тепловой резки корпусных деталей	05
Вычерчивание копир-чертежей для тепловой резки на машинах с программным управлением	06
Вычерчивание копир-чертежей ручным способом	07
Изготовление шаблонов и каркасов	08
Изготовление негативов для фотопроекционной разметки	09
Обработка листовой стали	
Предварительная правка листов:	1
в листопрямительных вальцах	11
в листогибочных вальцах	12
на прессах	13
на растяжных машинах	14
Очистка листовой стали:	2
дробеметная с грунтовкой на поточных линиях	21
дробеструйная	22
химическая в ваннах	23
химическая струйная	24
ручная щетками	25
Пассивирование и грунтовка:	3
Пассивирование:	
в специальных агрегатах	31
в ваннах	32
щеткой	33
Грунтовка:	
в специальных агрегатах	34
в ваннах	35

3. 2. Классификация деталей и выбор маршрута их изготовления

Продолж. табл. 3.2

Наименований операций	Шифр
щеткой	36
распылителем	37
Разметка и маркировка:	4
Разметка:	
по чертежам	41
Маркировка:	
на машинах с ЧПУ	46
кернером или штампом	47
специальным карандашом	48
Резка листовой стали:	5
Газовая:	
на машинах с ЧПУ	51
на машинах с фотопроеекционным управлением	52
не переносных машинах	53
ручная (перемычек и отходов)	54
Плазменная:	
на машинах с ЧПУ	55
на переносных машинах	56
Механическая:	
на гильотинных и пресс-ножницах	57
на роликовых и дисковых ножницах	59
Подготовка кромок под сварку газовой резкой:	6
Разделка кромок одновременно с резкой:	
на машинах с ЧПУ	61
на машинах с фотоэлектронным управлением	62
на переносных машинах	63
Разделка кромок после резки:	
на переносных машинах	64
ручным резаком	65
Снятие ласок:	
на стационарном оборудовании	66
на переносных машинах	67
ручным резаком	68
Очистка кромок от грата	69
Правка деталей после резки:	7
на листопрямильных вальцах	71

ГЛАВА 3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ КОРПУСА СУДНА

Продолж. табл. 3.2

Наименований операций	Шифр
на листогибочных вальцах	72
на прессе	73
ручная на плите	74
Гибка и вытяжка деталей:	8
Гибка холодная:	
на вальцах	81
на прессе	82
на станках ЛГС	83
Гибка фланцев на прессе	84
Вытяжка на прессе:	
холодная	85
горячая	86
Гибка:	
холодная с местным прогревом	87
горячая на плите	88
холодная на машинах с ЧПУ	89
Механическая обработка:	9
Вырубка и прокалывание отверстий на прессе	91
Сверление отверстий	92
Строжка и обработка кромок	94
Строжка ласок	95
<i>Обработки профильного проката</i>	
Правка в исходном состоянии:	10
на роликовых машинах	101
на горизонтально-гибочных прессах	102
на гидравлических прессах	103
на растяжных машинах	104
ручная на плите	105
Очистка профильного проката:	20
дробетная с грунтовойкой на поточных линиях	201
дробеструйная	202
химическая в ваннах	203
химическая струйная	204
ручная щетками	205
Пассивирование и грунтовка:	30
Пассивирование:	
в специальных установках	301

3. 2. Классификация деталей и выбор маршрута их изготовления

Продолж. табл. 3.2

Наименований операций	Шифр
в ваннах	302
щеткой	303
Грунтовка:	
в специальных установках	304
в ваннах	305
щеткой	306
Разметка и маркировка:	40
Маркировка	401
Разметка:	
по чертежам	402
по шаблонам по эскизам	403
по эскизам	404
на машинах с ЧПУ	405
Резка:	50
Газовая:	
на стационарных машинах	501
на переносных машинах	502
ручным резаком	503
Плазменная:	
на стационарных машинах	504
на переносных машинах	505
ручным резаком	506
Механическая	507
Тепловая разделка кромок под сварку:	60
на переносных машинах во время резки	601
на переносных машинах после резки	602
ручным резаком	603
Очистка кромок от грата	604
Тепловая вырезка шпигатов	605
Правка деталей:	70
на горизонтально-гибочных прессах	701
на гидравлических прессах	702
ручная на плите	703
Гибка деталей:	80
Холодная:	
на роликовых машинах	801
на гидравлических прессах	802

ГЛАВА 3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ КОРПУСА СУДНА

Продолж. табл. 3.2

Наименований операций	Шифр
на горизонтально-гибочных прессах	803
на станках ЛГС	804
на станках ЛГС с программным управлением	805
Гибка на станках с использованием для нагрева токов высокой частоты	806
Гибка комбинированная на станках с использованием местного прогрева	807
Горячая гибка на плите	808
Термическая обработка после гибки	809
Механическая обработка:	90
Вырубка и прокалывание отверстий на прессе	901
Сверление отверстий	902
Зенкерование отверстий	903
Строжка и обработка кромок	904
Комплексная обработка профиля на специальных станках (разметка, маркировка, резка)	905
Вспомогательные работы:	100
Сортировка и комплектация корпусных деталей	1001
Цеховая транспортировка	1002
Изготовление и ремонт:	
технологической оснастки	1003
шаблонов и каркасов	1004
Другие вспомогательные работы	1005

Способ обработки деталей выбирают на основе рабочих чертежей, принципиальной технологии постройки судна и нормативно-руководящих материалов по отдельным видам обработки. Выбор оптимального маршрута зависит от толщины листов или сечения профиля, конфигурации деталей, формы и характера обработки кромок, марки материала, наличия соответствующего оборудования и его загрузки, рационального использования внутрицеховых подъемно-транспортных средств и т.п.

На основе выбранных оптимальных процессов и операций разрабатывают несколько вариантов изготовления корпусных деталей. Путем анализа количественных и качественных показателей этих вариантов находят оптимальный вариант, который должен состоять из минимального количества операций, иметь минимальную трудоемкость при широком использовании средств механизации, автоматизации и робототехники.

3.3. Предварительная обработка проката

Предварительная правка проката. Прокат, который поступает на судостроительные заводы, как правило, имеет местные бухтины и общую волнистость, величина которых часто превышает допустимые. Поэтому в обработку проката начинают с предварительной правки.

Правку листового проката многоразовым перегибанием выполняют, в основном, на валковых листопрямляющих машинах (рис. 3.1. и 3.2.). Лист затягивается между двумя рядами валков силами трения и многократно изгибается. В результате изгибания укороченные волокна растягиваются. Количество проходов зависит от исходного состояния проката и квалификации рабочего, но не превышает пяти. Степень изгиба проката во время правки определяется величиной зазора между нижними и верхними рабочими валками, которые устанавливаются перемещением верхней траверсы.

Передний направляющий валок обеспечивает ввод листа в вальцы, а задний – горизонтальность выходящего листа. Для правки листов толщиной более 6 мм, как правило, используют 5, 7 или 9-валковые машины, для меньших

толщин – 11-валковые и более. В отдельных случаях предварительную правку листов можно выполнять на листогибочных вальцах или на прессах.

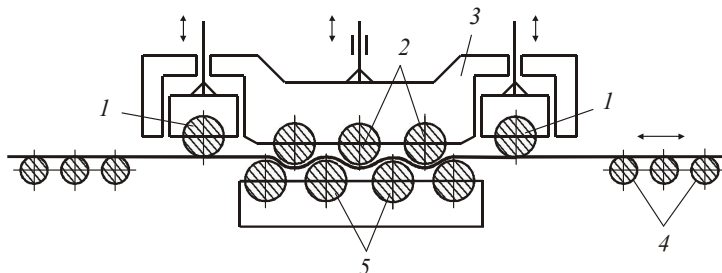


Рис. 3.1. Схема валковой листопрямительной машины:
1 – вспомогательные вальцы; 2, 5 – верхние и нижние рабочие вальцы соответственно; 3 – траверсы; 4 – рольганг



Рис. 3.2. Девятивалковые правильные вальцы

Зазор Z между валками назначают согласно данным, приведенным в техническом паспорте на вальцы, или определяют по формуле

$$Z = S - \frac{\sigma_T t^2}{8kES},$$

где S – толщина листа, мм; σ_T – предел текучести материала, Па; t – расстояние (шаг) между осями рабочих валков одного ряда, мм; k – коэффициент упругой деформации листа (для 5...9 валков $k = 0,25$; для 11 и более валков $k = 0,20$); E – модуль упругости, $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа.

Правку листового проката растяжением выполняют на правильно-растяжных машинах (рис. 3.3 и 3.4). Она возможна для материалов с отношением $\sigma_B/\sigma_T > 1,2$. Большинство судостроительных сталей удовлетворяют этому условию. Прокат, который необходимо выправить, закрепляют по торцевым кромкам в зажимных губках машины. Под действием гидравлического давления они растягивают прокат на 1...2 %, убирая практически все искажения за одно прикладывание нагрузки. Производительность работы по сравнению с правкой на валковых машинах возрастает в 6...8 раз. За одну смену на растяжной машине можно выправить около 50 листов. Основной недостаток способа – это повреждения поверхности проката насечками от зажимных губок по концам полосы длиной до 300 мм, которые необходимо удалить.

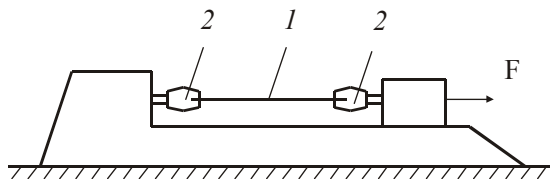


Рис. 3.3. Схема правильно-растяжной машины:
1 – правящийся прокат; 2 – зажимы

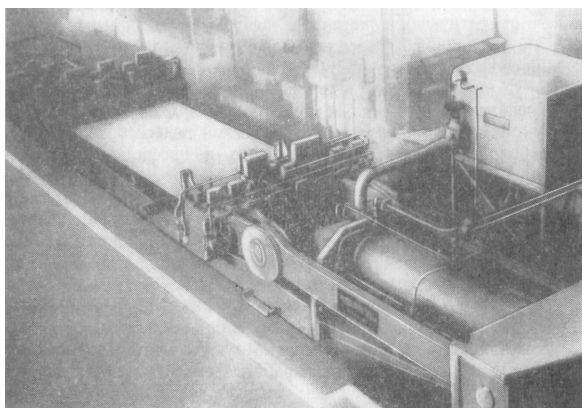


Рис.3.4. Правильно-растяжная машина с усилием 1000 кН для правки стальных листов и алюминиевых плит.

Профильный прокат правят, в основном, на горизонтально-гибочных прессах типа "Бульдозер", а также на правильно-растяжных машинах (рис. 3.5), роликовых машинах и гидравлических гибочных прессах.

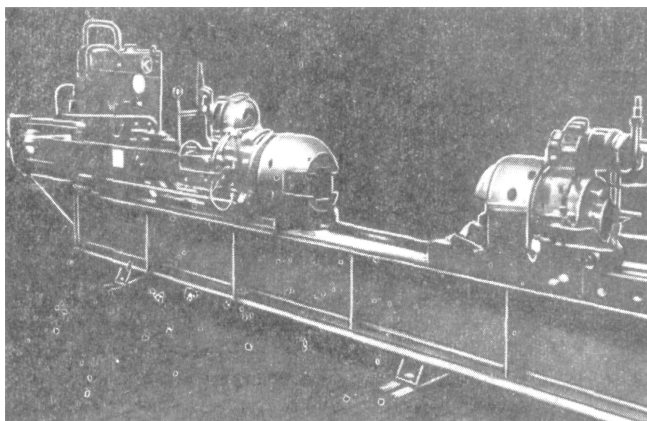


Рис. 3.5. Общий вид правильно-растяжной машины для правки профильного проката

Очистка проката от окалины и ржавчины. Прокат, поступающий на судостроительный завод, как правило, покрыт слоем окалины, ржавчины и другими загрязнениями. К последующей обработке его необходимо очистить и нанести антикоррозионное покрытие, которое защищает металл на протяжении всего межоперационного периода. Основной способ очистки проката толщиной более 4 мм – механический. Для проката меньшей толщины используют химическую очистку.

Механическую очистку дробеметным способом выполняют в дробеметной камере, в которой на поверхность листа с дробеметных аппаратов со скоростью до 80 м/с выбрасывается чугунная или стальная дробь диаметром 0,5...2,5 мм. Сбитые окалина, ржавчина и дробь дальше попадают в сепаратор, из которого дробь поступает для повторного использования, а мелкие частицы отсасываются воздухом и удаляются (рис. 3.6 и 3.7).

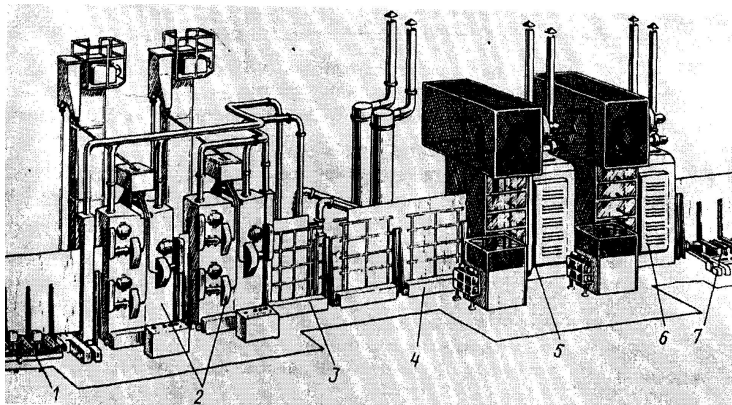


Рис. 3.6. Схема поточной линии очистки и грунтовки толстолистного проката с вертикальным перемещением листа:

- 1 – входной кантователь; 2 – дробеметные камеры; 3 – вертикальные роульсы; 4 – промежуточный рольганг; 5 – камера грунтовки; 6 – камера сушки; 7 – выходной кантователь

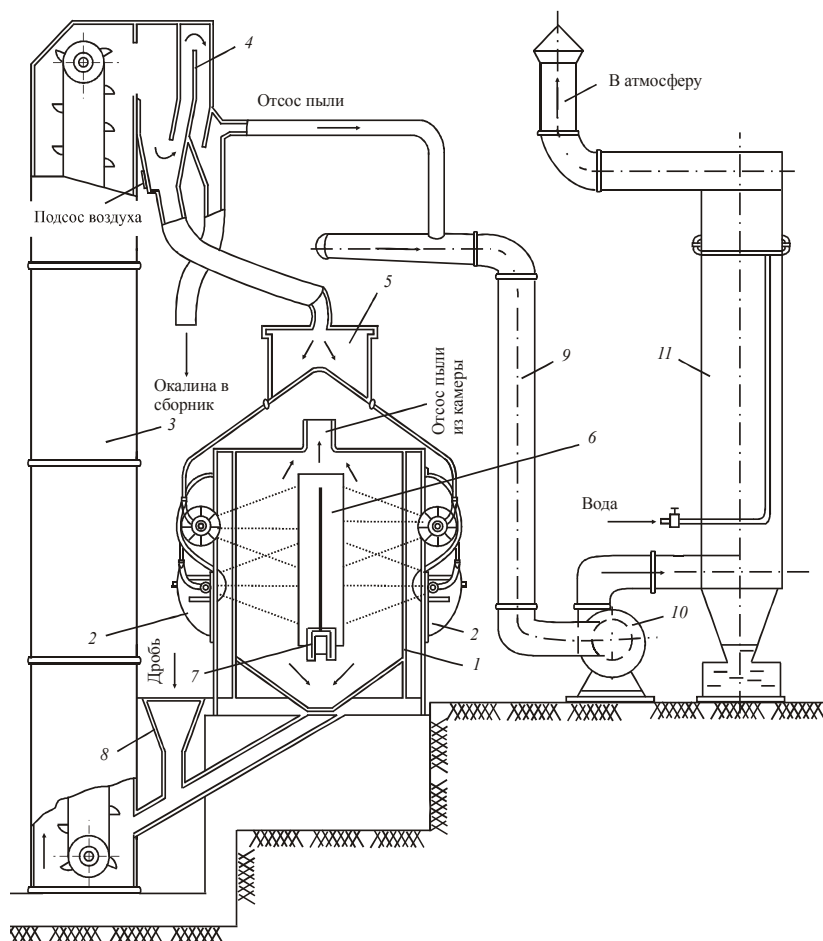


Рис. 3.7. Схема дробеметного оборудования для очистки листового проката:

1 – корпус камеры; 2 – дробеметные аппараты; 3 – элеватор для подачи дробы; 4 – сепаратор для очистки отработанной дробы; 5 – расходный бункер; 6 – очищаемый лист; 7 – устройство для перемещения листа; 8 – загрузочная воронка; 9 – вытяжной воздушный трубопровод; 10 – вентилятор 11 – циклон для очистки воздуха

Химическую очистку листов толщиной до 4 мм выполняют травлением в 15...20 %-ом растворе соляной или серной кислоты на протяжении 1...3 ч в зависимости от марки проката и состояния его поверхности. После травления осуществляют промывку листов в холодной воде, нейтрализацию в 3...5 %-ом растворе кальцинированной соды в течение 3...5 мин и окончательную промывку в воде.

По сравнению с механической химическая очистка имеет ряд недостатков: сложные условия работы, невозможность организации поточной линии обработки металла, сложности с утилизацией отходов.

Грунтовка и пассивирование проката. На период изготовления корпуса судна очищенный металл необходимо временно защитить от коррозии антикоррозийным покрытием.

Для защиты **грунтовкой** используют двухслойное покрытие фосфатными грунтами, которые защищают металл на протяжении 8 мес.

В современном судостроительном производстве для очистки и грунтовки проката целесообразно использовать поточную линию изготовления деталей. Существуют линии с вертикальным (рис. 3.6 и 3.7) и горизонтальным перемещениями листа в процессе очистки. Подача проката на линию осуществляется перегружателями или кранами. В камере предварительного нагревания прокат нагревают газовой горелкой до 70...80 °С. Жировые загрязнения сгорают. Нагрев ослабляет связь окалины с основным металлом, поскольку они имеют разные коэффициенты линейного расширения; ускоряется также последующая сушка антикоррозионного покрытия.

В дробеметной камере происходит очистка проката. В камере грунтовки наносят антикоррозионное покрытие. Для ускорения процесса предусмотрена камера сушки, которая

расположена за камерой грунтовки. Поточные линии с горизонтальным расположением листа можно использовать также для обработки профильного проката (рис. 3.8). Скорость движения проката на линии 1...3 м/мин, годовая производительность 200...300 тыс. м.

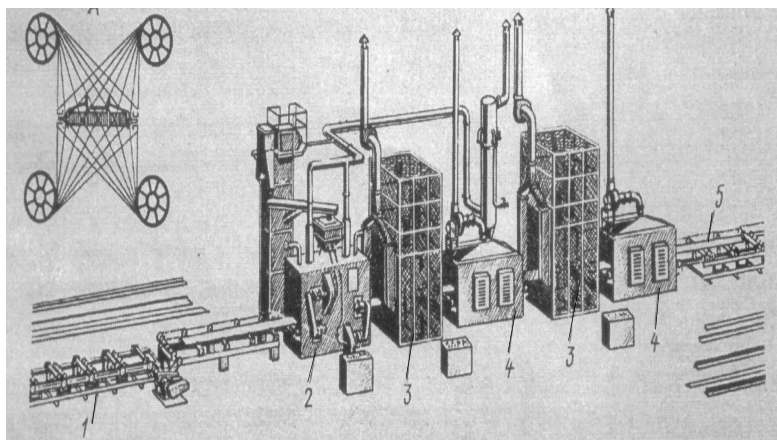


Рис. 3.8. Поточная линия очистки профильного проката от окалины и ржавчины и грунтовки:

1 – входной рольганг; 2 – дробеметная камера; 3 – камера грунтовки;
4 – камера сушки; 5 – выходной рольганг, слева – схема дробеметной камеры

3.4. Технологические процессы изготовления деталей

Весь прокат, поступающий на разметку, должен быть предварительно выправлен, очищен от окалины, ржавчины, грязи и загрунтован. Разметке подлежат детали, резка которых выполняется механическим способом или тепловым на переносных машинах, ручным газовым резаком, а также детали, которые вырезают на стационарных машинах, в случае

необходимости нанесения разметочных линий. Разметка деталей независимо от марки используемого материала осуществляется со стороны установки набора.

На листовых деталях наносят такие линии, которые необходимы для резки и контроля точности: теоретические и контрольные линии, контурные линии деталей и вырезов, линии сломов и отгибания фланцев, припусков, фасок и скосов кромок, линии притыкания смежных конструкций и набора, центров закругления углов прямоугольных вырезов и отверстий под болты. Не наносятся только те из указанных линий, положение которых уточняется в процессе изготовления деталей или сборки конструкций, а также линии центров отверстий под болты на накладных и съемных листах.

С целью фиксации линии разметки кернят с шагом 250...500 мм. Кернение деталей, подлежащих гибке, выполняют только с внутренней стороныгиба или слома. Если в середине выреза не размещены детали, то в нем краской необходимо нанести условную маркировку, обозначающую отходы.

Измерительный инструмент, используемый при разметке, должен иметь паспорт с указанием отклонений, которые отвечают требованиям к инструменту не ниже второго класса.

Разметка деталей из листового проката.

В современном судостроении используют следующие методы разметки: ручная по эскизам, чертежам и шаблонам, на машинах с ЧПУ.

Эскизный метод разметки листовых деталей. По эскизам и чертежам размечают простейшие листовые детали с прямолинейными кромками, без внутренних или кромочных вырезов. Все необходимые построения разметчик выполняет на листе. Прямые линии прочерчивают чертилкой по металлической линейке и отбивают для большей заметности намеленной ниткой. Размеры измеряют рулеткой не

ниже второго класса точности. На металле разметку фиксируют кернением. Лекальные линии наносят с помощью лекал или гибких реек, лекальные линии с большим радиусом кривизны наносят участками прямых линий. При этом стрелка между хордой и кривой линией не должна превышать 0,5 мм. В этом методе технологической документацией являются маршрутно-технологическая карта (МТК) с нанесенным на ней эскизом детали и карта раскроя.

Располагая детали на листе металла, необходимо строго придерживаться карты раскроя. Во время размещения деталей на листе нужно учитывать такие требования: на листе должны располагаться в первую очередь детали одного чертежа, детали чертежа того же технологического комплекта в пределах одного технологического этапа, если используется блочный метод постройки – в пределах одного блока. Если после этого лист не заполнен, то на свободных местах нужно комплектовать детали, которые имеют одинаковый технологический маршрут обработки. Не допускается снижение коэффициента использования листа менее 0,85.

При разметке, по возможности, необходимо совмещать разрезы смежных прямолинейных кромок. Для деталей, которые будут вырезаться тепловой резкой, во время совмещения реза необходимо учитывать его ширину. Во время разметки деталей, вырезаемых на механическом оборудовании, в первую очередь должны быть нанесены через весь лист главные линии реза, между которыми вписывают контуры размечаемых деталей.

Кромки деталей с припусками необходимо совмещать с кромками листа. Если кромка размечаемой детали не может быть точно совмещена по всей длине с кромкой листа вследствие непрямолинейности последней или лекальной формы кромки размечаемой детали, то для получения чи-

стого реза должны быть обеспечены следующие минимальные расстояния контура детали от кромки листа: для механической резки – не меньше половины толщины листа, но не менее 5 мм для листов толщиной до 10 мм; для тепловой резки – не меньше 5 мм.

Шаблонный метод разметки листовых деталей предусматривает разметку по натурным шаблонам, изготовленным из фанеры или тонколистового металла. По углам фанерных шаблонов, предназначенных для длительного и многоразового использования, набивают металлические планки. Во время крупносерийной постройки судов используют шаблоны из алюминиевых сплавов. Шаблоны изготавливают без учета технологических припусков, поскольку они могут измениться в зависимости от технологического процесса сборки и сварки конструкции.

В шаблонном методе разметки используют маршрутно-технологические карты, карты раскроя и шаблоны. Разметку деталей на листах металла выполняют чертилкой, а потом линии кернят. Для обеспечения точности разметки чертилка должна быть хорошо заостренной (с углом заострения не больше 45°) и во время обчерчивания шаблона ее необходимо держать таким образом, чтобы острие чертилки касалось кромки шаблона. Если на кромке детали предусмотрен припуск, то кромку очерчивают, но не кернят, а дальше наносят припуск. При разметке детали с большим количеством отверстий шаблон крепится к ней струбцинами.

Этот метод более точный и требует меньших затрат по сравнению с разметкой по эскизам. Но необходимость изготавливать и хранить шаблоны заставляет использовать их во время изготовления большого числа одинаковых деталей и для деталей, построение контура которых по эскизам осложнено.

Разметка листовых деталей на машинах с ЧПУ. Одним из возможных вариантов автоматизированной разметки (и маркировки) листовых деталей является оснащение машин с ЧПУ для тепловой резки специальными разметочно-маркировочными устройствами. Разметка осуществляется автоматически во время резки на машине с ЧПУ по соответствующей команде управляющей программы. Такими устройствами могут быть устройство с пневматическим кернером (рис. 3.9), порошковое разметочное устройство (рис. 3.10) или плазменное разметочное устройство "Арк Райтер" (рис. 3.11).

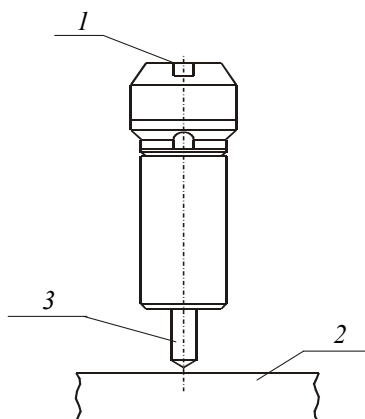


Рис. 3.9. Пневматический разметочный инструмент:
1 – нагнетатель воздуха; 2 – лист; 3 – кернер

Разметочный инструмент монтируется на однорезаковом или вращающемся трехрезаковом блоке. Резаки и маркировочный инструмент располагаются на определенном фиксированном расстоянии друг от друга.

С помощью **пневматического** разметочного инструмента (рис. 3.9) можно накернить центры под сверление или нанести поверхностные линии. Такой инструмент работает по хорошо известному принципу быстрого повторения ударного действия.

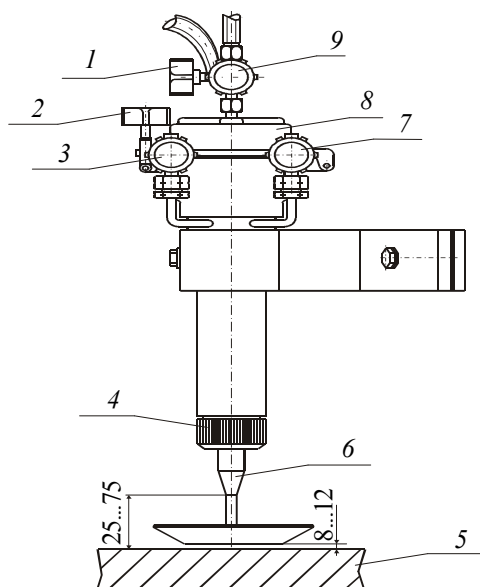


Рис. 3.10. Порошковое разметочное устройство:
 1 – кислород для разметки; 2 – винтовая крышка; 3 – горючий газ;
 4 – гайка мундштука; 5 – лист; 6 – разметочный мундштук;
 7 – подогревающий кислород; 8 – порошковая камера; 9 – кислород
 для подачи порошка

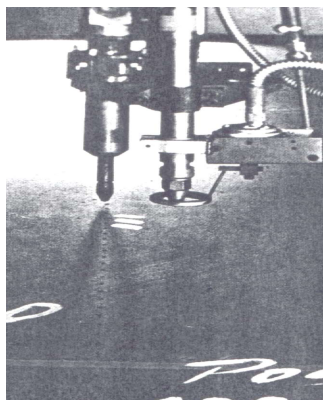


Рис. 3.11. Плазменное разметочное устройство "Арк Райтер"

Глубина проникновения во время точечной разметки зависит от длительности сигнала и устанавливается заранее соответствующим переключателем, который расположен на панели управления. Усилие ударов можно регулировать за счет изменения давления.

Кернер изготовлен с твердосплавным острием, которое увеличивает срок использования. Частоту ударов во время кернения можно менять в пределах приблизительно 20...120 ударов за минуту. Скорость разметки составляет 6000 мм/мин.

Суть **порошкового** метода разметки (рис. 3.10) состоит в том, что нагревательным пламенем расплавляется цинковый порошок, который вжигается в лист. Для порошковой разметки используют специальный мундштук, который конструктивно подобен газосмесительному. Разметочный порошок находится в камере в псевдоразреженном состоянии в среде кислорода. Он подается кислородом для разметки через разметочную струю, которая окружена нагревательным пламенем. Вместе с нагревательным пламенем эта порошково-кислородная смесь образует разметочную линию на поверхности материала, состоящую из слоя двуокиси цинка, который крепко сцепляется с поверхностью.

Порошковое разметочное устройство по сравнению с пневматическим имеет следующие преимущества: разметочные линии тонкие, четкие, без канавок, высокая скорость разметки, низкий уровень шума, отсутствующее загрязнение окружающей среды (дым не выделяется, потому что порошок используется почти на 100%), простота работы – аналогично процессу тепловой резки; небольшая затрата порошка (для нанесения линии длиной 1 км достаточно 50 г).

Плазменное разметочное устройство "Арк Райтер" (рис.3.11) используется на машинах термической резки для нанесения мелкой, глубокой и точечной разметки и марки-

ровки на металлической поверхности. В разметочное устройство входят: источник питания, специальный плазмотрон, подводные электрокабели.

При работе устройства металл расплавляется на глубину 0,03...0,25 мм при ширине линии 0,5...1,0 мм. Разметку со скоростью до 7 м/мин можно осуществлять на листах из углеродистой или нержавеющей стали, алюминиевых сплавов и других металлов. С помощью этого разметочного устройства можно маркировать детали, наносить надписи, выполнять разметку под дальнейшее сверление, гибку, сварку и др. Изменение напряжения позволяет регулировать ширину и глубину разметочных и маркировочных линий и точек. Выполнение процесса маркировки не вызывает радиопомех и не влияет на работу механизма машины с ЧПУ. Этим устройством можно осуществлять нанесение линий на влажную или замасленную поверхность.

Маркировку хорошо видно на поверхности, она легко удаляется в процессе дальнейшей обработки детали. Глубина разметки задается подбором силы тока, типом газа, который подается в разметочную головку. Точечная разметка выполняется изменением силы тока, типом газа и временем разметки.

Маркировка листовых деталей. Все детали, независимо от способа их изготовления, маркируют. Маркировка делится на основную, дополнительную и вспомогательную. Маркировка выполняется вручную кернером, штемпелем, краской, специальным карандашом (аналог шариковой ручки), маркером и автоматизированным способом на машинах с ЧПУ. Выбор метода маркировки определяет технологическая служба судостроительного предприятия.

Основная маркировка должна содержать в себе: заводской номер строящегося заказа, марку стали, номер рабочего

чертежа секции, номер детали. Другие данные нужно вносить по усмотрению технологической службы предприятия (например, район установки детали на судне, толщину листа). Нанесенную методом кернения основную маркировку обводят краской в виде четырехугольника. Если одновременно строится несколько судов одного проекта, то маркировку деталей (обведение маркировки) нужно выполнять масляными красками разного цвета. Каждому судну соответствует свой цвет.

Дополнительная маркировка содержит ориентировочные надписи: нос, корма, верх, низ, правый борт, левый борт, ДП, номера шпангоутов и технологические указания относительно выполнения фасок, скосов, гибки, величины припуска, технологической последовательности операций обработки. Указания относительно гибки содержат в себе направление отгиба фланца, значение и направление углагиба.

Вспомогательная маркировка состоит из общих указаний (например, вскрыть вырез после сборки), условных знаков относительно сортировки и комплектации и др.

Маркируют и так называемые деловые отходы – часть листа, не занятую деталями. Деловые отходы в дальнейшем могут использоваться для изготовления деталей другого технологического комплекта. Маркировку выполняют вручную специальными маркерами.

Для автоматизации маркировки деталей в судостроении применяют машины с ЧПУ, оснащенные специальным разметочно-маркировочным устройством. Машины АМУ-62 и "Символ" (рис. 3.12) наносят маркировку пневмокерном и пневмозубилом, соответственно. Газолазерные машины наносят маркировку методом скрабирования – образования на поверхности металла канавок за счет расплавления металла лучом лазера с последующим удалением расплава струей газа.

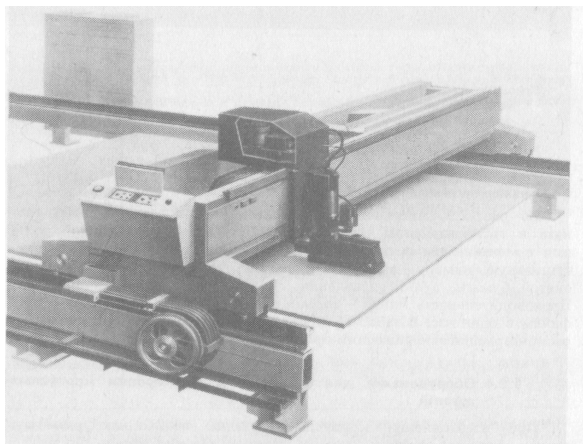


Рис. 3.12. Маркировочная машина "Символ"
с программным управлением

Для маркировки также применяют электрокаплеструйное печатающее устройство. Под действием высокого давления из сопла устройства выбрасывается струя чернил, дробящаяся затем на капли, которые получают электрический заряд определенной величины. Развертку наносимого знака на поверхности металла выполняют по одной координате за счет отклонения заряженных капель электрическим полем, а по другой – путем линейного перемещения печатающей головки.

На больших деталях основную маркировку наносят возле короткой стороны детали на расстоянии 50...100 мм от кромки. На деталях, которые расположены в корпусных конструкциях горизонтально, маркировку наносят возле ориентировочной надписи "нос", на вертикально расположенных деталях – возле надписи "нос" или "низ", а на деталях поперечных переборок – возле надписи "низ". Ориентировочная надпись должна располагаться приблизительно посередине

соответствующей стороны детали. Технологические указания относительно разделки кромок под сварку и фасок располагают на расстоянии 20мм от кромки.

Мелкие детали размером до 150×150 мм, а также детали типа планок и полос площадью до 0,2 м² при количестве больше 20 шт. маркируют общей биркой. В этом случае на 3...4 деталях, если количество составляет до 50 шт., или на 5...6 деталях, если количество большее, выполняют полную маркировку, если размеры детали позволяют это сделать. В зависимости от формы детали бирку закрепляют проволокой, связывающей детали, или к ящику, в котором находятся детали. На бирке указывают полную маркировку детали и количество деталей в партии.

Маркировку выполняют одновременно с разметкой, если она выполняется ручным методом по эскизам или шаблонам, и после резки (вручную специальным карандашом), если она выполнялась на машине с ЧПУ, на которой не предусмотрена автоматизированная маркировка.

Разметка и маркировка деталей из профильного проката. Для разметки деталей из профильного проката чаще всего используют *эскизный* (для прямых) и *шаблонный* (для гнутых) методы.

При использовании бесшаблонного контроля формы гнутых профильных деталей нанесение спрямляющейся линии выполняется на машинах с ЧПУ (например, "Стрела"). На этой же машине размечают линии обрезки концов деталей, а также положение шпигатов и голубниц.

Скосы на концах профильных деталей и шпигаты размечают по эскизам и шаблонам. При отсутствии данных для предварительной разметки определение длины гнутых деталей выполняется по нейтральной оси.

Профильный прокат, как правило, размечают на специально оборудованных столах. Одновременно укладывают

несколько заготовок, желательно одного размера и марки, что уменьшает вероятность ошибки во время разметки деталей.

Процесс разметки профильного материала содержит в себе разметку длины детали, вырезов, отверстий и мест притыкания смежных конструкций. На продольном наборе наносят линии шпангоутов, а также места сломов детали. Линии обрезки кромок причерчивают по угольнику, при этом полку угольника прижимают к кромке профиля, что позволяет причерчивать линии, перпендикулярные кромкам полосы. Если линии обрезки не перпендикулярны, то выполняют дополнительные построения скоса этих линий. Вырезы и шпигаты размечают циркулем или с помощью специально изготовленного шаблона. Нанесенные линии кернят.

Линии сломов деталей независимо от положения маркировки и мест приварки намечают с той стороны, на которую гнется профиль. На одной из сторон детали возле торцевой кромки наносят маркировку, которую обводят краской.

Технологические процессы резки деталей. Одной из основных операций при изготовлении деталей из листового и профильного проката является резка. Ее трудоемкость составляет примерно 35 % трудоемкости изготовления деталей корпуса судна. Выбор способа резки, который зависит от многих факторов (наличия оснащения и организации корпусообрабатывающего производства предприятия-строителя, уровня плазово-технологического обеспечения строительства судов, характеристики деталей и материала для их изготовления и др.), в конечном итоге определяет выбор и порядок технологических операций при проектировании маршрутов изготовления деталей.

Из двух существующих методов резки (тепловой и механической) самое большое распространение в судостроении получила **тепловая резка**. Это объясняется следующими ее преимуществами: практически нет ограничений по толщине

и форме кромок вырезаемых деталей, возможность вместе с резкой выполнять разделку кромок под сварку, не требуется разметка контуров деталей, возможность одновременной резки нескольких деталей, высокий коэффициент использования оборудования, возможная автоматизация процесса и организация гибких автоматизированных линий.

Основными способами тепловой резки, которые используются в корпусообрабатывающем производстве на судостроительных предприятиях, являются газовая (кислородная) и плазменная. В последнее время для резки тонколистового проката получила распространение лазерная резка.

Газовая резка основана на сжигании (интенсивном окислении) металла в струе чистого кислорода (рис. 3.13,*а*). Металл предварительно нагревают до температуры горения. В качестве горючего газа зачастую используют ацетилен, который обеспечивает наивысшую температуру пламени (до 3300 °С). В качестве горючего газа в судостроении применяют также природный газ, пропан-бутановую смесь и значительно меньше – пары керосина.

В соответствии с физикой процесса кислородная резка возможна, если металлы отвечают таким требованиям: температура горения металла ниже температуры его плавления; окислы металла легкоплавки, температура их плавления ниже температуры плавления основного металла, а тепла, которое выделяется при окислении металла, в основном, достаточно для поддержания процесса горения.

Скорость кислородной резки и качество кромок существенно зависят от чистоты используемого кислорода. При резке на нижней кромке деталей может появляться грат – частички расплавленного, но не сгоревшего металла. Кромки после резки необходимо зачищать, чтобы удалить грат. Это выполняют вручную с помощью скребка или ручной пневматической машинки.

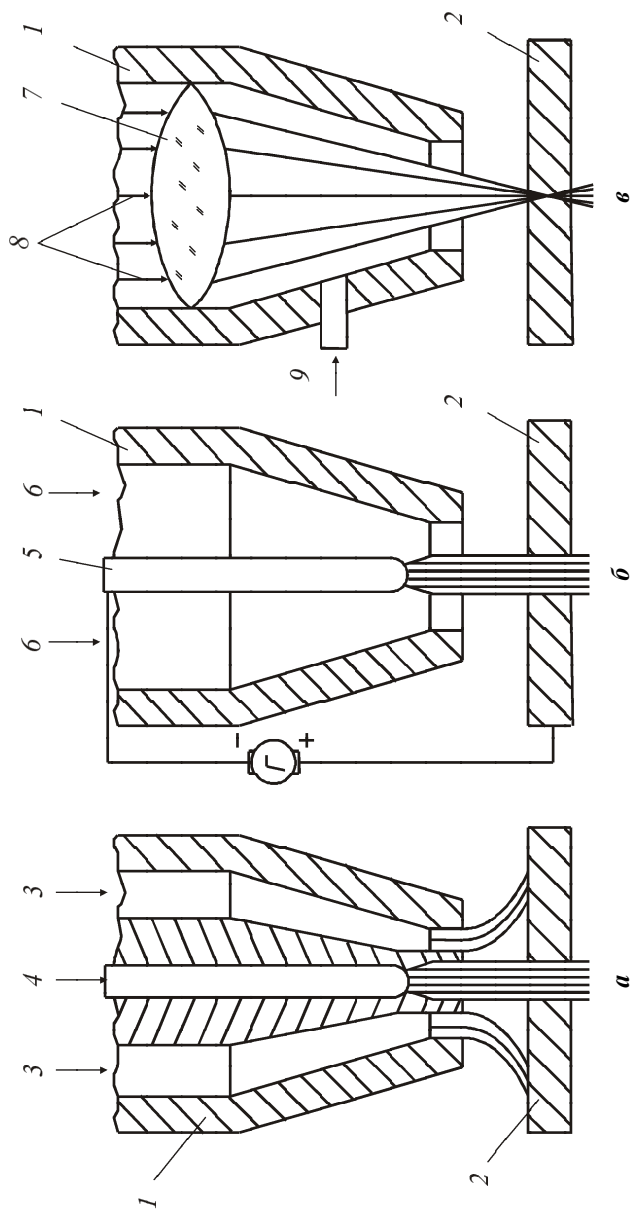


Рис. 3.13. Схемы тепловой резки:

а – газовой; **б** – плазменной; **в** – лазерной;

1 – лист; 2 – корпус резака; 3, 4, 5 – подача горючей смеси, резательного кислорода и плазмообразующей среды соответственно; 6 – электрод; 7 – линза; 8 – лучи;

9 – подача кислорода или инертных газов

Плазменная резка (рис. 3.13,б) основана на расплавлении металла в зоне реза и удалении его струей плазмы (струей ионизированного газа, который состоит из нейтральных атомов, молекул, ионов, электронов). Для резки применяют низкотемпературную плазму ($10000 \dots 50000^\circ\text{C}$), получаемую обжатием столба электрической дуги струей газа. Формирование плазменной струи происходит в специальном устройстве – плазмотроне.

К основным преимуществам плазменной резки по сравнению с кислородной относятся: повышение скорости резки, отсутствие грата, уменьшение тепловых деформаций, возможность резки любых металлов. К недостаткам процесса можно отнести: ограничение толщины разрезаемого металла (25...30 мм); осложнение условий работы в связи с неблагоприятным действием на организм человека веществ, выделяющихся во время резки, яркого светового и ультрафиолетового излучения, повышенного уровня шума; насыщение азотом кромок деталей при резке, который приводит к возникновению пор, трещин во время последующей сварки. Эти недостатки удается почти полностью устранить, применяя в качестве плазмообразующей среды смесь воздуха или кислорода с водой, а также выполняя плазменную резку на поверхности воды или под слоем воды (рис. 3.16).

Лазерная резка состоит в расплавлении металла сфокусированным лазерным лучом и удалении его газовой струей из зоны реза (рис. 3.13,в). С целью интенсификации процесса при резке стали используют кислород, который создает дополнительное окисление металла.

Самое большое распространение для резки в настоящее время получили электроразрядные газовые (CO_2) лазеры беспрерывного действия, которые позволяют получать излучение с длиной волны $0,4 \dots 10,6$ мкм. В специальном резаке выполняют фокусирование излучения в виде пятна диаметром

0,1...0,5 мм, достигая плотности излучения до 5 МВт/см². Толщина разрезаемого металла и скорость резки зависят от мощности лазера и качества фокусирования излучения. Лазерная резка имеет существенные преимущества: высокую скорость и точность резки, отсутствие тепловых деформаций и чистоту кромок. К недостаткам лазерной резки можно отнести невозможность резки металла толщиной больше 100 мм и усложненность резки сплавов алюминия.

Тепловую резку выполняют на стационарных машинах с ЧПУ (рис. 3.14–3.16) и переносных (рис. 3.17) машинах, а также вручную.



Рис. 3.14. Стационарная машина с числовым программным управлением для газовой резки

В зависимости от исполнения стационарные машины могут быть портальными, консольными, портально-консольными и шарнирными; по количеству одновременно обрабатываемых листов выделяют одноместные, двухместные и многоместные. Для обеспечения процесса резки в стационарных машинах применяют системы подачи газов, воды

для охлаждения, электропитания, а для машин плазменной резки – источники питания режущей дуги. Машины для кислородной резки могут быть оборудованы двух- или трех-резаковым блоком для выполнения разделки кромок в процессе резки.

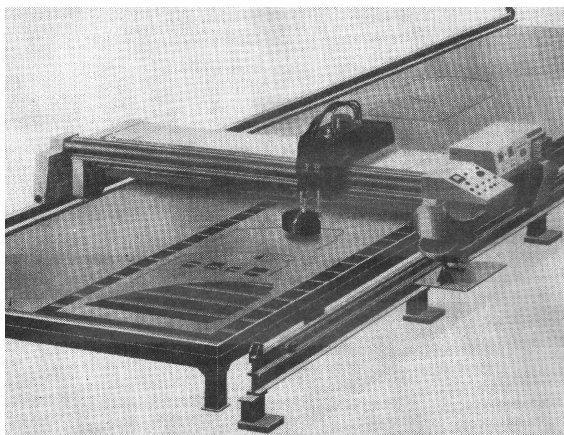


Рис. 3.15. Машина "Кристалл ТПл-2.5К" с числовым программным управлением для плазменной резки



Рис. 3.16. Машина "Telereх TXB 10200" с числовым программным управлением для плазменной резки под водой



Рис. 3.17. Переносная машина для газовой резки

Управление процессом резки осуществляется на базе микро-ЭВМ. Исходными данными для разработки управляющих программ являются карты раскроя, которые определяют положение вырезаемых деталей на обрабатываемом листе. В качестве программоносителей используют магнитные диски, дискеты, флеш-карты, также возможно управление машиной непосредственно с ЭВМ. Если стационарные машины находятся в составе поточных линий, их оборудуют рольгангами, приборами подъема рам для раскроя и подачи проката в рабочую зону, перегружателями для подачи листов и снятия вырезанных деталей.

Разделка кромок и снятие ласок выполняется на стационарных, переносных машинах и ручными резаками для кислородной резки. Переносные машины (рис. 3.17) представляют собой тележки с приводами, к которым присоединены системы подачи газов и электропитания. На тележке закрепляют один или два резака. Передвижение тележек осуществляется, как правило, по специальным направляющим.

На переносных машинах, оборудованных двумя или более резаками, разделка кромок под сварку осуществляется

одновременно с резкой за счет наклона второго резака на угол разделки. На других машинах резка и разделка кромок выполняются за два прохода. Стационарные машины для одновременной с резкой разделки кромок оснащаются блоками с тремя резаками (рис. 3.18). Разделку кромок деталей, которые вырезают плазменной или механической резкой, выполняют на переносных машинах или ручными резаками после их вырезания, а также на кромкострогательных и кромкофрезерных станках; разделка кромок гнутых деталей – ручным резакoм после удаления припуска.

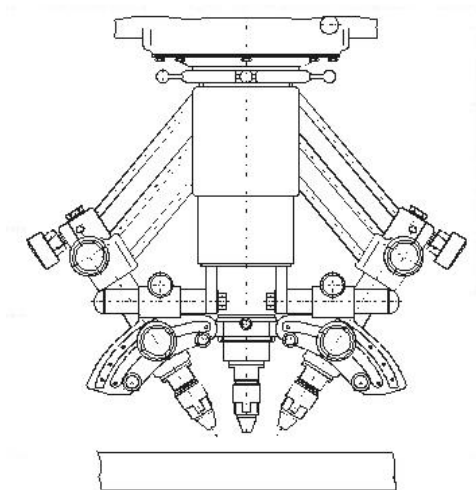


Рис. 3.18. Трехрезаковый блок для резки и разделки кромок

Ручная резка в корпусообрабатывающем производстве применяется в ограниченном объеме – для резки деталей из профильного проката, перемычек при резке на машинах с программным управлением и отходов.

При тепловой резке возникают деформации металла из-за неравномерного его нагревания до высоких температур и по-

следующего охлаждения. Остаточные пластические напряжения вызывают удлинение или сжатие металла и его изгиб.

Методы борьбы с деформациями при тепловой резке включают в себя: рациональную технологию резки, применение жесткого закрепления концов реза, предварительное нагревание вырезаемой детали, использование искусственного охлаждения и др. К рациональной технологии резки относят: правильный выбор места начала резки, установку правильной последовательности и выбор наилучшего режима резки. Зажатием концов разреза можно уменьшить деформацию по кромкам. Предварительный нагрев места вырезки детали приводит к более равномерному охлаждению металла и уменьшению его деформации. Снижение деформации достигается также непрерывным охлаждением зоны термического влияния возле линии реза струей воды или воздушного потока, а также резкой под водой.

Механическая резка деталей основана на сложном деформировании материала в зоне реза, включая изгиб заготовки под действием сил, приложенных к вырезаемым кромкам, смятие материала вследствие введения в его вырезаемые кромки ножей, отделение отрезаемой части в связи с возникновением и развитием на поверхности скольжения микротрещин.

Главное преимущество механической резки, по сравнению с тепловой, состоит в ее высокой производительности. Однако необходимость предварительной разметки деталей, которую выполняют, как правило, вручную, затраты значительных физических усилий для ориентации листов относительно ножей приводит к тому, что объемы применения механической резки постоянно уменьшаются.

Основным оборудованием корпусообрабатывающего производства для механической резки являются гильотинные

ножницы (рис. 3.19), которые имеют наклонный подвижный нож длиной 2...5 м. Значение угла наклона ножа увеличивают при резке материала большей толщины. На гильотинных ножницах можно резать листовой прокат толщиной до 40 мм. Однако резать прокат толщиной больше 12 мм нецелесообразно, поскольку это связано с большими физическими нагрузками при ручном перемещении тяжелых листов. Для поддержания листов, а также облегчения их перемещения в процессе резки, перед ножницами размещают стойки с опорными роликами. Для резки деталей прямоугольной формы без разметки гильотинные ножницы оборудованы упорами. Вырезка деталей выполняется по линиям разметки в несколько приемов. Поворот деталей и отходов к гильотинным ножницам осуществляется вручную с помощью крана или манипулятора.



Рис. 3.19. Гильотинные ножницы для механической резки листового проката

Для механической резки тонколистового проката используют дисковые и вибрационные ножницы (стационарные или переносные) с пневматическим или электрическим приво-

дом. Из-за сложности достижения необходимой точности резки, а также качества кромок вырезаемых деталей (особенно на вибрационных ножницах) применение указанного оборудования в корпусообрабатывающем производстве ограничено.

В случае использования гильотинных ножниц чистота и усилия реза зависят от угла наклона верхнего ножа, а также зазора между ними. Угол наклона верхнего ножа φ (рис. 3.20) определяется механическими свойствами разрезаемого материала. Он должен быть меньше угла трения и обычно составляет $0,5 \dots 6^\circ$. При большем значении φ отрезаемая полоса сгибается и скручивается вокруг своей продольной оси. Чем уже и толще полоса и больше угол смыкания ножей, тем больше изгиб и скручивание, что приводит к необходимости правки вырезанных деталей.

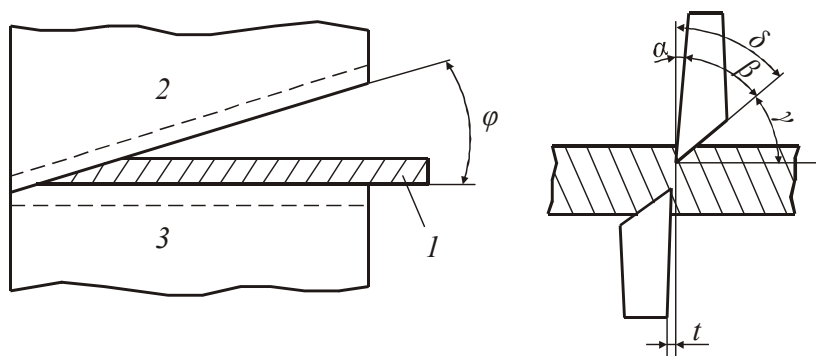


Рис. 3.20. Геометрия режущих кромок ножей:

1 – разрезаемый лист; 2, 3 – верхний и нижний ножи соответственно

При резке на гильотинных ножницах большое значение имеет геометрия режущих кромок ножей. Угол резки δ для твердых материалов и материалов средней твердости выбирается в пределах $75 \dots 85^\circ$, для мягких, например, меди или алюминиевых сплавов – $65 \dots 70^\circ$. Для уменьшения трения

между задними поверхностями ножей и металлом задний угол β должен составлять $1,5 \dots 3^\circ$. Угол заострения ножей (β представляет разницу $\beta = \delta - \alpha$. Передний угол γ дополняет угол δ до 90°).

Гильотинные ножницы применяются для резки деталей с прямолинейными кромками. Основными характеристиками при их выборе являются: длина ножей, толщина и граница прочности разрезаемого материала, угол наклона ножа. Усилия, необходимые для резки на гильотинных ножницах, определяют из условия обеспечения на площади среза F напряжений, равных касательному напряжению среза $\tau_{\text{ср}}$ для данного материала, по формуле

$$P = kF\tau_{\text{ср}} \approx \frac{0,5S^2\sigma_{\text{в}}}{\text{tg}\varphi},$$

где S – толщина листа, мм; $\sigma_{\text{в}}$ – предел прочности материала, МПа; φ – угол смыкания ножей, град; k – коэффициент, учитывающий неравномерность толщины материала, затупление режущих кромок ножей, наличие сложного напряженного состояния в процессе резки, $k = 1,0 \dots 1,3$.

Если на гильотинных ножницах приходится резать материал с большим пределом прочности, превышающий паспортное значение для ножниц, то максимальная допустимая толщина S_1 разрезаемого материала при его пределе прочности $\sigma_{\text{в}1}$ может быть определена по формуле

$$S_1 \leq S \sqrt{\frac{\sigma_{\text{в}}}{\sigma_{\text{в}1}}},$$

где $\sigma_{\text{в}}$ и S – приведенные в паспорте гильотинных ножниц предел прочности и толщина разрезаемого материала соответственно.

Для резки листового материала применяются также дисковые или роликовые ножницы. В этом случае резка происходит двумя дисковыми ножами равного диаметра, которые вращаются в разных направлениях. Дисковые ножницы имеют разную форму и расположение дисков. Диски, установленные в вертикальной плоскости без наклона, предназначены, в основном, для вырезки деталей с прямолинейными кромками, а наклоненные диски – для вырезки деталей с криволинейными кромками. Дисковые ножницы с вертикальными дисками могут состоять как из одной пары дисков, так и из нескольких пар. В последнем случае лист разрезается на несколько полос одновременно при условии, что ширина полосы должна быть не меньше 50мм.

Явления, которые происходят во время резки дисками, аналогичны резке на гильотинных ножницах. Угол захвата дисков для стали принимается не больше 14° , заход составляет 0,2...0,3 толщины разрезаемого металла. Усилие резки может быть определено по формуле

$$P = \frac{0,3S^2\sigma_{\text{в}}}{\text{tg}\varphi}.$$

Резка деталей из профильного проката. Тепловую резку деталей из профильного проката выполняют аналогично тепловой резке из листового проката. Ее выполняют с использованием тех же ручных резаков и переносных машин для тепловой резки.

Вырезку деталей вручную выполняют, в основном, если линии реза расположены поперек профиля. В этом случае резка осуществляется на металлических решетчатых стендах, оснащенных устройствами для легкого и быстрого кантования обрабатываемого профиля. В случае расположения линий

реза вдоль профиля резку деталей выполняют переносными газорезательными машинами. Резку стенок двутавровых балок или спаренных полособульбов выполняют одним или двумя резаками, оставляя в начале реза перемычку 30...40 мм для предотвращения искривления балки. Кромки стенок симметричного профильного набора разделявают одновременно двумя резаками, устанавливая балки полкой на стол для раскроя. Для порезки профильного проката на детали с обработкой их концов (разделка кромок под сварку) и вырезки шпигатов и голубниц в стенке профиля также применяют стационарные газорезательные машины с программным управлением.

Механическую резку деталей из профильного проката выполняют на пресс-ножницах (рис. 3.21) и прессах с помощью специальных штампов.

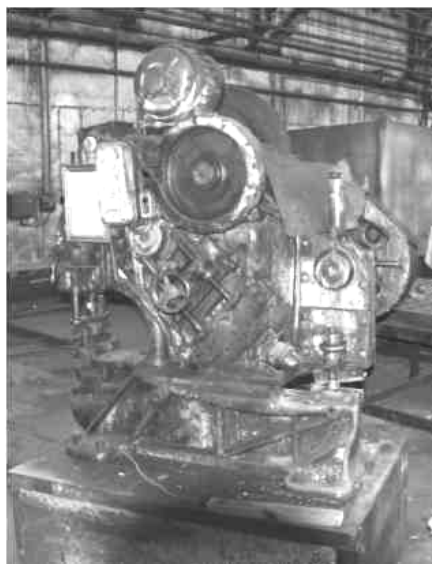


Рис. 3.21. Гидравлические пресс-ножницы

Комплексную обработку профильного проката можно выполнять на прессе с программным управлением ПГА 200/250. В состав прессы входят: система программного управления, пресс с подающими, вырубными и отрезными устройствами, насосная станция, клеймующий автомат, отводной рольганг.

На прессе в автоматическом режиме выполняются все основные и вспомогательные операции, в том числе: подача заготовки под отрезное устройство, отрезка концов заготовки, подача заготовки под штампы прессы, вырубка фигурных отверстий, шпигатов и т.п., подача заготовки под отрезное устройство, отрезка детали на заданную длину, подача детали под маркировочный автомат, маркировка деталей, сортировка деталей по длине.

При выборе способа резки деталей необходимо учитывать следующие факторы: разрезаемый материал и его химический состав (табл. 3.3); толщина обрабатываемого материала (табл. 3.4); точность изготовления деталей; конфигурации контуров деталей и необходимость разделки кромок под сварку (табл. 3.3).

Таблица 3.3. Применение способов резки в судовом корпостроении

Виды резки	Сфера использования
Кислородная	Резка на стационарных и переносных машинах углеродистых и низколегированных сталей для изготовления деталей с обработкой и без обработки кромок под сварку. Ручная резка деталей из профильного проката, единичных деталей из листового проката с обработкой кромок, резка перемычек и отходов.
Плазменная	Резка на стационарных машинах всех марок углеродистых и низколегированных корпусных сталей толщиной от 4 до 30 мм для изготовления деталей без обработки кромок под сварку.
Лазерная	Резка на стационарных машинах стали, алюминия, меди и их сплавов, а также коррозионностойких сплавов.

ГЛАВА 3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ КОРПУСА СУДНА

Продолж. табл. 3.3

Виды резки	Сфера использования
Механическая	Резка на стационарных машинах тонколистовых корпусных деталей.
	Резка деталей толщиной до 10 мм с кромками любой конфигурации.
	Вырезка листовых и профильных деталей с прямолинейными кромками, которые не имеют обработки под сварку

Таблица 3.4. Рекомендации относительно применения способов резки листового проката

Толщина листов, мм	Кромки деталей	Рекомендованные	
		вид резки	оборудование
< 4	Прямолинейные	Механическая	Гильотинные ножницы
< 10	Прямолинейные, криволинейные	Механическая	Дисковые или вибрационные ножницы
	Криволинейные, прямолинейные детали с вырезами	Лазерная	Стационарные машины
4 ... 12	Прямолинейные	Механическая и тепловая	Гильотинные ножницы, полуавтоматы
	Криволинейные и детали с вырезами	Тепловая	Стационарные машины
> 12	Прямолинейные	Тепловая	Полуавтоматы
	Любая форма деталей и с вырезами	Тепловая ¹	Стационарные машины

¹ При толщине до 30 мм – плазменная, при большей толщине – газовая резка с разделкой кромок под сварку.

При выборе **оборудования для тепловой вырезки** листовых деталей из корпусных сталей необходимо руководствоваться следующим:

- ручную резку применяют только при вырезании единичных деталей по разметке, а также как дополнительную операцию (обрезка перемычек, отходов, прорезка отверстий);
- переносные резательные машины применяют для резки деталей толщиной больше 4 мм с прямолинейными или круговыми кромками, которые имеют или не имеют разделку кромок под сварку.
- на стационарном оборудовании вырезают детали сложной формы с применением системы контурного управления с числовой программой, которая обеспечивает максимальную механизацию работ и самую большую точность вырезанных деталей.

При тепловой резке возникают деформации металла из-за неравномерного его нагревания до высоких температур и последующего охлаждения. Остаточные пластические деформации вызывают удлинение или сжатие металла и его изгиб.

Методы борьбы с деформациями при тепловой резке включают в себя: рациональную технологию резки, применение жесткого закрепления концов разрезаемой заготовки, предварительное ее нагревание или искусственное охлаждение в местах резки.

К рациональной технологии резки относят: правильный выбор места начала резки, установку правильной последовательности и выбор наилучшего режима резки. Зажатием концов разрезаемой заготовки можно уменьшить деформацию по кромкам. Предварительный нагрев места вырезки детали приводит к более равномерному охлаждению металла и уменьшению его деформации. Снижение деформации достигается также непрерывным охлаждением струей воды или воздушным потоком зоны термического влияния возле линии реза, а также резкой под слоем воды.

Правка деталей после резки. Необходимость правки листовых деталей зависит от метода резки, толщины и их пространственной формы.

Правке подлежат плоские *листовые детали* толщиной до 18 мм, вырезанные тепловым способом, не подлежат – детали, вырезанные плазменной резкой под слоем воды при толщине 12 мм и более, а также детали, вырезанные лазерной резкой, и детали, которые подвергают последующей гибке за исключением деталей со сломками и отогнутыми фланцами.

Крупногабаритные листовые детали правят на плоскостность в листопрямильных многовалковых вальцах, принцип действия которых не отличается от листопрямильных вальцев, применяемых для предварительной правки листового проката.

Мелкие детали правят на прессах или вручную. Детали небольших размеров возможно также править на подкладном листе, который пропускают через вальцы вместе с деталями, разложенными на нем.

Листовые детали в виде полос, вырезанные механическим способом, подвергаются правке, если соотношение сторон больше 9 и ширина детали меньше 200 мм.

Правку прямых *деталей из профильного проката* выполняют, если отклонение готовых деталей превышают допускаемые. Обязательной правке подлежат детали, вырезанные из симметричного полосульба, или, когда детали были изготовлены путем уменьшения высоты профиля. Правку гнутых профильных деталей (неплавный изгиб, скручивание вокруг продольной оси, отклонение от плоскости в поперечных сечениях, гофры на стенках и полках) выполняют одновременно с гибкой.

Правку на ребро и плоскость деталей из профильного проката выполняют на горизонтально-гибочных и гидравлических прессах, правильно-растяжных машинах и вручную. Для правки мелких деталей возможно применять станки типа ЛГС. Ручную правку применяют лишь для устранения отдельных местных дефектов. На горизонтальных прессах типа

"Бульдозер" выполняют холодную правку реберной кривизны (серпообразности), винтообразных искажений и гофров.

Гибка деталей корпуса судна. В состав корпусов судов входит большое число гнутых листовых и профильных деталей (рис 3.22). Количество гнутых листовых деталей составляет 10...15 %, профильных – 4...6 % от их общего числа, а трудоемкость гибки 30 и 10 % соответственно от общей трудоемкости корпусообрабатывающего производства.

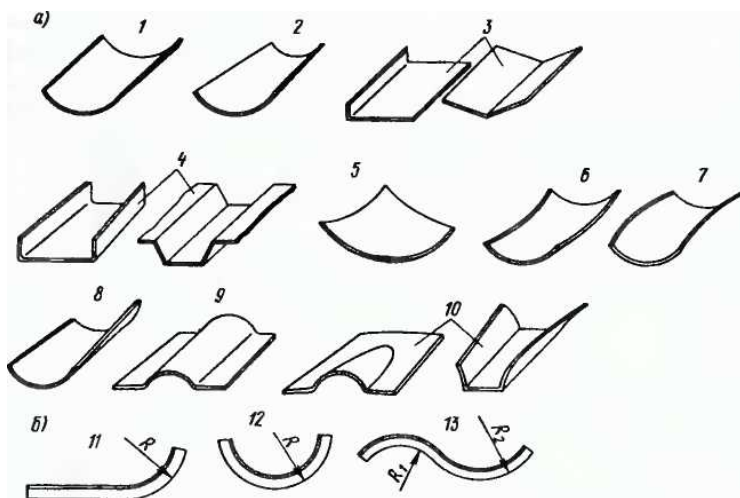


Рис. 3.22. Типовые формы гнутых листовых (а) и профильных (б) деталей корпуса судна:

- 1 – цилиндрическая форма; 2 – коническая; 3 – угловая; 4 – коробчатая; 5 – сферическая; 6 – парусовидная; 7 – седлообразная; 8 – веерообразная; 9 – волнообразная; 10 – комбинированная; 11, 12, 13 – переменной, постоянной и знакопеременной кривизны соответственно

Для изготовления таких деталей, как правило, применяют свободную гибку, основой которой является последовательный упругопластический изгиб участков заготовок под действием внешних или внутренних усилий.

Гибку листовых деталей можно выполнять в холодном состоянии, с общим нагревом всей заготовки и местными нагревами. В судостроении самое большое распространение получила холодная гибка.

Холодная пластическая гибка, как и любое пластическое деформирование, сопровождается упругими деформациями, величина которых пропорциональна напряжениям. При разгрузке упругие деформации исчезают, в результате чего деталь частично восстанавливает свою начальную форму. Это явление называется пружинение. Отсюда следует, что пластическому изгибу предшествует некоторая начальная кривизна, полученная вследствие упругих деформаций.

С увеличением радиуса изгиба пластические зоны расширяются к середине поперечного сечения полосы и в конечном итоге сливаются (рис. 3.23).

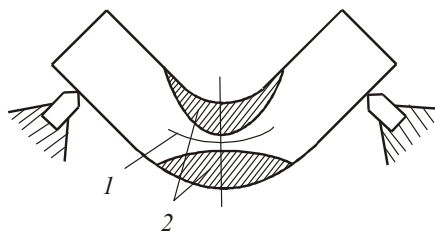


Рис. 3.23. Схема размещения зон пластической деформации при гибке:

1 – зона упругой деформации; 2 – зоны пластических деформаций

Пластическая деформация в соответствии с условием постоянства объема при пластическом изменении сопровождается пластическими деформациями обратного вида в одном или двух других взаимно перпендикулярных направлениях – радиальном и аксиальном (поперечном).

Неравномерность напряжений и деформаций по сечениям заготовок, сложный характер упрочнения материала вызы-

вают большие трудности в расчете необходимых усилий, величины пружинения, гранично допустимых радиусовгиба, подборе соответствующего оборудования, которое необходимо во время разработки технологических процессов гибки деталей.

Для приближенной оценки усилий в качестве расчетной принимают схему балки, свободно опертой на двух опорах и нагруженной сосредоточенной силой P (рис. 3.24). При этом по длине балки действуют изменяющийся изгибающий момент и перерезывающая сила, которые вызывают нормальные и касательные напряжения. Но при большем расстоянии между опорами ($l > 5S$), что справедливо практически при изгибе большинства деталей корпуса, касательными напряжениями можно пренебречь и рассматривать условия чистого изгиба.

Зависимость между σ и ϵ может быть принята в соответствии с диаграммой действующих напряжений (на ней напряжения определяются отношением усилия к действующей площади поперечного сечения образца в момент деформации), которая построена по результатам испытания образцов на растяжение (рис. 3.25).

Для упрощения математических зависимостей диаграмму можно представить в виде ломаной линии, которая состоит из таких участков: I – упругих, II – небольших пластических и III – значительных пластических деформаций. Первые два участка отвечают линейному изгибу балки, последний – объемному деформированию. Наклон прямых II и III, который определяется тангенсами углов φ_1 и φ_2 , характеризует интенсивность упрочнения материала при пластическом деформировании и называется модулем упрочнения ($\Pi_1 = \operatorname{tg} \varphi_1$ и $\Pi_2 < \operatorname{tg} \varphi_2$). Отношение $k_0 = \Pi_1 / \sigma_T$ называют относительным модулем упрочнения. В соответствии с этой диаграммой деформирования принимается закон распределения тангенциальных напряжений по поперечному сечению балки (см. рис. 3.24, в).

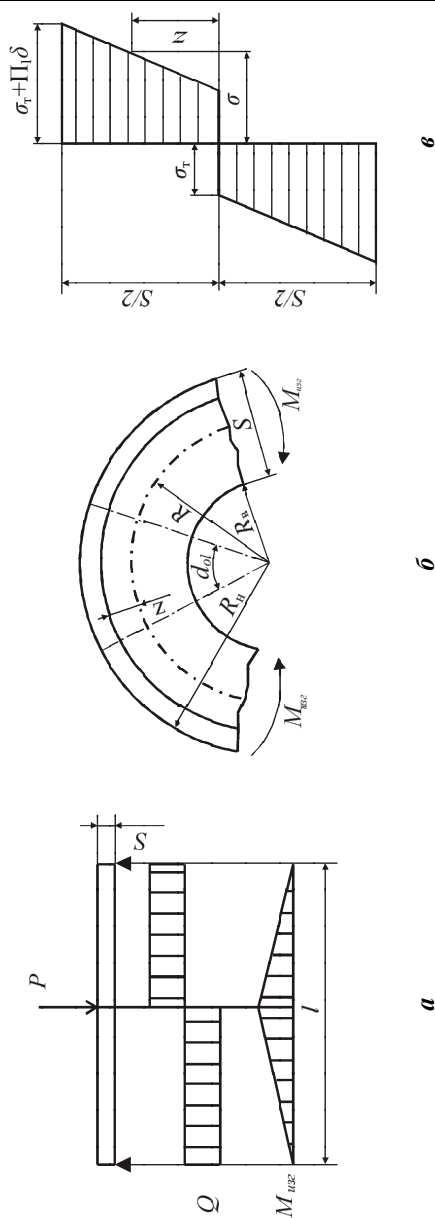


Рис. 3.24. Схема нагрузки и деформирования балки при изгибе:

a – схема балки на опорах; **б** – разрез гнутой балки; **в** – эпюра напряжений, которые возникают при изгибе балки; P – изгибающая сила; S – толщина балки; l – длина балки между опорами; Q – распределение усилий; $M_{изг}$ – изгибающий момент; z – расстояние волокон, для которых рассчитывается относительное удлинение от нейтрального слоя; $R_{изг}$, $R_{вн}$ и $R_{ср}$ – радиусы от центра изгиба к наружным и внутренним волокнам, а также нейтрального слоя соответственно; σ_t – напряжение при появлении пластических деформаций

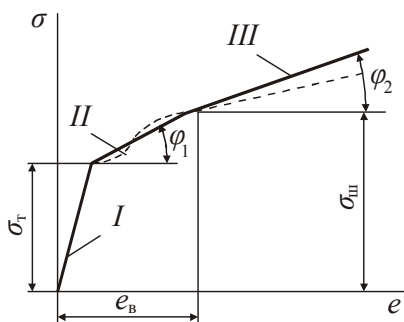


Рис 3.25. Диаграмма действительных напряжений углеродистых сталей:

φ_1 и φ_2 – углы наклона участков диаграммы; σ_r – напряжение при появлении пластических деформаций; σ_3 – истинное напряжение в момент появления шейки; e – общая деформация; e_r – равномерное удлинение

Пластический изгиб начинается с момента появления пластических деформаций в крайних волокнах заготовки, распространяясь к нейтральной оси по мере роста нагрузки. Ниже приведены возможные этапы изгиба.

1. Упруго-пластический изгиб, который отвечает относительному радиусу изгиба $r > 200$ ($r = R/S$, где R – радиус слоя, проходящего через центр массы поперечного сечения). Он характеризуется значительной упругопластической зоной. Зависимость между напряжениями и деформациями отвечает I и II участкам (см. рис. 3.25).

2. Линейный, сугубо пластический, который отвечает изгибу на относительном радиусе r от 3...5 до 200. Упругой зоной в этом случае можно пренебречь (см. рис. 3.24, в), считая, что все сечение балки деформируется пластически. Зависимость между напряжениями и деформациями принимают согласно II участку диаграммы.

3. Объемный, сугубо пластический, изгиб проходит при $r < 3...5$ и характеризуется значительными пластическими

деформациями, которые сопровождаются искажением формы поперечного сечения и смещением нейтральной оси балки.

Большинство гнутых листовых деталей корпуса имеют $r < 200$, поэтому для расчетов необходимых изгибающих усилий пользуются схемой линейного сугубо пластического изгиба (см. рис. 3.24, в). Зависимость (σ , δ) принимается согласно II участку диаграммы (см. рис. 3.25).

Минимально допустимые радиусы изгиба устанавливают исходя из двух соображений.

Для ответственных деталей (по условиям прочности конструкций) не допускается снижение механических свойств материала, исходя из условия исключения наклепа. Практически наклепом можно пренебречь при деформации крайних волокон меньше 5 %, тогда получим $R_{\min} \approx 10S$.

Для других деталей из условия разрушения материала – по приближенной формуле

$$R_{\min} = \frac{1 - 2\Psi_{\max}}{2 + \Psi_{\max}} S,$$

где $\Psi_{\max}$ – максимальное относительное сужение.

Если изгиб выполняется по радиусу меньше $R_{\min}$, то необходима промежуточная термообработка с целью повышения пластических свойств материала.

Основным оборудованием для изготовления листовых гнутых деталей являются листогибочные валковые машины (гибочные вальцы) и гидравлические прессы. Вместе с указанным оборудованием в меньшем объеме применяется технология гибки листовых деталей на листогибочных станках ЛГС, а также гибка местными нагревами. Изгиб заготовок из листового проката выполняют в холодном и горячем состояниях.

Гибка на листогибочных вальцах. Листогибочные вальцы применяют для гибки листового проката цилиндрической и конической форм с радиусом кривизны, который превышает радиус изгибающего вала и при отсутствии продольного изгиба. Применяя специальную оснастку, на вальцах можно изготавливать детали сферической, седлообразной и угловой форм с небольшой стрелкой прогиба.

В листогибочных вальковых машинах гибку выполняют под действием сосредоточенной нагрузки, которую передают на заготовку через верхний валок 1 или боковые валки 3 в процессе ее непрерывного прокатывания между валками 1 и 2 (рис. 3.26). Валки изготавливают цилиндрической формы из специальной стали. Диаметр верхнего вала обычно составляет 1,10...1,25 диаметра нижнего.

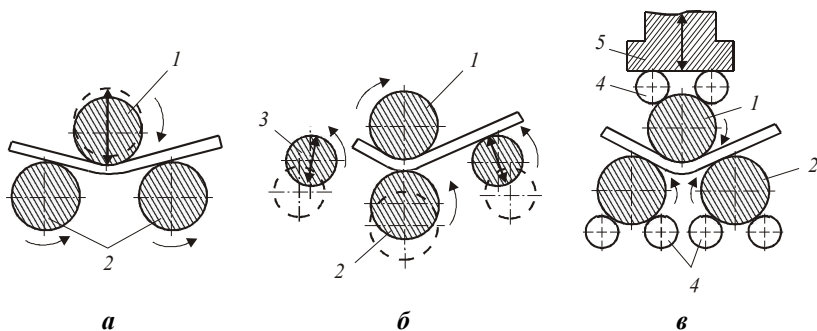


Рис. 3.26. Схемы гибки листов на листогибочных вальцах:
а – трехвалковые открытого типа; **б** – четырехвалковые открытого типа; **в** – трехвалковые закрытого типа;
 1 – верхние валки; 2 – нижние валки; 3 – боковые валки;
 4 – опорные ролики; 5 – верхняя станина

По количеству валков вальцы делятся на трех- и четырехвалковые, а в зависимости от конструктивного выполнения – на открытого и закрытого типа.

Основными узлами вальцев открытого типа (рис. 3.27) являются: станина, привод, устройство для поднимания и наклона верхнего валка, нижние и верхний валки, опорные подшипники верхнего валка (один из которых – откидной), пульт управления. Откидной подшипник верхнего валка предназначен для снятия с последнего замкнутой обечайки. Управление вальцами выполняется с пульта, а настройка на заданный радиус гiba – по специальной шкале, которая показывает положение валков в процессе гибки.



Рис. 3.27. Трехвалковые вальцы открытого типа с промежуточными опорами фирмы "Фрорип"

Для предотвращения прогиба нижних валков в больших вальцах есть промежуточные опорные валки. Для гибки конических обечаек верхний валок устанавливают под определенным углом.

При гибке листов на вальцах вследствие упругого прогиба валков в цилиндрических и конических обечайках образуется бочкообразная форма. Этот дефект устраняется предварительным напряжением верхнего валка с помощью гидравлического устройства, которое вызывает обратный упругий прогиб валка.

В четырехвалковых гибочных вальцах (см. рис. 3.26,б), в отличие от трехвалковых, боковые валки расположены шире и под средним верхним валком установлен дополнительный нижний валок. Приводные валки могут быть верхними или нижними. Боковые валки перемещаются под некоторым углом к вертикали. К недостаткам указанных вальцев можно отнести невозможность создания вальцев с большой длиной валков для гибки толстых листов из высокопрочных сталей.

Вальцы закрытого типа, как и открытого, изготавливают трех- и четырехвалковыми (рис. 3.28). Как правило, они имеют большую мощность и значительную длину рабочей части валков (до 17 м).



Рис. 3.28. Трехвалковые вальцы закрытого типа

При гибке листов в вальцах закрытого типа усилие гибки, воспринимаемое верхним валком 1, передается на верхнюю станину 5, связанную с верхним валком через промежуточные опорные ролики 4 (см. рис. 3.26,в). Количество роликов зависит от диаметра и длины верхнего валка. Наличие

промежуточных опор, кроме исключения прогиба валков, дает возможность уменьшать диаметр верхнего вала, позволяющего гнуть листы с меньшими радиусами. Наличие жесткой верхней станины дает возможность увеличивать подъем верхнего вала и, как следствие, применять специальную гибочную оснастку, а также использовать верхний валок как траверсу гидравлического пресса. К недостаткам валцов закрытого типа можно отнести: большой вес и габаритные размеры, высокую стоимость, невозможность изготавливать детали с замкнутым контуром.

Технические характеристики валцов приводятся в их паспорте. Если выяснится, что толщина подлежащего гибке листа или предел текучести материала, из которого изготовлен лист, превышают соответствующие паспортные характеристики машины, необходимо выполнить проверочный расчет по формуле

$$S_1 \leq kS \sqrt{\frac{\sigma_T b}{\sigma_{T1} b_1}},$$

где S_1 , b_1 , σ_{T1} – толщина, ширина и предел текучести изгибаемых листов соответственно; S , b , σ_T – допускаемые толщина, ширина и предел текучести по паспортным данным валцов соответственно; $k = 1 \dots 0,89$ – коэффициент, учитывающий влияние распределения нагрузки по длине валков и зависящий от b_1/b .

Одной из особенностей технологии гибки на валцах является необходимость предварительного подгиба кромок листов. Это связано с тем, что при гибке листов (см. рис. 3.26, а, в) изгиб по цилиндрической поверхности обеспечивается лишь в средней части. Конечные участки листов остаются плоскими. Подгиб кромок можно выполнять на прессах или валь-

цах с использованием клиновых прокладок, или подкладного листа. На машинах (см. рис. 3.26,б) подгиб кромок выполняется перемещением валков.

Как отмечалось ранее, применение специальной оснастки позволяет изготавливать на вальцах детали сложной кривизны. Такие детали гнут, как правило, на трехвалковых вальцах, используя в качестве оснастки прокладки, подобранные по толщине или согнутые по радиусу, соответствующим изгибу деталей. Схемы их изготовления приведены на примере гибки листовых деталей парусовидной (рис. 3.29) и седлообразной форм (рис. 3.30).

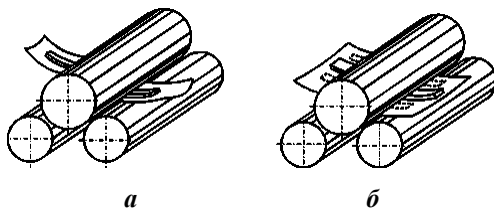


Рис. 3.29. Изготовление листа парусовидной формы с помощью одной (а) и трех прокладок (б)

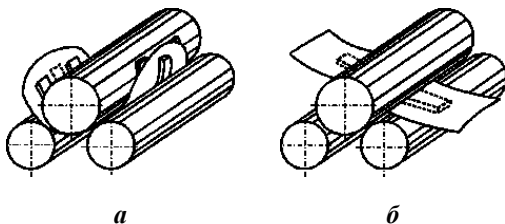


Рис. 3.30. Схема изготовления детали седлообразной формы с помощью одной (а) и трех прокладок (б)

Гибка на прессах. Гидравлические прессы предназначены для гибки листовых деталей любой формы. Процесс гибки состоит в последовательном деформировании отдельных

участков листа под действием сосредоточенных нагрузок, которые передаются через пуансон. В корпусообработывающем производстве широкое применение нашли гидравлические прессы, развивающие усилие 2000...12500 кН. По конструктивному исполнению различают консольные (рис. 3.31), порталные и портално-консольные прессы.



Рис. 3.31. Общий вид консольного гидравлического прессы

Прессы имеют сварные станины, нижнюю неподвижную опорную плиту и верхнюю подвижную – траверсу, на которых закрепляется оснастка (рис. 3.32 и 3.33). Для поддержания и перемещения заготовок применяют краны, кранбалки, специальные тележки. Оснастка для гибки на прессах состоит из сменных комплектов пуансонов и матриц, которые выбирают в каждом конкретном случае, исходя из формы изгибаемых деталей.

Гибка листов сложной кривизны является одной из наиболее трудоемких операций корпусообработывающего производства. Перспективным относительно механизации и автоматизации данного процесса является применение гибочных устройств с программным управлением. Примером

является применения гибочных устройств с ЧПУ на базе портално-консольного пресса, а также гибка на многоплунжерных прессах.



Рис.3.32. Общий вид оснастки для гибки деталей на гидравлическом прессе

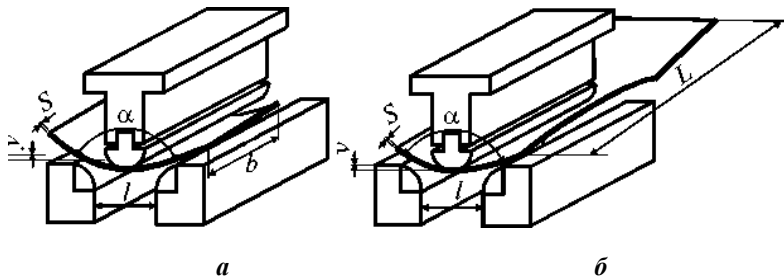


Рис. 3.33. Схемы холодной гибки листовых деталей на прессе:
a – при длине детали меньшей или равной длине пуансона;
б – со свисающей частью детали

Такие прессы имеют траверсу, боковые стойки с вырезами, которые позволяют быстро заменять комплект оснастки. Наличие консольной части дает возможность гнуть обечайки большого радиуса. Тележки-манипуляторы выполняют

подачу и поддержание заготовок в процессе гибки. При гибке на многоплунжерных прессах по заданной программе верхний ряд плунжеров настраивают на заданную кривизну листа. Нижние гидравлические плунжеры поднимают лист до соприкосновения с верхними плунжерами и гнут его до определенной степени при заданном давлении гидравлической системы.

Изготовление деталей угловой и коробчатой формы, отгибание фланцев выполняют на специальных кромкогибочных прессах гильотинного типа (рис. 3.34).



Рис. 3.34. Кромкогибочный пресс гильотинного типа

Оснастка для гибки на кромкогибочном прессе включает в себя длинные пуансоны и матрицу, которая имеет несколько канавок разных форм (рис. 3.35).

Из условия недопустимости прогиба оснастки размеры матрицы не должны превышать размеров стола. Ширина стола для исключения так называемых мертвых зон, в которых гибка невозможна, должна превышать половину ширины заготовки, обеспечивая зону перекроя.

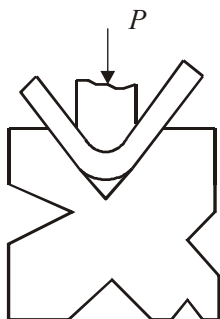


Рис. 3.35. Оснастка для гибки листового проката на кромкогибочном прессе

Номинальные усилия на вертикальном плунжере должны превышать расчетные усилия, необходимые для гибки деталей. Холодная гибка листовых заготовок выполняется по одной из двух схем (см. рис. 3.33).

В первом случае длина пуансона больше или равна длине заготовки (см. рис. 3.33,а), во втором – она меньше (см. рис. 3.33,б), при этом свисающая часть листа деформируется вместе с заготовкой, не подвергаясь непосредственному воздействию пуансона.

В зависимости от схемы гибки необходимые усилия рассчитывают по следующим формулам:

для первой схемы

$$P = \frac{bS^2\sigma_T}{l_1} k_1;$$

для второй схемы

$$P = \frac{bS^2\sigma_T}{l_1} k_1 (k_2 + 1),$$

где b – длина линиигиба или пуансона, мм (можно принять 1500 мм); S – толщина изгибаемого листа, мм; σ_T – предел текучести материала, МПа; l_1 – фактическое расстояние между точками контакта изгибаемой заготовки с матрицей, в среднем $l_1 \approx l + S$ (l – расстояние между опорами матрицы; k_1 – коэффициент, определяемый в зависимости от относительного внутреннего радиуса детали r ; k_2 – коэффициент, учитывающий влияние свисающей части листа и определяемый по формуле

$$k_2 = 0,2 \frac{B}{b} \left(\frac{L}{B} - 1 \right),$$

где L и B – длина и ширина листа соответственно, мм.

Указанное соотношение справедливо при $0 < B/b \leq 3$ или $1 \leq L/B \leq 6$. При больших значениях B/b и L/B $k_2 \approx 2,90$.

Гибка на станках типа ЛГС. Станок ЛГС (рис. 3.36) применяют для гибки листовой стали. Процесс заключается в прокатке заготовки 2 между ведущим роликом 3 и нажимным диском 1 (рис. 3.37).

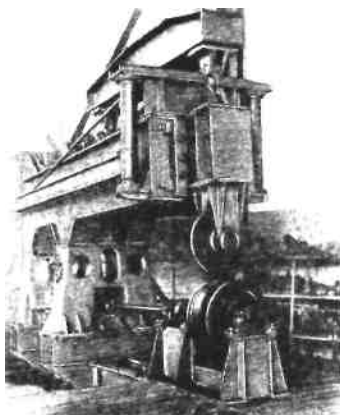


Рис 3 36. Общий вид станка ЛГС с механическим приводом

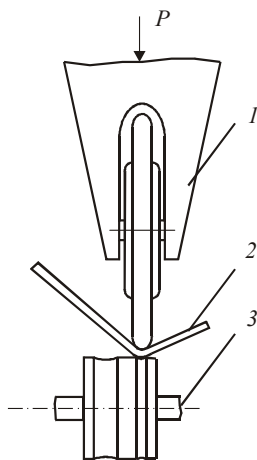


Рис. 3.37. Схема гибки листов на станках ЛГС:
1 – нажимной диск; 2 – заготовка; 3 – ведущий ролик

На станках ЛГС рационально выполнять гибку листов небольших размеров: толщиной до 8 мм, шириной до 2000 мм и длиной до 5000 мм. Гибка листов больших размеров обусловлена значительной трудоемкостью и значительными усилиями гибщика.

Гибка заготовок на станке ЛГС осуществляется прокаткой и приводит к местному утонению материала. Заготовка, зажата под некоторым давлением между ведущим роликом и нажимным диском, при вращении первого получает поступательное движение в сторону его вращения. Заготовку можно прокатывать по всей плоскости в любом направлении. Таким образом, меняя направление вращения ведущего ролика, направление прокатки заготовки и величину усилия нажимного диска, можно получить необходимую кривизну.

Ведущий ролик станка имеет цилиндрический участок и две канавки, одна из которых (сферической формы) предназначена для изготовления листов цилиндрической

и конической формы. Вторая канавка треугольной формы предназначена для гибки листов угловой и коробчатой формы. Цилиндрический участок предназначен для получения листов сложной конфигурации. Наличие канавок дает возможность выполнять холодную гибку и получать листы нужной формы без применения другой оснастки

Гибка деталей из профильного проката. Детали корпуса судна из профильного проката в зависимости от формы кривизны делят на три группы:

детали с постоянным радиусом кривизны типа колец или дуг окружностей (рис. 3.38,*а*);

детали с переменным радиусом кривизны (рис. 3.38,*б*);

детали со знакопеременной кривизной с постоянным или переменным радиусом кривизны (рис. 3.38,*в*).

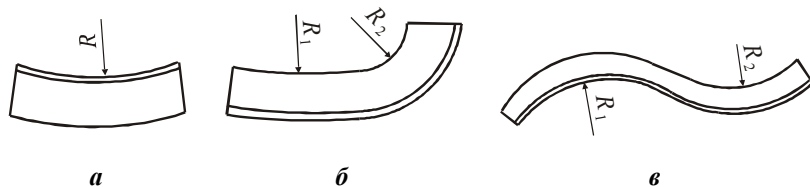


Рис. 3.38. Форма гнутых деталей из профильного проката с постоянным (*а*), переменным (*б*) и знакопеременным (*в*) радиусами

Гибку корпусных деталей из профильного проката и полос выполняют на универсальном или специальном оборудовании. Среди универсального оборудования преобладают вертикальные гидравлические прессы и листогибочные станки типа ЛГС; среди специального – горизонтально-гибочные прессы, кольцегибочные станки и установки с индукционным нагревом.

Наиболее распространенными на отечественных предприятиях являются: горизонтально-гибочные прессы типа "Бульдозер" и прессы с программным управлением типа СПГ-3, различные вертикальные гидравлические прессы открытого типа, кольцегибочные станки, профилегибочные станки с нагревом током высокой частоты (ТВЧ) и листогибочные станки типа ЛГС.

Гибку деталей из профильного проката выполняют в холодном и горячем состояниях. Горячую гибку осуществляют на высокочастотных установках с индукционным нагревом. В этом случае операции гибки и закалки осуществляют одновременно. Горячую гибку на плите с нагревом в печи применяют лишь тогда, когда холодная гибка невозможна из-за недостаточной мощности оборудования.

Для гибки деталей из профильного проката в корпусообрабатывающих цехах судостроительных предприятий применяют **кольцегибочные станки** с вертикальными валками. Наиболее распространенные из них – станки типа "Геркулес". На таких станках выполняют холодную гибку деталей с постоянным радиусом кривизны бульбом наружу и внутрь в зависимости от мощности станка и соотношения высоты стенки к ее толщине, которое составляет 4...7,5. Если гнуть заготовки с отношением больше 7,5 бульбом наружу, профиль теряет устойчивость, что приводит к появлению гофров на стенке, а вдоль проката возникают винтообразные искривления, поэтому для изготовления таких деталей нужно применять гидравлические прессы или станки с индукционным нагревом. Мелкие заготовки из профильного проката до № 10 гнут детали с переменной и знакопеременной кривизной.

Схема кольцегибочного станка с вертикальными валками приведена на рис. 3.39. На станине 1 находятся приводные

валки 2, которые вращаются от электрического двигателя через систему шестеренок. Изменение направления вращения осуществляется переключением электродвигателя или с помощью дополнительной коробки переключения. Нажимной валок 9, установленный на ползуне 8, можно передвигать с помощью электропривода или вручную с помощью винта 7 и штурвала 4. Для того чтобы удерживать нажимной валок от осевого смещения, предусмотрено разъемное замыкающее устройство, которое через подшипник 10 и шарнир 11 с помощью винта 12 и штурвала 3, смонтированных на траверсе 5, подтягивает нажимной валок к приводным валкам. Подшипник можно поднять вверх вокруг шарнира и снять с нажимного вала, который дает возможность снимать с валков согнутые замкнутые кольцевые детали. Для гибки разных профилей на валки надевают сменные кольца 13, вращающиеся вместе с валками. На столе станка есть два ролика 6, которые поддерживают профиль с обеих сторон вне гибочных валков; ролики можно поворачивать по ходу гибки профиля.

Величину опускания нажимного вала устанавливают и регулируют в процессе гибки экспериментальным путем или приблизительно рассчитывают по формуле

$$H = \sqrt{(R + h + r_2) - a^2} - (R - r_1),$$

где R – внутренний радиус изгибаемой детали, мм; h – высота профиля, мм; r_1, r_2 – радиусы сменного и упорно-опорного колец нажимного и приводного валков соответственно, мм; a – половина расстояния между осями приводных валков, мм.

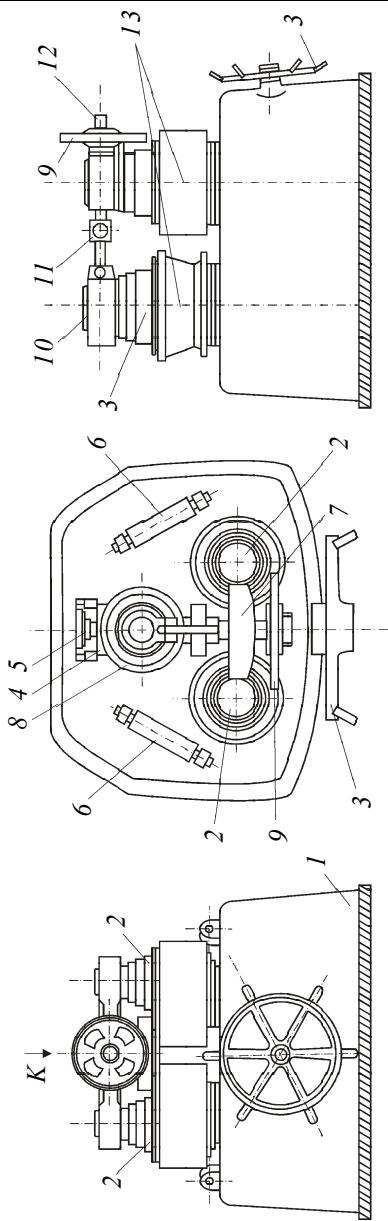


Рис. 3.39. Схема кольцевого станка с вертикальными валками

Некоторые модели кольцегибочных станков имеют наклонные валки, оси которых не параллельны, а на валки насажены сменные кольца конической формы, имеющие возможность подниматься и опускаться вдоль вала с помощью храпового устройства. Угол наклона приводных валков постоянный и равен 10° , нажимной валок имеет регулируемый угол наклона. Благодаря этому, участки изгибаемой заготовки имеют разные скорости перемещения, которые вместе с дополнительными направляющими валками под горизонтальной частью профиля позволяют получить деталь без гофров и скручивания.

Как и в случае гибки листовых деталей на листогибочных вальцах, части профиля на обоих концах детали длиной, равной половине расстояния между осями приводных валков, останутся несогнутыми. Для того чтобы этого избежать, перед гибкой на кольцегибочных станках типа "Геркулес" концы заготовки подготавливают одним из двух приведенных ниже способов.

Установки для гибки с индукционным нагревом являются разновидностью кольцегибочных станков с вертикальными валками. Суть индукционного нагрева заключается в том, что магнитный поток, создающий переменный ток, который идет через проводник (индуктор), индуцирует в находящемся рядом с индуктором металле вихревой ток. От этого тока металл нагревается до температуры 1100°C . Пластичность нагретого металла значительно выше, чем холодного, поэтому деформации возникают лишь в зоне нагрева. Нагревание позволяет совмещать операции гибки и термообработки, которые особенно важны при изготовлении деталей из легированных сталей; если деталь необходимо закалить, металл после прохождения индуктора охлаждается струей воды.

Наиболее распространенным является станок модели ГПС-24, гибка на котором выполняется по несимметричной

трехвалковой схеме (рис. 3.40 и 3.41), а конструкция валков позволяет гнуть профильные заготовки из несимметричного полособульба от № 16 до № 24 полкой как наружу, так и внутрь. Нажимной валок состоит из верхнего и нижнего роликов, между которыми устанавливают сменные кольца, отвечающие по форме и размерам поперечному сечению заготовки. Приводные валки насажены на вертикальные валы; их конструкция аналогична нажимным. Между первым приводным и нажимным валками установлен индуктор, который имеет механизм изменения его расположения относительно профиля для того, чтобы зазор между стенкой профиля и индуктором был равномерный и составлял 5...7 мм.

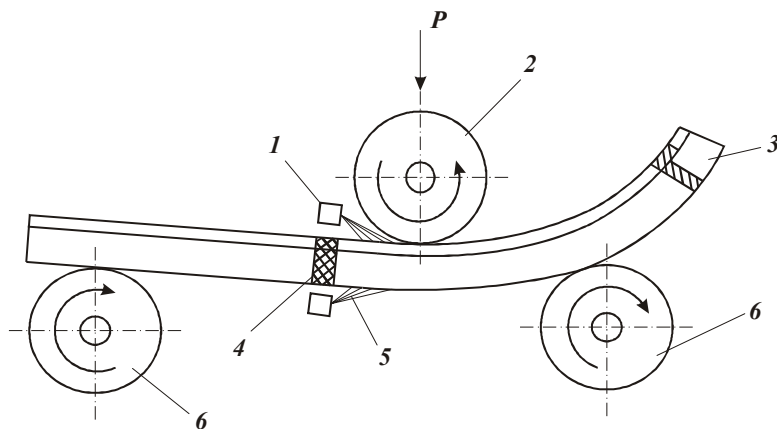


Рис. 3.40. Схема несимметричной трехвалковой гибки:
1 – индуктор; 2, 6 – нажимной и приводные валки соответственно;
3 – изгибаемая деталь; 4 – зона нагрева; 5 – охлаждение водой

Несимметричная схема позволяет согнуть конец профиля почти полностью и избежать подгиб концов на прессе или приварки дополнительных кусков по концам заготовки. Но из-за уменьшения плеча гибки нагрузки на ролики значительно

возрастают, поэтому для гибки деталей с большим моментом сопротивления поперечного сечения предусмотрена возможность перестановки второго приводного ролика симметрично нажимному. Это позволяет гнуть детали по симметричной схеме гибки. По такой схеме можно гнуть заготовки с небольшим моментом сопротивления даже в холодном состоянии (то есть станок ГПС-24 превращается в обычный кольцегибочный станок).



Рис. 3.41. Гибка профиля на станке с нагревом токами высокой частоты в корпусообработывающем цехе

Более мощными являются станки, выполненные по четырехвалковой схеме (рис. 3.42). Например, станок СКМЗ-ТВЧ позволяет гнуть профили с высотой стенки до 450 мм как в холодном состоянии, так и с нагревом ТВЧ стенкой наружу и внутрь. В зависимости от расположения роликов машина может работать как трехроликовая симметричная, трехроликовая асимметричная и четырехроликовая. На рис. 3.42 приведена схема четырехроликового варианта станка для гибки профильного проката.

Внутри станины расположены электрический двигатель, редуктор, привод ведущего вала (на схеме не показан). Ро-

лики 1 поддерживают заготовку, которая поступает с входящей стороны, и согнутую деталь – из выходящей. Профильный прокат зажимается между приводным 4 и нажимным 5 валками, на которые надеты сменные кольца, отвечающие по форме поперечному сечению профиля 3. На суппорте 7 расположен питательный трансформатор 8, ток от которого поступает в индуктор 6. По четырехвалковой схеме нажимными являются боковые валки 2, которые расставлены значительно шире, чем в трехвалковой машине, что значительно увеличивает изгибающий момент и позволяет гнуть профили с моментом сопротивления до 1740 см^3 . Рядом с индуктором установлен дополнительный поддерживающий ролик 9.

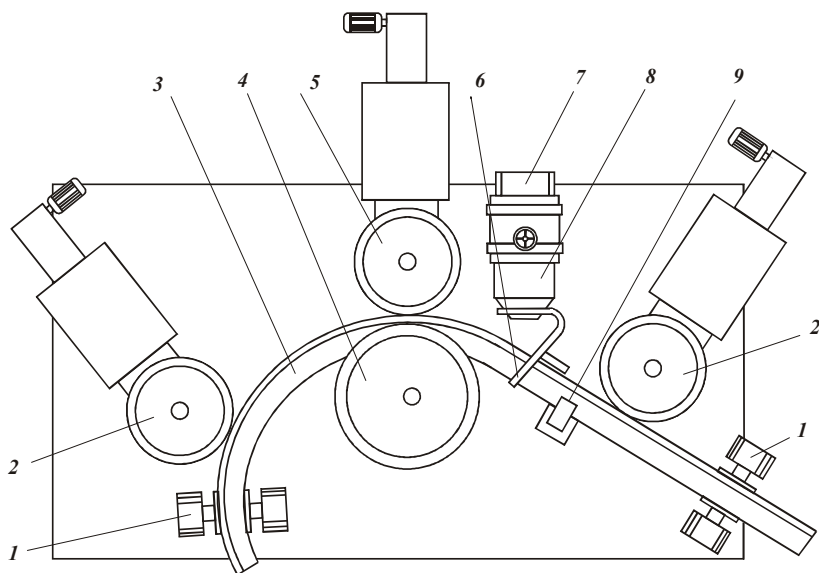


Рис. 3.42. Схема гибки профиля на четырехвалковом станке с использованием тока высокой частоты:

1, 9 – поддерживающие ролики; 2 – боковые валки; 3 – профильный прокат; 4, 5 – приводной и нажимной валки соответственно;
6 – индуктор; 7 – суппорт; 8 – трансформатор

В случае гибки деталей с небольшим моментом сопротивления один из нажимных валков можно отключить, что дает возможность выполнять гибку по трехвалковой несимметричной схеме. Это позволяет избежать подгибки концов детали на прессе или приваривания дополнительных кусков профиля по концам заготовки. В случае прямого пропускания работает задний нажимной валок, а в случае обратного – передний, чем и достигается полный изгиб обоих концов детали за одну установку в машину.

На всех вышерассмотренных станках можно получать детали лишь с постоянным радиусом кривизны.

Для получения деталей из профильного проката любой кривизны (постоянной, переменной и знакопеременной) стенкой наружу и внутрь применяют специальные *горизонтально-гибочные прессы*.

На них выполняют холодную свободную гибку деталей, которые имеют относительно небольшую кривизну – до 100 мм на 1 погонный метр. Наиболее распространены на отечественных верфях прессы типа "Бульдозер". Общий вид прессы приведен на рис. 3.43.



Рис. 3.43. Общий вид горизонтально-гибочного прессы типа "Бульдозер"

Гибка, как правило, выполняется на опорах пресса без использования специальной оснастки. Специальные насадки используют лишь для правки готовых деталей (правка гофров, скручивания и т.д.). Заготовку 3 (рис. 3.44) укладывают на стол пресса вплотную к опорам 2, установленным на траверсе 1, и нажимают на нее толкателем 4. Необходимый радиус получают изменением хода толкателя клином 5 и расстояния между опорами винтом 6, а также перемещением траверсы винтами 7 с помощью червячных пар 8. Продвигая заготовку и делая последовательные нажатия, выполняют гибку детали.

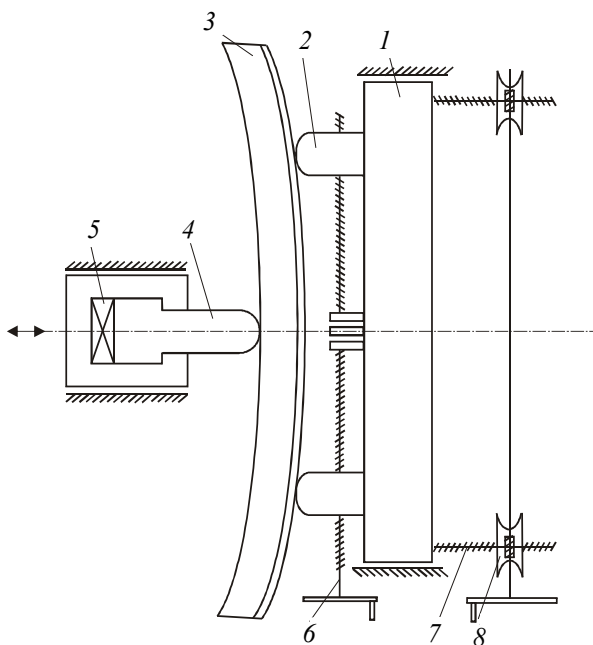


Рис. 3.44. Схема горизонтально-гибочного пресса типа "Бульдозер":

1 – траверса; 2 – опоры; 3 – заготовка; 4 – толкатель; 5 – клин;
6 – винт опор; 7 – винт траверсы; 8 – червячная пара

Для получения детали с плавной кривизной без сломов шаг t нажатия должен быть не меньшим, чем рассчитанный по формуле

$$t = 0,95L \left[1 - \frac{R}{1,256(1,7R - k_0 h)} \right],$$

где L – расстояние между опорами (обычно равное пяти высотам профиля), мм; R – радиус кривизны, м; k_0 – относительный модуль упрочнения (для стали ВСт3сп $k_0 = 11,6$, для сталей 09Г2 и 10ХСНД $k_0 = 14,0$); h – высота профиля, м.

После каждого нажатия кривизну детали оценивают "на глаз", а после нескольких нажатий проверяют шаблоном. В процессе гибки расстояние между опорами, шаг подачи заготовки и величину перемещения толкателя периодически регулируют. В случае использования контроля по спрямляемым линиям технология гибки значительно упрощается: необходимо лишь следить за формой спрямляемой кривой, которая в процессе гибки превращается в прямую линию.

Находят применение горизонтально-гибочные прессы, которые дают возможность одновременно гнуть два одинаковых профиля, например, ветви шпангоутов. Метод парной гибки особенно удобен тем, что позволяет получить полностью одинаковые ветви шпангоутов для обоих бортов судна; к тому же уменьшается вероятность появления винтообразных искривлений, которые возникают при гибке одиночных профилей полособульбового и углового сечений. Перед началом гибки профильные заготовки соединяют "спинка к спинке" специальными скобами, потом подают в рабочую часть прессы, укладывают так, чтобы стенки профилей находились в горизонтальной плоскости и выполняют последовательные нажатия. Для передвижения профилей исполь-

зуют валки и передвижные опоры, которые находятся с обеих сторон пресса.

Гибка деталей из профильного проката на листогибочных станках типа ЛГС (рис. 3.45). Как отмечалось выше, станки ЛГС предназначены для холодной гибки деталей из листового проката. Но, применяя специальную оснастку, на них можно гнуть детали из профильного проката (углового, таврового, полособульбового симметричного и несимметричного) полкой наружу с постоянным и переменным радиусами кривизны. Тавровый и полособульбовый профили до № 10 (высота профиля 100 мм) включительно могут быть согнуты в холодном состоянии. Полосы могут быть толщиной до 7 мм включительно и соотношением ширины к толщине не больше 18.



Рис. 3.45. Гибка профиля на станке ЛГС

Оснастка для гибки профильного проката состоит из обычного ведущего ролика и нажимного диска диаметром 600 мм с цилиндрической рабочей поверхностью шириной 20 мм и конической шириной 50 мм с углом скоса $2,5^\circ$.

Перед началом гибки на стенке профиля мелом размечают маршрутные линии прокатки: продольные, идущие

параллельно нейтральной оси профиля, и поперечные – в местах резкого изменения радиуса кривизны. Последние наносят по гибочному шаблону согласно формы кривизны. Размеченный профиль укладывают на ведущий ролик, прижимают нажимным диском и включают вращение ведущего ролика. Ведущий ролик и нажимной диск вращаются в разные стороны (по и против часовой стрелки), а профиль осуществляет вращательно-поступательное движение. Прокатываемые стенки утоняются, а длина вдоль линии прокатки увеличивается, что приводит к изгибанию профиля (рис. 3.46). Усилие нажимного диска и число проходов выбирают в зависимости от размеров профиля и заданного радиуса кривизны. Во время гибки профиль поддерживают и направляют по размеченным линиям гибки. Во время гибки нажимной диск не должен заходить за границы нейтральной оси профиля и не сходить с кромки профиля.

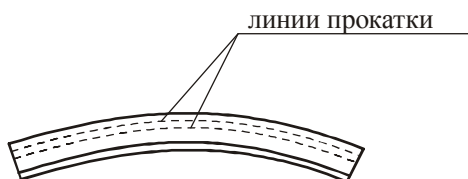


Рис. 3.46. Схема гибки профиля на станке типа ЛГС

Станки типа ЛГС нашли распространение на судоремонтных заводах и заводах речного судостроения, где их основной недостаток – маленькая производительность – не играет значительной роли из-за небольших объемов стали, которая перерабатывается на таких предприятиях. Такие предприятия обрабатывают листовой прокат небольшой толщины и профили с небольшим моментом сопротивления поперечного сечения, на что и рассчитаны станки типа ЛГС.

На **профилегибочных машинах с числовым программным управлением** выполняют гибку полособульбового, таврового и углового профилей, а также полос с постоянной, переменной и знакопеременной кривизной. Машины оснащены механизмом подачи заготовки, клиновыми зажимами, механизмом перемещения и установки датчика гибки, рольгангом, насосной станцией и пультом управления. Гибка выполняется специальным гибочным механизмом согласно программы гибки.

Гибка на вертикальных гидравлических прессах. Для гибки деталей из профильного проката применяют те же гидравлические прессы, что и для гибки деталей из листового проката. На них выполняют гибку деталей любой кривизны из профилей любых сечений. Они являются наиболее универсальным оборудованием. Некоторые вертикальные гидравлические прессы имеют еще и горизонтальные плунжеры, которые позволяют осуществлять гибку при горизонтальном положении заготовки.

Наиболее часто применяют вертикальную гибку на гидравлическом прессе методом свободной гибки. Гибку детали выполняют при размещении заготовки бульбом вверх. Нажатие в этом случае осуществляется двумя пуансонами. При этом профиль работает как балка на двух опорах. Усилие гибки P определяют по формуле

$$P = \frac{4M}{L},$$

где L – расстояние между опорами прессы; M – момент, необходимый для гибки детали, который рассчитывают по формуле

$$M = \left(k_1 + \frac{k_0 h}{2R} \right) W \sigma_T,$$

где k_1 – коэффициент, зависящий от формы поперечного сечения профиля; для полос, тавров, равнобоких уголков, симметричных полособульбов $k_1 = 1,5$; для неравнобоких уголков $k_1 = 1,6$; для несимметричного полособульба $k_1 = 1,7$; k_0 – относительный модуль упрочнения; для стали ВСт3сп $k_0 = 1,6$; для сталей 09Г2 и 10ХСНД $k_0 = 14,0$; для высоколегированных сталей $k_0 = 18,2$; h – высота стенки профиля; R – радиус кривизны; W – момент сопротивления; σ_T – предел текучести материала профиля.

Величины h , W , σ_T выбирают по справочным таблицам для соответствующего вида проката и марки материала, величину расстояния между опорами принимают равной пяти высотам профиля.

Контроль формы согнутых деталей. Детали из профильного проката во время гибки подвергаются искривлению в виде реберной кривизны (серпообразность), винтообразности, скручивания и гофров на стенке профиля. Правку и доводку выполняют на том же оборудовании, на котором выполняли гибку.

Контроль формы профильных деталей осуществляют двумя основными способами:

- проверкой рабочей кромки детали с помощью гибочного шаблона;
- проверкой прямолинейности спрямляющейся кривой, нанесенной перед гибкой на стенку заготовки машиной с программным управлением.

Выбор способа контроля зависит от уровня механизации и автоматизации конкретного производства, специфики технологического обеспечения и технического оборудования.

Наиболее распространенным является традиционный способ контроля по шаблонам, который состоит в проверке соответствия формы детали и шаблона при их совмещении

путем наложения шаблона на согнутую заготовку (рис. 3.47,*а*). Этот способ является устаревшим, предусматривает затраты на изготовление, хранение и ремонт шаблонов и не может быть использован при наличии автоматизации корпусообрабатывающего производства.

С целью увеличения точности и упрощения процесса контроля согнутых деталей из профильного проката применяют бесшаблонный метод. Его суть состоит в следующем: на стенку прямой заготовки с помощью разметочной машины с ЧПУ наносят кривую линию, которая после гибки участка заготовки становится прямой, а кромка детали приобретает необходимую форму (рис. 3.47,*б*). Подготовка управляющих программ для разметочной машины осуществляется на ЭВМ с использованием математической модели корпуса судна.

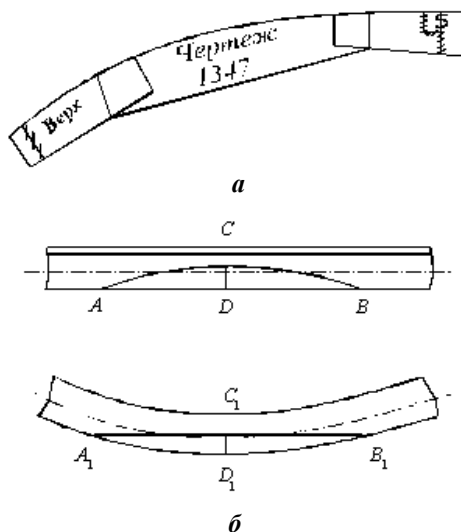


Рис. 3.47. Способ контроля формы согнутых деталей из профильного проката:

а – по шаблону; *б* – по спрямляемым кривым линиям

Гибку деталей из профильного проката с проверкой формы согнутых участков по программе с помощью штатных устройств выполняют на станках с программным управлением (рис. 3.48).

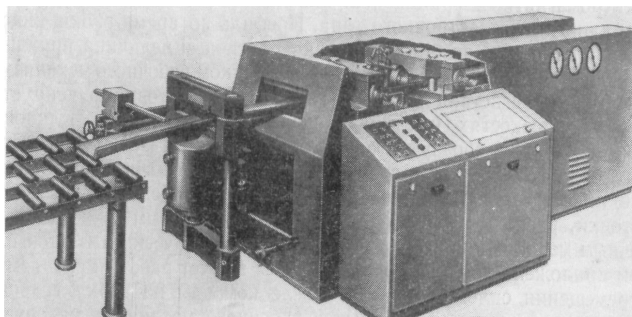


Рис. 3.48. Профилегибочная машина СПГ-3 с программным управлением

Механическая обработка кромок деталей из листового проката. Для механической разделки, а также удаления газонасыщенного или наклепанного слоя металла и достижения заданной точности кромки крупногабаритных деталей обрабатывают на кромкострогальных или кромкофрезерных станках (рис. 3.49).

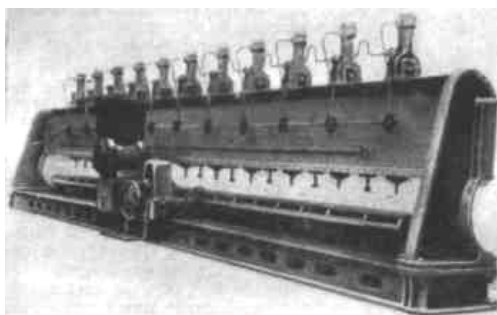


Рис. 3.49. Общий вид кромкострогального станка

Основными частями станка являются: основание, стол с гидравлическими упорами для закрепления детали, верхняя станина в виде сплошной балки и суппорт. В верхнюю станину вмонтированы специальные пневматические прижимы для закрепления обрабатываемой детали, а также рельсы для перемещения суппорта. Строжка осуществляется с помощью режущего инструмента, закрепленного на суппорте, движущемся вдоль кромки обрабатываемой детали.

Для удобства работы к столу с тыльной его стороны приставляют дополнительный рамный стол сварной конструкции, соответствующий самому широкому листу, который можно строгать на данном станке. Вдоль стола (с лицевой стороны) по всей длине станка передвигается каретка с суппортом для резцов. Она движется по направляющим станины, получая движение от вращения ходового винта. На суппорте устанавливают один или два резца. Если установлено два резца, то один из них работает при ходе в одну сторону, а второй – при ходе в другую.

Правильность установки листа перед строжкой проверяют с помощью рейсмуса, установленного на суппорте (рис. 3.50). Острие рейсмуса должно двигаться точно по линии разметки кромки.

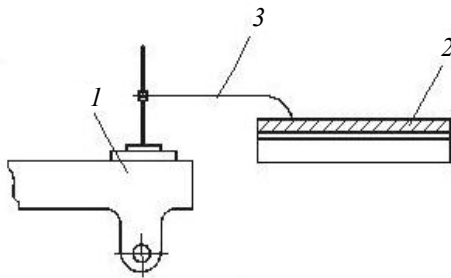


Рис. 3.50. Схема проверки установки листа:
1 – станина станка; 2 – лист металла; 3 – рейсмус

Для строжки листов используют специальные резцы, которые могут перемещаться сверху вниз по толщине кромок. Скос кромок также может выполняться на кромкофрезерных станках. Для снятия кромки фрезу устанавливают под определенным углом к плоскости листа.

На кромкострогальных и кромкофрезерных станках можно обрабатывать детали с прямыми кромками. Длина хода суппорта кромкострогальных и кромкофрезерных станков достигает 15 м.

При разности толщин свариваемых листов более 2 мм необходим скос кромок на одной из деталей – *снятие ласки* (рис. 3.51) под определенным углом к общей плоскости листа и доведение кромок листов до одинаковой толщины. Скос кромок выполняют строжкой на кромкострогальных станках резцами, заточенными под определенным углом. Обрабатываемый лист укладывают на стол станка и прижимают прижимами (винтовыми, электрическими, гидравлическими или пневматическими), которые размещены над столом станка.

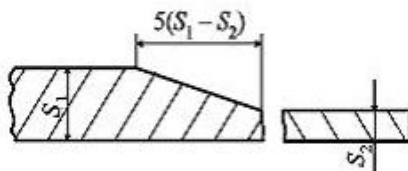


Рис. 3.51. Схема снятия ласки

Разделку кромок на мелких деталях выполняют на специальном станке СКС-25 (рис. 3.52 и 3.53). Деталь 1 перемещается по опорным валкам 4 и прижимается в процессе обработки дисковой фрезой 2 к упорным валкам 3. Детали к станку подаются вручную.

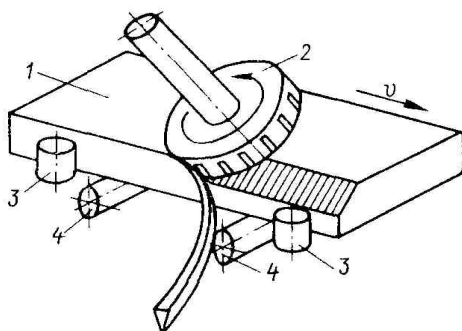


Рис. 3.52. Схема обработки кромок на станке СКС-25:

1 – деталь; 2 – дисковая фреза; 3, 4 – упорные опорные валки соответственно



Рис. 3.53. Общий вид станка СКС-25

Вырубка и пробивка отверстий. В таких деталях, как флоры, скуловые кницы, листы стрингеров и т.п., должны быть вырезаны отверстия диаметром 250...400 мм и больше для облегчения деталей, возможности доступа в отсеки междудонного пространства. В них также вырезают отверстия для прохода труб судовых систем, электрокабелей, шпигаты для перетекания жидкости.

В листах настила второго дна, палуб, платформ и переборок вырезают горловины размерами 400×500...600×800 мм. В большинстве случаев все отверстия в деталях вырезают тепловым способом на машинах с ЧПУ одновременно с вырезанием детали по контуру. В некоторых случаях (изготовление большого числа одинаковых деталей, обработка сталей определенных марок, легких сплавов) для вырезания отверстий целесообразно использовать механическое оборудование.

Отверстия диаметром до 50 мм, как правило, высверливают; отверстия больших диаметров, прокалывают на комбинированных пресс-ножницах или гидравлических прессах. Для этого используют специальные штампы – дыропробивной штамп (пуансон и матрица). При небольшом числе горловин для их выкалывания применяют специальный штамп дыропробивного пресса (рис. 3.54) с последующей зачисткой кромок отверстия.

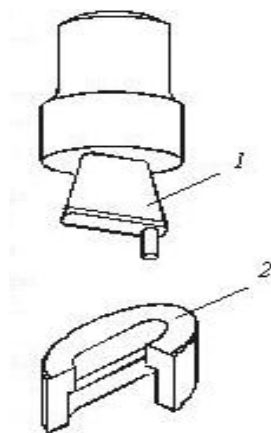


Рис. 3.54. Дыропробивной штамп для больших отверстий:

1 – пуансон; 2 – матрица

Для прокалывания небольших отверстий (для прохода полосульбового набора, шпигатов, голубниц, отверстий для

перетекания жидкостей) используют комплект оснастки, который состоит из пуансона и матрицы (рис. 3.55). Диаметр режущей части пуансона делают немного меньшим, чем диаметр отверстия матрицы, чтобы при смещении осей кромки пуансона и матрицы не наткнулись друг на друга. Для уменьшения трения образующим поверхностям матрицы придают конусность. Зазор между пуансоном и матрицей определяется следующим образом:

$$D_1 = 1,05 \times D \text{ или } D_1 = D + 2S,$$

где D_1 и D – диаметры матрицы и пуансона соответственно; S – толщина детали.

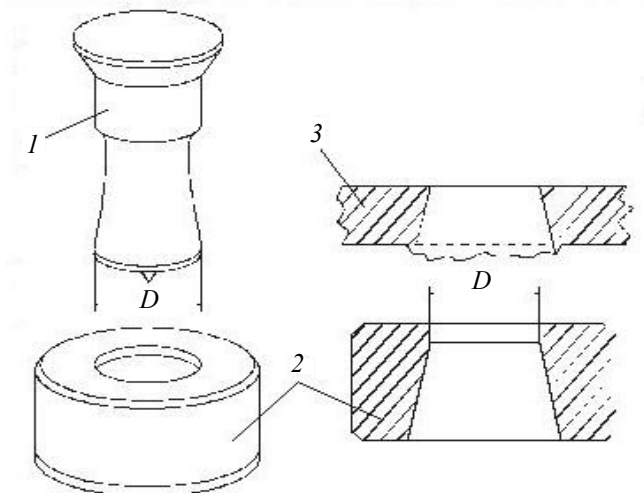


Рис. 3.55. Дырочный штамп для малых отверстий:

1 – пуансон; 2 – деталь; 3 – матрица

Отверстия прокалывают за одно нажатие пуансона в штампе, который имеет форму отверстия. Прокалывание отверстий сопровождается наклепом их кромок и вызывает ухудшение механических свойств, а иногда и появление трещин

от отверстия до кромки детали. Поэтому чаще используют сверление отверстий, особенно при обработке стали повышенной прочности.

Сверление отверстий обеспечивает большую точность обработки и позволяет получить ровную (без конусности, как при прокалывании) поверхность отверстий и без наклепа. Отверстия сверлят по разметке или кондукторам. При изготовлении большого числа одинаковых листовых деталей применяют сверление пакета (пачки) листов при его толщине 60...80 мм. В этом случае размечают лишь верхний лист пакета, крепко стянутый с другими болтами или струбцинами. Сверлению пакета как операции в потоке обработки деталей предшествует резка листов механическим способом.

Для сверления листов больших размеров наиболее удобными является радиально-сверлильные станки (рис. 3.56). Станки устанавливают в один ряд таким образом, чтобы шпиндель одного станка захватывал часть зоны действия шпинделя соседнего станка (см. рис. 3.56,а). Тогда пакет листов, который лежит на столе, можно обслуживать одновременно двумя станками. Для обеспечения непрерывности процесса ставят такой же стол и с другой стороны станков. В то время, как идет работа на первом столе, можно готовить очередной пакет листов на втором столе.

Длину листа, которую обслуживает станок без перемещения листа, определяют по формуле (см. рис. 3.56,б)

$$L = 2\sqrt{R^2 - (B + r)^2}.$$

Для сверления выбирают сверла, изготовленные из быстрорежущей или инструментальной углеродной стали. Самый большой диаметр просверливаемых отверстий – 80 мм.

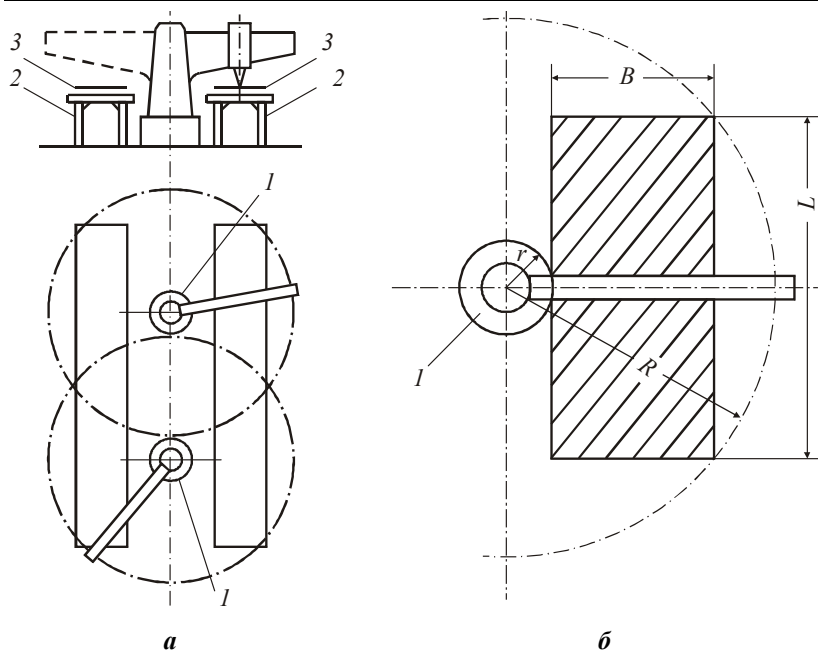


Рис. 3.56. Схема радиально-сверлильного станка:
 1 – сверлильный станок; 2 – стол; 3 – обрабатываемая деталь;
 r, R – минимальный и максимальный радиусы поворота шпинделя
 соответственно; B, L – габаритные размеры детали

Отверстия в небольших деталях (в корпусообрабатывающих и, особенно, в слесарно-корпусных цехах) сверлят на обычных вертикально-сверлильных станках, более дешевых и компактных по сравнению с радиально-сверлильными.

Зенкование выполняют для подготовки проколотых и просверленных отверстий к клепке в потай. Отверстие со стороны потайной головки заклепки получает коническую форму на соответствующую глубину. Согласно требованиям Правил классификационных обществ зенкование выполняется с углом конуса около 60° на всю толщину листа, если

толщина 12,5 мм и меньше (рис. 3.57,*а*), и под углом 45° на 0,9 толщины листа, если толщина больше 12,5 мм (см. рис. 3.57,*б*).

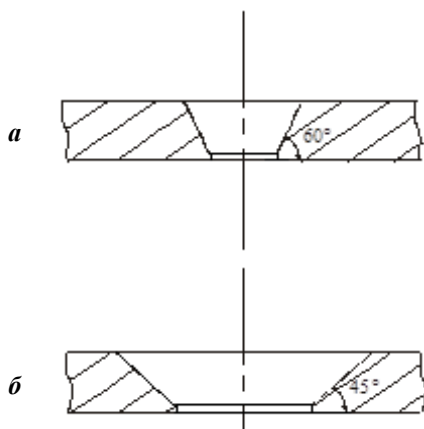


Рис.3.57. Форма отверстий после зенкования

Зенкование выполняют на сверлильных станках. Для ускорения процесса используют специально предназначенные станки с ручной подачей шпинделя. В качестве инструмента используют конусные сверла – зенкеры, которые отличаются от нормальных спиральных сверел тем, что не имеют заточенных торцов своих спиралей, а срезка металла выполняется только лезвиями конуса.

Механическая обработка деталей из профильного проката. Шпигаты, голубницы, вырезы для перетекания воды вырубают или покалывают вертикальными или горизонтальными штампами на односторонних комбинированных станках. В случае прокалывания отверстий на вертикальных прессах подбирают матричное ложе в соответствии с сечением обрабатываемого профиля.

Сверление отверстий выполняют на вертикально– и горизонтально-сверлильных станках. Отверстия в коротких

деталей сверлят на вертикальных радиально-сверлильных станках. Горизонтально-сверлильные станки применяют при сверлении отверстий у гнутых и длинных деталей. Качество просверленных отверстий выше, чем проколотых, но трудоемкость больше.

Резку деталей из профильного проката выполняют на комбинированных пресс-ножницах. При резке большого числа деталей одинаковой длины используют специальное упорное приспособление, позволяющее обойтись без разметки.

Для **комплексной обработки деталей из профильного проката** применяют автоматизированные гидравлические прессы ПГА мощностью 200 т (ПГА-200) или 250 т (ПГА-250). Прессы ПГА 200/250 имеют штамповый блок, в котором в горизонтальной плоскости по кругу устанавливают 6 штампов разной формы. Сверху над штамповым блоком расположен нажимной цилиндр. С помощью штампа необходимой формы, который устанавливается над обрабатываемой деталью, может выполняться резка по размеру ее длины, вырубка фигурных вырезов или срезов. В комплекте прессы есть клеймильный аппарат, который выбивает на детали маркировку. Подачу деталей к штампу осуществляет рольганг. Весь комплект работает автоматически от одного программного устройства. Программа работы прессы и маркировка осуществляются на основе рабочих эскизов деталей. При программировании задают величины движения заготовки из профильного проката и технологические команды: "движение вперед", "движение назад", "введение новой заготовки", "номер штампа" и др. По последней команде механизм станка возвращает штамповый блок в необходимое положение. Согласно командам, записанным в определенной последовательности, включаются нажимной гидроцилиндр, клеймильный аппарат и рольганг. На рис. 3.58 приведена поточная автоматизированная линия обработки профильного проката.

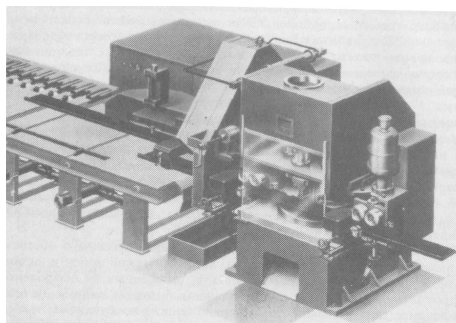


Рис. 3.58. Поточная автоматизированная линия
обработки профильного проката



Г Л А В А 4

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ КОРПУСА СУДНА

4.1. Технологическая классификация сборочных единиц корпуса судна

Корпус судна состоит из десятков тысяч, а на крупных судах – из сотен тысяч деталей из листового и профильного проката. Из этих деталей в сборочно-сварочном цехе (ССЦ) изготавливают сборочные единицы различного уровня сложности: **узлы, секции с насыщением и блоки секций**, отличающиеся габаритными размерами и формой, технологией изготовления, применяемой оснасткой, приспособлениями и инструментами. В составе корпуса современного судна, особенно крупного, может быть несколько десятков блоков секций, сотен секций и тысяч узлов.

Сборочная единица – изделие, составные части которого подлежат соединению на предприятии-изготовителе с помощью сборочных операций. Некоторые конструкции корпуса судна включают еще и массивные отливки и поковки, например, штевни. Изготовление этих конструкций выполняют на многочисленном оборудовании с применением различных методов труда и оно составляет от 12 до 18 % общей трудоемкости строительства судна.

Деление корпуса на сборочные единицы (*секции и блоки секций*) выполняют при проектировании судна в конструкторском бюро. При этом комплексно учитывают различные многочисленные факторы: конструктивные (систему набора корпуса, размеры листового и профильного проката, расположение корпусных конструкций, механизмов и т.п.); технологические (метод постройки судна, удобство выполнения основных видов корпусных работ при изготовлении и монтаже корпусных конструкций, возможность применения средств механизации, жесткость конструкции при ее кантовке, транспортировке и установке и др.); производственные (возможность изготовления конструкций при существующих оснастке и средствах механизации, грузоподъемность кранов в сборочно-сварочном цехе и на построечном месте, высоту от пола до подкрановых путей и размеры ворот цехов, грузоподъемность и размеры транспортных средств и т.п.); организационные (специализация рабочих мест). На судостроительном предприятии в процессе технологической подготовки производства из состава секций отдельно выделяют **узлы**.

Классификационная схема разделения объектов сборки по основным конструктивно-технологическим признакам приведена на рис. 4.1.

К конструктивно-технологическим признакам секций относятся:

- форма ограничивающих поверхностей (плоская или криволинейная), определяющая способ базирования при сборке;
- соотношения высоты и числа балок набора разного направления, от которых зависят возможности механизации их сборки и автоматизации сварки, а также величина и характер остаточных сварочных деформаций;
- отношение максимальной высоты секции к ее размерам в плане, также влияющее на способ базирования и величину остаточных деформаций.

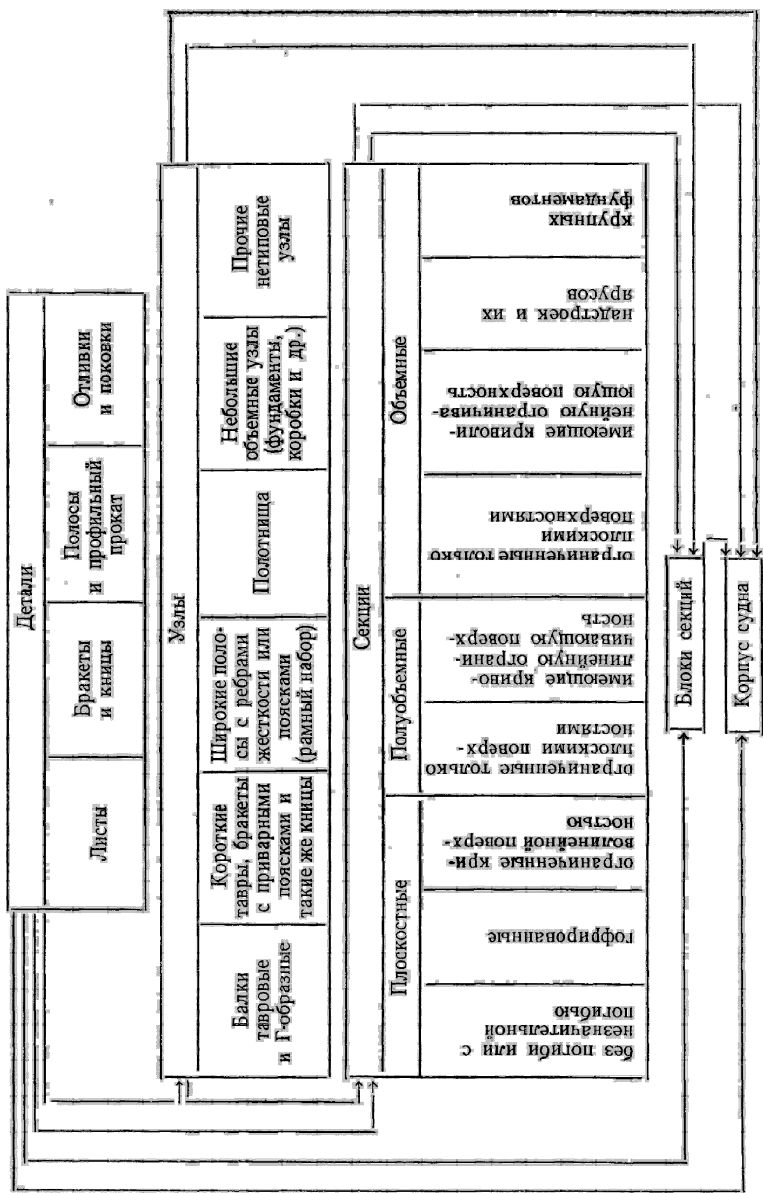


Рис. 4.1. Конструктивно-технологическая классификация сборочных единиц корпуса судна

Узлом называется технологически законченная часть корпусной конструкции, состоящая из нескольких деталей, соединенных с помощью сварки ("технологически законченная" означает, что узел может быть передан на следующую операцию сборки). К узлам относятся: Т-образные (тавровые) и Г-образные сварные балки, короткие тавры, brackets и кницы с приварными поясами, широкие полосы с ребрами жесткости, полотнища, небольшие объемные узлы (фундаменты, коробки и др.) и прочие нетиповые узлы. Балками называют узлы с соотношением длины к большему размеру поперечного сечения более $4,5 \dots 5,0$. На рис. 4.2 приведены **типовые** узлы корпусных конструкций. Типовыми считаются группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

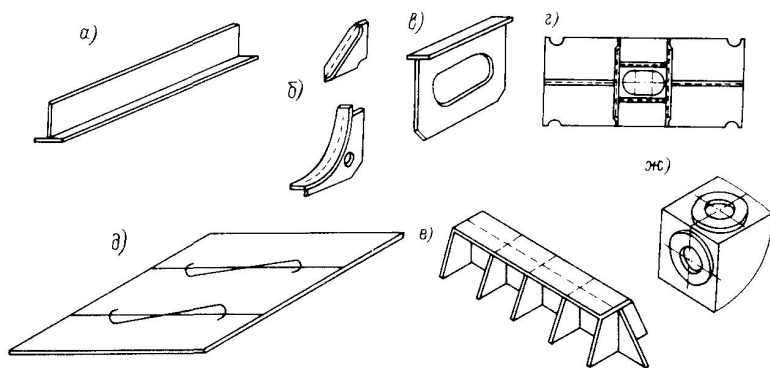


Рис. 4.2. Типовые узлы корпусных конструкций:

а — балка таврового профиля; **б** — кницы с прямолинейными и криволинейными поясами; **в** — bracket с вырезом и пояском; **г** — широкая полоса с ребрами жесткости; **д** — полотнище из трех листов; **е** — фундамент; **жс** — кингстонная коробка

Секция — технологически законченная часть корпуса судна, состоящая из нескольких узлов и отдельных деталей, соеди-

ненных с помощью сварки, и включающая обычно часть насыщения (рис. 4.3). Секции больших размеров, которые не соответствуют размерам ворот ССЦ, грузоподъемности кранового оборудования или транспортных средств, разделяют на части (мелкие секции) – **подсекции**, соединяемые при последующей сборке в состав более крупных (рис. 4.3,з).

Плоскостными считаются секции, у которых высота H балок набора главного направления (направления, в котором число балок больше) составляет не более 7 % ($1/15$) меньшего размера секции в плане В (рис. 4.3,а,б). При такой высоте балок относительно просто механизировать изготовление секции на стендах, снабженных сборочными и сварочными агрегатами. Плоскостные секции подразделяют на плоские, плоскостные с небольшой погибью (обычно не превышающей $1/50$ меньшего размера секции в плане) и гофрированные.

Секции, у которых высота балок набора главного направления составляет от 7 до 20 % (от $1/15$ до $1/5$) меньшего размера секции в плане, называют **полуобъемными** (рис. 4.3,в,г). Объемными считаются секции, габаритные размеры которых соизмеримы во всех направлениях (рис. 4.3,д,е,ж,з).

Блоком секций называется технологически законченная часть корпуса судна, состоящая из секций, узлов и отдельных деталей (детали россыпи), соединенных с помощью сварки, и ограниченная плоскостями, параллельными мидель-шпангоуту (рис. 4.4). Блок секций с насыщением называют **блоком судна**.

Насыщением секции называют детали для крепления труб судовых систем, предметов оборудования и элементов изоляции судовых помещений, устройств, дельных вещей, электротрасс, а также другие детали и узлы устройств, систем, оборудования и отделки помещений, устанавливаемые в корпусной конструкции.

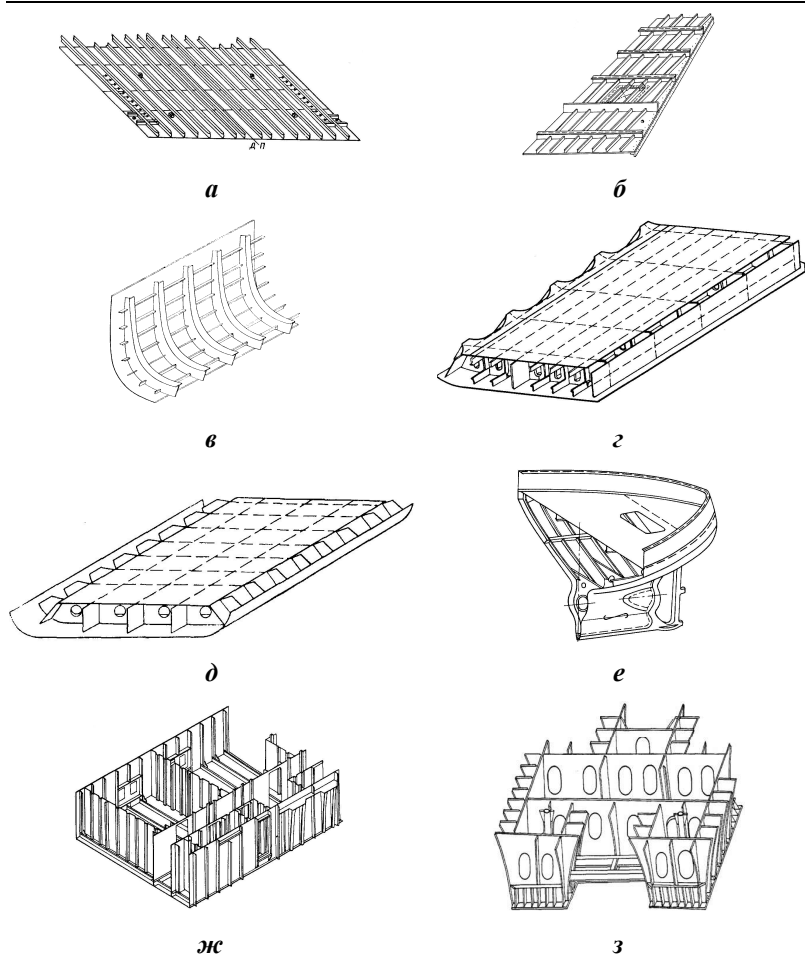


Рис. 4.3. Секции корпуса судна:

а – плоскостная без погиби с набором одного направления;
б – плоскостная без погиби с набором двух направлений; *в* – полуобъемная бортовая с погибью; *г* – полуобъемная днищевая; *д* – объемная днищевая с криволинейными обводами; *е* – объемная кормовой оконечности; *ж* – объемная яруса надстройки (показана палубой вниз); *з* – фундамент под главный турбозубчатый агрегат (в положении сборки)

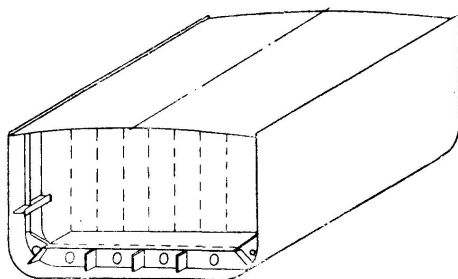


Рис. 4.4. Блок секций

При строительстве судов в модульном исполнении корпус делят на конструктивные модули – конструктивно и технологически законченные унифицированные или стандартные плоскостные или объемные сборочные единицы. Такими модулями могут быть модуль-панели, состоящие из плоских листов с набором или гофрированных листов, модуль-секции и модуль-блоки.

4.2. Оснастка, приспособления и инструмент для изготовления корпусных конструкций

Изготовление корпусных конструкций выполняют на линиях и участках сборочно-сварочного цеха, специализированных для сборки и сварки определенных типов узлов и секций.

Для осуществления любого технологического процесса необходима та или иная совокупность орудий производства, которые называют *средствами технологического оснащения* (СТО). К ним относят технологическое оборудование, оснастку, приспособления и инструмент. Технологическое оборудование – средства технологического оснащения, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещают материалы или заготовки, а также

средства воздействия на них. Примерами технологического оборудования служат гибочные прессы, машины для тепловой резки, агрегаты для сборки и сварки корпусных конструкций, станки для гибки труб, расточные станки и др.

При выполнении технологических процессов изготовления корпусных конструкций применяют большое число разнообразной *сборочно-сварочной оснастки*, которая должна:

- обеспечивать заданные габариты и форму изготавливаемых конструкций, а также необходимую точность взаимного расположения узлов и деталей. Этого достигают правильным выбором конструкции оснастки и предотвращением или компенсацией общих сварочных деформаций собираемой конструкции корпуса судна за счет ее жесткого закрепления и придания предварительной обратной погиби на время сварки, а также изменения плазовых обводов на основе расчета ожидаемых сварочных деформаций или опыта изготовления аналогичных конструкций;

- быть удобной в эксплуатации и способствовать снижению трудоемкости проверочных и сборочно-сварочных работ. В конструкциях оснастки предусматривают: быстродействующие прижимы для закрепления собираемых конструкций; фиксирующие устройства, уменьшающие время на разметку мест установки узлов и деталей и проверку их положения в процессе сборки; вырезы, обеспечивающие удобство и доступность выполнения работ;

- обеспечивать возможность механизации выполняемых сварочных работ. Для этого оснастку снабжают устройствами для автоматической сварки при повышенных зазорах или односторонней сварки с одновременным формированием

двустороннего сварного шва, а также устройствами поворота изготавливаемой конструкции в удобное для сварки положение;

- быть транспортабельной, т.е. иметь рымы для крепления тросов, а также быть достаточно легкой, но жесткой, чтобы не деформироваться в процессе транспортировки.

К технологической оснастке относят СТО для изготовления корпусных конструкций (стенды, постели, стапель-кондукторы, кантователи, позиционеры и др.), оснастку к трубогибочным станкам, оснастку для проведения испытаний механизмов, устройств.

Разработку технологических процессов, выбор существующих или создание новых средств технологического оснащения выполняют на стадии технологической подготовки производства к постройке судов. Классификация сборочно-сварочной оснастки, применяемой при изготовлении узлов, секций и блоков секций приведена на рис. 4.5.

Сборочные стенды – металлические или железобетонные конструкции, рабочая поверхность которых служит опорой для плоских базовых элементов узлов и секций (рис. 4.6).

Постелями называют специальное технологическое оборудование судостроительного производства, которое обеспечивает возможность сборки конструкций сложных криволинейных обводов и создает опорную поверхность для установки любой собираемой конструкции (борта, днища, гофрированной переборки) в горизонтальном или близком к нему положении. Классификация сборочно-сварочных постелей приведена на рис. 4.7. Конструктивное исполнение постелей разнообразно и зависит главным образом от серийности выпуска изготавливаемых секций (рис. 4.8–4.9).

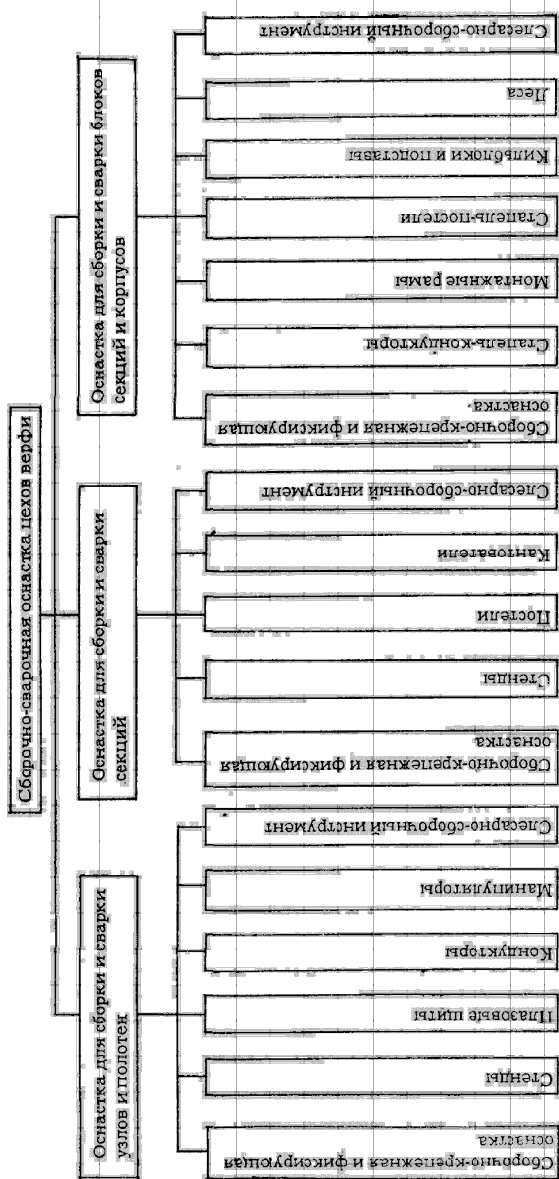


Рис. 4.5. Классификация сборочно-сварочной оснастки

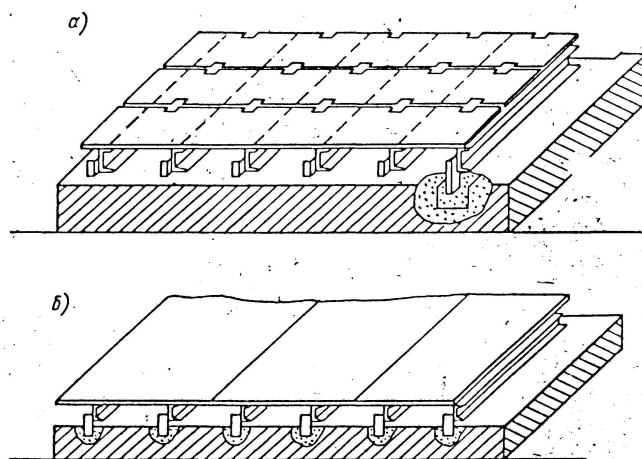


Рис. 4.6. Сборочные стенды:
 а – с настилом из листов, имеющих вырезы для крепления приспособлений; б – со сплошным настилом

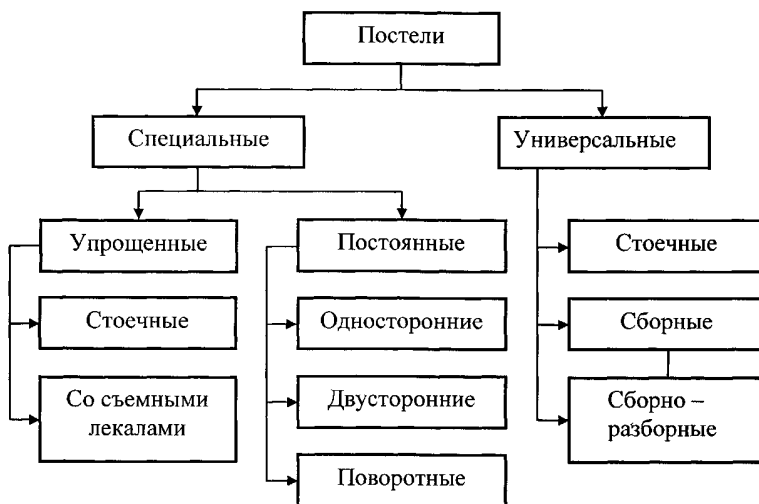


Рис.4.7. Классификация сборочно-сварочных постелей

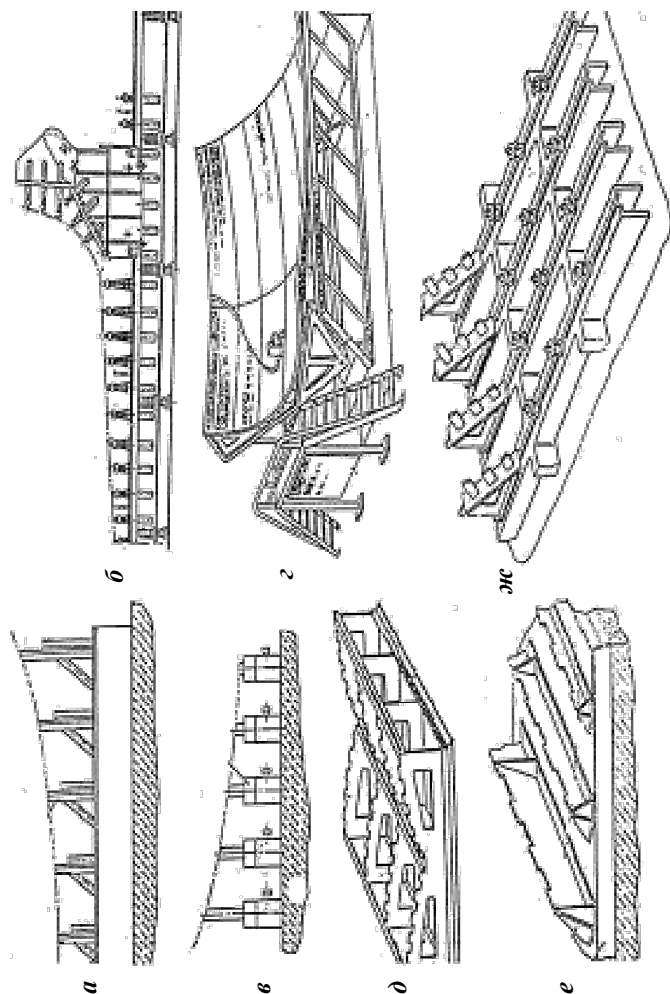


Рис. 4.8. Конструктивные типы постелей:

а – упрощенная стоечная с постоянными стойками; *б* – универсальная; *в* – упрощенная стоечная с выдвигаемыми стойками; *г* – поворотная; *д* – постоянная односторонняя; *е* – со съёмными наклонными лекалами; *ж* – стоечный стенд-постель

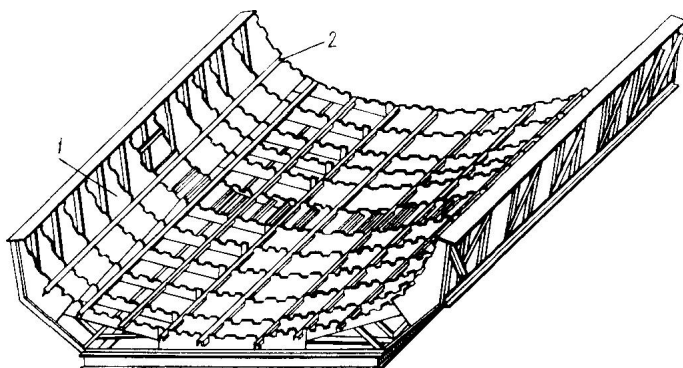


Рис. 4.9. Постоянная постель для сборки днищевых секций:
1 – лекало; 2 – продольная связь

Кондуктор – это устройство, позволяющее закреплять детали узла относительно друг друга в нужном положении, стягивать и удерживать их от свободного перемещения во время сварки, фиксировать геометрические параметры узла за счет установки фиксаторов без пригонки. Большим преимуществом кондукторов является то, что они обеспечивают точность расположения деталей собираемой конструкции без разметки. При сборке в кондукторе сварочные деформации уменьшаются на 20...30 % по сравнению со свободной сборкой и сваркой узлов.

Кондукторы могут быть:

- специализированными (в условиях серийного производства), изготовленными и настроенными на сборку тавровых балок определенного типоразмера и формы;
- универсальными, быстропереналаживаемые для изготовления тавровых балок необходимого типоразмера.

По степени механизации кондукторы делятся на:

- с винтовыми прижимами типа струбцин;
- с электромагнитными прижимами;

- с пневматическими прижимами;
- с гидравлическими прижимами.

Простейшим кондуктором для сборки тавровых балок является винтовой кондуктор, схематично показанный на рис. 4.10. Он также может использоваться для сборки коротких тавров, бракет и книц с прямолинейными и криволинейными поясками.

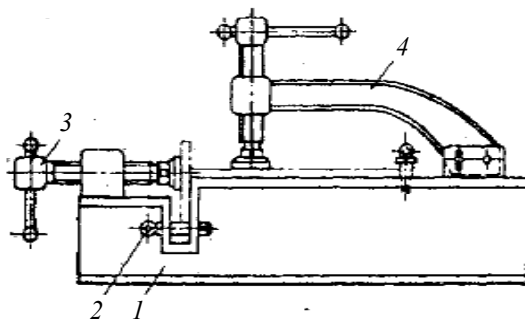


Рис. 4.10. Схема устройства простейшего винтового кондуктора:
1 – рама кондуктора; 2 – закладной штырь; 3 – горизонтальный прижим; 4 – вертикальный прижим

В современных кондукторах используются пневмоэлектромагнитные прижимы. Схема такого кондуктора показана на рис. 4.11. На корпусе кондуктора установлен электромагнитный прижим 1, фиксирующий стенку собираемой балки. Горизонтальный пневматический прижим 3 осуществляет прижатие полки к стенке. Фиксация положения полки по высоте осуществляется вертикальным фиксатором 2. Для возможности поворота узла у некоторых кондукторов предусмотрены кантователи и манипуляторы.

Для изготовления тавровых балок также используют станки. Принципиальная схема станка для сварки тавровых балок приведена на рис. 4.12, а схема рабочего узла станка СТС-2М – на рис. 4.13.

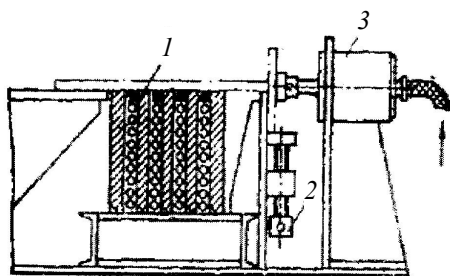


Рис. 4.11. Схема пневмоэлектромагнитного кондуктора для сборки и сварки тавровых балок:

1 – электромагнитный прижим; 2 – вертикальный фиксатор;
3 – пневматический прижим

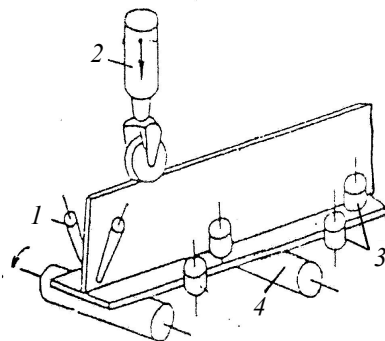


Рис. 4.12. Принципиальная схема станка для сварки тавровых балок:

1 – сварочная головка; 2 – нажимной ролик; 3 – центрующие ролики;
4 – приводные опорные ролики

Взаимная наводка и стягивание сопряжений производится системой роликов: направляющих, приводных опорных и нажимного. Нажимное усилие создают установкой пружинных и пневматических механизмов. Сваривают тавровую балку одновременно двумя сварочными головками с двух сторон.

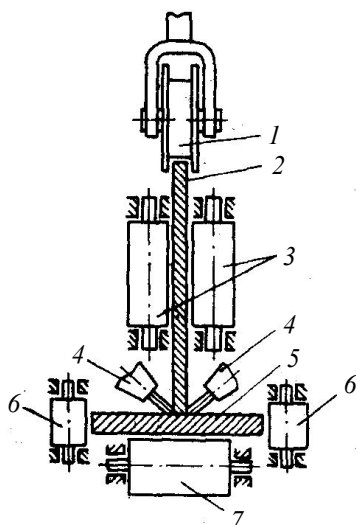


Рис. 4.13. Схема рабочего узла станка СТС-2М:

1 – обжимающий ролик; 2 – стенка тавровой балки; 3 – ролики, центрующие стенку; 4 – сварочные головки; 5 – полка тавровой балки; 6 – ролики, центрующие полку; 7 – ведущий ролик

Станок позволяет сваривать балки достаточно большой кривизны (радиусом более 2500 мм). Кривизна балки компенсируется подъемом и опусканием ее концов на опорах специальных тележек.

На рис. 4.14 в качестве примера приведен станок для сварки двутавровой балки с двумя сварочными головками.

Используются и поточные линии типа МИБ-700. Линия состоит из следующих основных частей (рис. 4.15); сборочно-сварочного станка, имеющего консоль с вертикальными и горизонтальными роликами для взаимного центрирования пояска и стенки и их движения в рабочую клеть станка; приемного рольганга, на который выходит сваренная балка; переднего перегружателя с поворотными электромагнитными

захватами для подачи на консоль станка поясков и стенок; заднего перегружателя для снятия готовых балок с приемного рольганга и укладки их в контейнер. Кроме того, рядом с линией установлены столы: передний – для установки кассеты с поясками и стенками и задний – для контейнера с готовыми балками.



Рис. 4.14. Станок для сварки двутавровых балок

Современные поточные линии включают дополнительные устройства и обрабатывающие станки, позволяющие выполнить полный комплекс операций по изготовлению узлов. Обычно такие линии комплектуют следующим оборудованием:

- стенд для сборки тавровой балки и электроприхватки полки к стенке;
- два участка сварки, оборудованных консольными машинами для сварки под флюсом;
- станок для правки грибовидности полок балки;
- камера дробеструйной обработки;
- торцефрезерный станок;
- участок резки со станками с ленточными пилами.

Современные установки содержат в своем составе сварочные манипуляторы, позволяющие максимально автоматизировать процессы сварки.

На рис. 4.16 показан общий вид портальной автоматической установки для сварки под флюсом крупных балок.

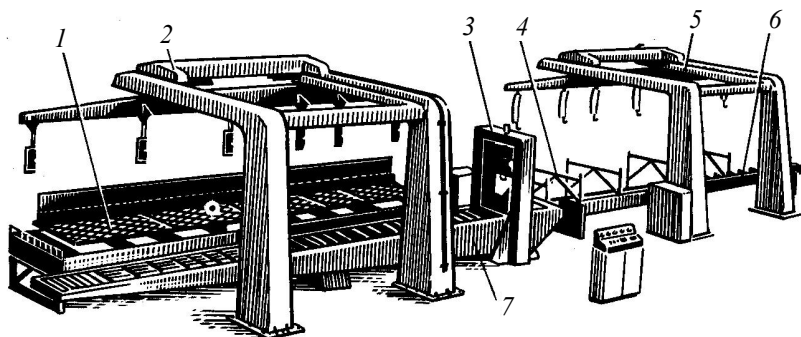


Рис. 4.15. Схема поточной линии МИБ-700 для механизированного изготовления прямых тавровых балок:

- 1 – передний стол для установки кассеты с поясками и стенками;
- 2 – передний перегружатель с поворотными электромагнитными захватами для подачи поясков и стенок;
- 3 – сборочно-сварочный станок;
- 4 – задний стол для контейнера готовых балок;
- 5 – задний перегружатель с электромагнитными захватами для снятия готовых балок;
- 6 – приемный рольганг для сваренной балки;
- 7 – консоль

Существуют проекты механизированных участков для изготовления таких групп узлов, как широких полос с ребрами жесткости или поясками (вертикальный киль, стрингеры, флоры, рамные бимсы и др.). На рис. 4.17 показана схема такого участка.

Кантователи (рис. 4.18) предназначены для поворота секции в удобное положение для сварки, особенно для применения полуавтоматической и автоматической под флюсом.



Рис. 4.16. Общий вид портальной автоматической установки для сварки под флюсом крупных балок

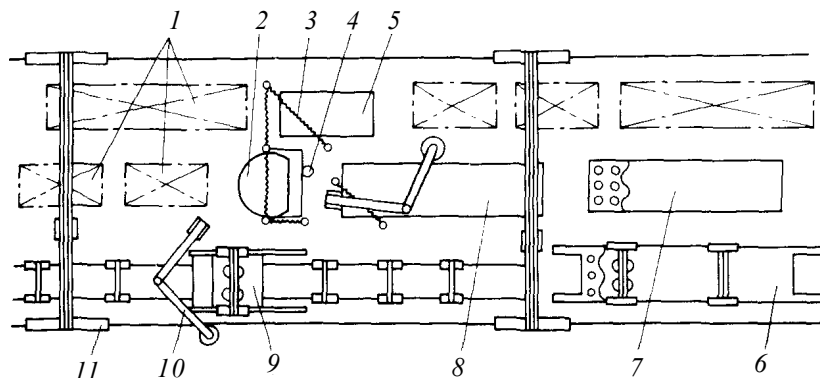


Рис. 4.17. Схема механизированного участка для изготовления узлов набора:

1 – контейнеры; 2 – поворотный стол сварщика; 3 – светозащитная ширма; 4 – винтовой стул; 5 – стол сборки; 6 – стол для правки узлов; 7 – накопитель узлов вертикального типа; 8 – сварочный стол; 9 – универсальный стенд для сборки узлов; 10 – стрела для сварочного оборудования; 11 – полукозловой кран

Стапель-кондукторы (рис. 4.19–4.20) являются одной из разновидностей постелей. Предназначены для сборки

и сварки объемных секций оконечностей и блоков секций. Так же как постели, стапель-кондукторы с помощью ферм-лекал воспроизводят криволинейные обводы корпуса, обеспечивают возможность установки и контроля положения узлов и плоскостных секций, из которых собирают объемные конструкции и блоки. Они предназначены для сборки форпика и ахтерпика, оборудованы специальными устройствами для центровки деталей относительно оси валопровода и баллера руля, а также для проверки положения форштевня.

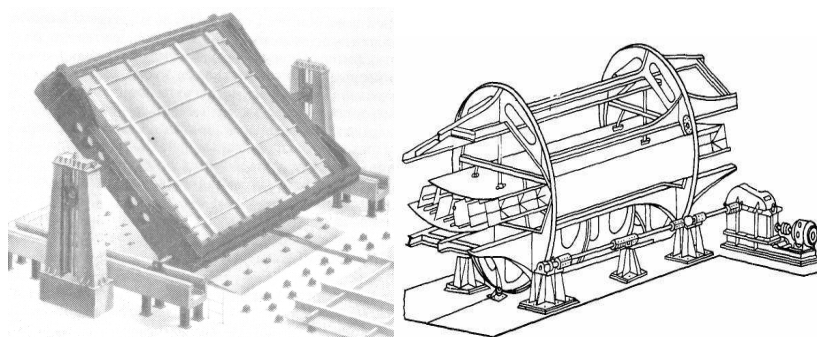


Рис. 4.18. Кантователи

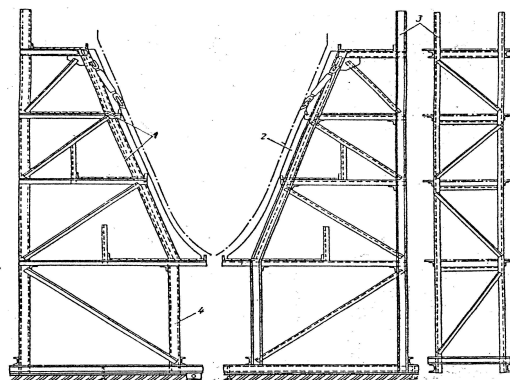


Рис. 4.19. Стапель-кондуктор

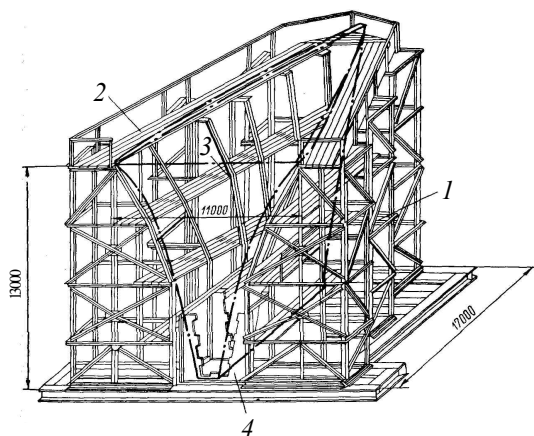


Рис. 4.20. Кондуктор для сборки и сварки объемной секции носовой оконечности

Приспособления (рис. 4.21), главным образом, обеспечивают фиксацию или перемещение предметов труда или инструмента при выполнении технологической операции. Приспособлениями являются: направляющие для перемещения по заданной траектории полуавтоматов для тепловой резки и сварочных автоматов; зажимы и фиксаторы для закрепления деталей, узлов и секций корпуса судна при их сборке; устройства, применяемые при монтаже валопроводов, механизмов, трубопроводов. При установке высокого продольного и поперечного набора, переборок применяют раскосы, фиксаторы, направляющие планки-фиксаторы.

Наряду с ручными применяют и механизированные сборочные приспособления, специализированные и универсальные. Специализированные приспособления входят в состав механизированного оборудования участков и поточных линий, например, для изготовления тавровых балок, плоских секций. Универсальные механизированные сборочные приспособления с гидравлическим, пневмогидравлическим

или пневматическим приводом представляют собой переносные стяжки (талрепы), распорки или домкраты.

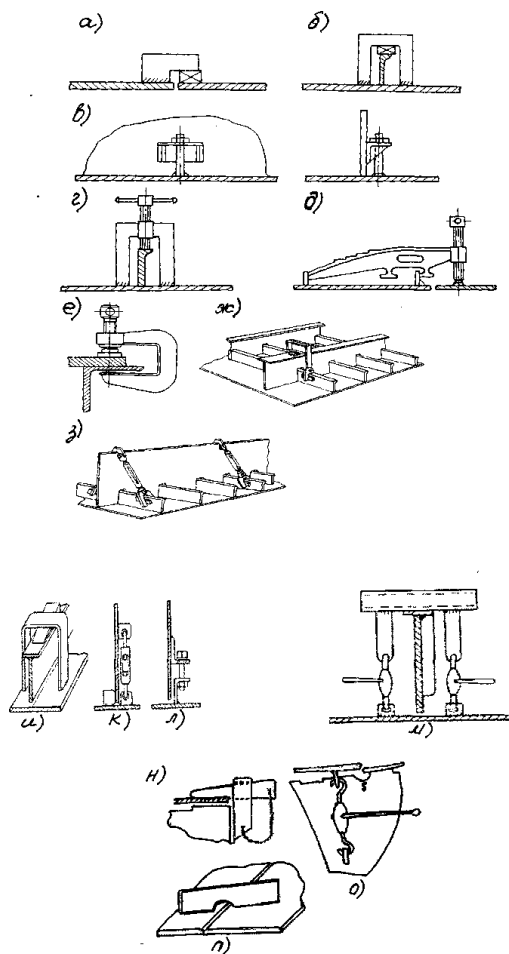


Рис. 4.21. Различные типы приспособлений:

а, б, и, н – Г и П-образные скобы с клиньями; **в, л** – болт-угольник; **г** – П-образная скоба с нажимным винтом; **д** – скоба "рыбий хвост"; **е** – струбцина; **ж** – клиновой прижим; **з** – прижим с талрепом; **к, м, о** – обушки с талрепом; **п** – гребенка

Инструмент предназначен для воздействия на предмет труда с целью изменения его состояния. Номенклатура инструмента, применяемого в судостроительном производстве, весьма широка.

Общеслесарный инструмент, который используют судосборщики при изготовлении деталей, узлов и секций судового корпуса, в общем случае может быть классифицирован следующим образом:

- **ручной инструмент** предназначен для выполнения основных простейших слесарно-сборочных операций с помощью мускульной силы работника, без применения механизмов и двигателей.

- **механизированный инструмент** выполняет работу, используя энергию электрического тока либо гидро-пневмопотока. Наиболее широко используют электроприводной инструмент, в котором полезная работа совершается приводным электродвигателем.

Главным недостатком электроинструмента является опасность поражения работающего электрическим током и невозможность работать в мокрых помещениях, поэтому при работе с электроинструментом необходимо соблюдать особые меры предосторожности. Однако, благодаря практически повсеместной доступности электропитания, электрический инструмент распространен на всех видах верфей и особенно при судоремонте и доковании судов в доках и на небольших судоремонтных заводах.

Общеслесарный ручной и механизированный инструмент предназначены для выполнения определенных простейших стандартных слесарных операций, которые могут возникнуть при сборке судовых металлоконструкций (табл.4.1.)

Классификация судосборочного инструмента может выглядеть следующим образом:

ГЛАВА 4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ КОРПУСА СУДНА

- к специальному мерительному инструменту можно отнести комплект судостроительных лекал для контроля криволинейных поверхностей, малочники для снятия размеров на криволинейных поверхностях;
- для разметки и причерчиваний кромок используют разметочный рейсмус, циркули;
- для доводочных перемещений секций при сборке применяют винтовые талрепы, гидростяжки, винтовые распоры, гидравлические распоры (гидродомкраты).

Таблица 4.1. Наиболее применяемый ручной и электрический стандартный инструмент

№	Наименование операции	Ручной инструмент	Электроинструмент
1	Измерения, контроль поверхностей, разметка	Метр складной, рулетка, чертилка, кернер, циркуль, штангенциркуль, угольник, уровень	Лазерный нивелир
2	Рубка металла	Слесарное зубило, крейцмейсель, молоток, кувалда	Электрозубило, перфоратор
3	Резка металла, обработка кромок, прирезка кромок секций	Ручные ножницы, ручная ножовка (пила)	Отрезные машинки, электроножовка (пила для металла), высечные ножницы
4	Опиливание металла	Напильники надфили, рашпили	Электронапильник, угловые шлифовальные машинки
5	Правка металла	Кувалда, гладильные молотки	Перфоратор
6	Сверление, зенкование	Сверло, зенкер	Электродрели
7	Развертывание отверстий	Развертки	
8	Нарезание резьбы	Метчики, плашки, прогонки	Электродрели

Крупные судостроительные предприятия, имеющие разветвленную сеть внутризаводских магистралей, в том числе сжатого воздуха, применяют механизированный пневмоинструмент, взамен электрического для выполнения простейших слесарных операций сверловки, шлифования, рубки. Указанный инструмент лишен недостатков электроинструмента, т.е. позволяет работать в мокрых помещениях (отсеках судна) и под открытым небом не зависимо от погодных условий.

К ударным пневматическим инструментам относятся пневматические молотки, которые комплектуются вставным рабочим инструментом: зубила, чеканы, насечки, выколотки и т.п.

К пневматическим вращательному инструменту относятся пневматические сверлильные машинки, пневматические шлифовальные машинки, пневматические ключи-гайковерты, пневматические щетки.

4.3. Состав и характеристика технологических операций изготовления корпусных конструкций

Производственный цикл в сборочно-сварочном цехе начинается с момента получения деталей с участка комплектации корпусообрабатывающего цеха и заканчивается испытанием на непроницаемость и окраской готовой корпусной конструкции. За это время выполняют различные виды работ: сборочные (в том числе разметку и проверку), сварочные с последующим контролем сварных соединений, пневматические (зачистку, рубку, сверление, клепку и чеканку), правку (тепловую или холодную), работы по установке деталей насыщения, проверочные работы, межоперационную окраску корпусных конструкций.

Сборка под сварку. Процесс сборки под сварку заключается в подготовке и предварительном соединении элементов конструкций для последующего окончательного их скрепления сваркой. Промежуточное (до сварки) взаимное сочетание кромок и поверхностей собираемых элементов, удовлетворяющее требованиям процесса сварки, называется сопряжением. При сборке более сложных конструкций, например, секций, часто собирают одновременно несколько сопряжений, находящихся рядом или пересекающихся друг с другом. Трудоемкость сборочных работ, включая пригонку деталей, составляет от 40 до 50 % всей трудоемкости изготовления корпусных конструкций.

Непременным условием изготовления корпусных конструкций является применение и настройка сборочной оснастки, что сводится к проверке формы ее рабочей поверхности – плоской для плоских конструкций; соответствующей плазовым данным – для криволинейных.

Непосредственное изготовление корпусной конструкции начинается с установки и ориентирования базовой детали или узла. Затем выполняется разметка базовых и контрольных линий, линий притыкания набора и т. п.

Основными документами для выполнения разметки являются данные, полученные от конструкторско-технологического отдела, и рабочие чертежи конструкций. Разметку чаще всего производят вручную, выполняя геометрические построения простейшим измерительным и разметочным инструментом. При сборке конструкций с применением сборочно-сварочных агрегатов разметка, как правило, не требуется.

Состав размечаемых линий и их обозначения определяются конструкцией данного узла или секции и способами их изготовления. Например, на полотнищах плоских секций намечают линии основных или параллельных им плоскостей, от которых выполняют необходимые измерения, размечают

линии положения набора и насыщения данной секции, устанавливают положение контрольных линий.

Детали и участки поверхности, подготавливаемые к сварке, а также места приварки временных креплений и сборочных приспособлений непосредственно перед сборкой высушивают и очищают от ржавчины до чистого металла. Ширина зачищаемой полосы на 5...10 мм превышает ширину сварного шва. Зачистку производят пневматическими или электрическими машинками с вставными металлическими щетками или абразивными кругами, а для наиболее важных соединений места сварки фрезеруют или вырубают пневмозубилами.

После подготовки кромок и поверхностей выполняют первичное наведение пригоняемых деталей с проверкой положения и предварительным закреплением электроприхватками. Размеры электроприхваток приведены в табл. 4.2. Производят проверку положения сборочно-сварочной оснастки, проверку положения, размеров и формы самих конструкций и их отдельных элементов. Для компенсации возможных погрешностей по пригоняемым кромкам деталей и узлов, а также по монтажным кромкам готовых конструкций оставляют припуски шириной 20...30 мм.

Таблица 4.2. Размеры электроприхваток

Параметры прихваток	Толщина S свариваемых деталей, мм				
	до 3 вкл.	4...10	11...15	16...25	более 25
Длина прихваток	10...15	15...20	20...30	30...40	40...50
Расстояние между прихватками	100...200	150...250	250...350	350...450	450...600
Высота прихваток при сварке стыковых, тавровых и угловых соединений без скоса кромок	Меньше или равно S	(от 0,5 до 0,7) S , но не более 12 мм			

Продолж. табл. 4.2

Параметры прихваток	Толщина S свариваемых деталей, мм				
	до 3 вкл.	4...10	11...15	16...25	более 25
Катет прихваток при сварке тав- ровых и угловых соединений без скоса кромок	3	4	5	6	6

Припуск удаляют ручной тепловой резкой частично или полностью в соответствии с требуемыми размерами. Одновременно с удалением припуска или после него кромки собранной конструкции разделявают под сварку (снимают фаску).

Для стягивания сопрягаемых деталей или смещения их в требуемое положение при выполнении сборки необходимо прилагать сборочные (стягивающие) усилия. Величина стягивающих усилий зависит от типа сопряжений, зазора между сопрягаемыми элементами, их формы и геометрических характеристик, а также от характера закрепления участков, смежных с местом сопряжения. В большинстве случаев значения стягивающих усилий лежат в пределах от 80 до 500 кН.

Используемые приспособления закрепляют к планкам или обухам, приваренным к собираемым деталям. Прихватка обухов и планок увеличивает трудоемкость сборки и вызывает опасность повреждения поверхности конструкции короткими, зачастую некачественными швами, а также при последующем удалении планок и обухов. Поэтому рациональнее использовать приспособления, исключаящие приварку, но имеющие механические, вакуумные или электромагнитные захваты.

Закрепление деталей при сборке конструкций под сварку выполняют электроприхватками (жесткое закрепление) или эластичными креплениями (гребенками, скобами, талрепами,

струбцинами). Длина прихваток и их шаг обусловлены необходимостью создать надежное соединение собираемых деталей. Электроприхватки выполняют электродами той же марки, которые будут применяться при сварке данного соединения. Электроприхватки должны выполняться качественно, поскольку их металл, расплавляясь при сварке, входит в состав сварного шва.

Установка при сборке эластичных креплений обеспечивает свободное укорочение сварных соединений в плоскости свариваемых листов и противодействует развитию угловых деформаций. Сборочные гребенки, например, имеют длину порядка 350...450 мм и высоту около 80 мм. Их толщина должна быть в пределах $0,5S < S_r < S$, но не более 24 мм (S – меньшая толщина стыкуемых листов, S_r – толщина гребенки). Гребенки устанавливают при сборке листов параллельно друг другу под углом около 45° к соединению и приваривают к обоим собираемым листам. Удаляют гребенки после выполнения сварного шва первого прохода.

Исходя из анализа состава сборочных операций, операционное время сборки узла (человеко-час или нормо-час) можно представить, как совокупность времени на выполнение работ по установке, первичному наведению деталей с проверкой их положения и закреплением, проверке общей формы узла, которое определяется формой и размерами собираемых деталей, а также применяемой оснасткой, и времени на работы по совмещению кромок, их стягиванию и закреплению.

Сварка узлов и секций. При изготовлении корпусных конструкций возможны различные типы сварных соединений и швов. Сварку узлов и секций выполняют в основном механизированными способами в закрытых помещениях.

Объем ручной сварки обычно не превышает 10 % общей протяженности свариваемых швов. Высокая степень механизации объясняется преимуществами применения предварительной сборки. Конструкции можно кантовать, чтобы перевести швы в удобное для сварки положение. Благодаря доступности швов, применяют специализированные производительные сварочные установки; в закрытых помещениях исключается влияние атмосферных условий.

Все стыковые соединения протяженностью более 2 м, а также имеющие уклон вдоль шва не более 8° и поперек него до 20° , сваривают в нижнем положении автоматической сваркой под слоем флюса или в среде защитных газов.

К настоящему времени создано и освоено промышленностью несколько способов сварки соединения листов полотниц. Так сварка "на весу" (рис. 4.22, з) представляет собой автоматическую сварку под слоем флюса с одной стороны полотнища, а затем после его кантовки и строжки корня шва подваривают обратную сторону шва. При сварке "на весу" требуется тщательно подгонять стыкуемые соединения и применять ограниченные режимы сварки во избежание прожогов. В то же время при таком способе сварки легко обеспечить качественный шов по всей его длине благодаря хорошему формированию его обратной стороны после кантовки.

Следующий способ – это автоматическая сварка на флюсовой подушке (рис. 4.22, б). Такая подушка, предохраняющая от протекания жидкого металла шва, позволяет собирать конструкцию с увеличенным зазором в стыковом соединении. Технология сварки при повышенных допусках на сварочный зазор значительно облегчает сборку полотниц, исключает в большинстве случаев подрезку или прирубку кромок и позволяет применять достаточно высокие режимы сварки.

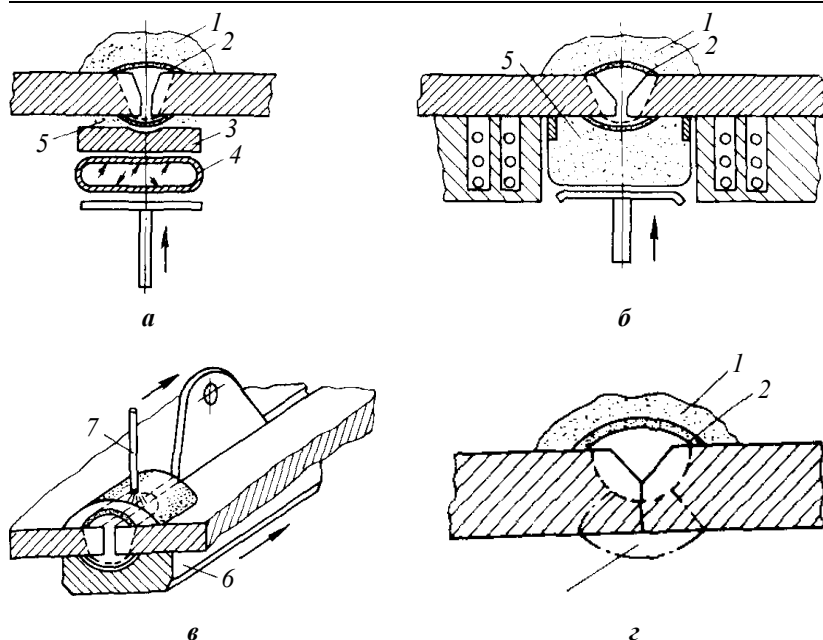


Рис. 4.22. Схема способов сварки стыковых соединений полотнищ:

а – на флюсомедной подкладке; *б* – на флюсовой подушке;

в – на скользящем медном ползуне; *г* – "на весу"

1 – верхний слой флюса; *2* – шлаковая корка; *3* – медная подкладка;

4 – воздушный шланг для поджигания; *5* – нижний слой флюса;

б – скользящий медный ползун; *7* – электрод

На отечественных заводах широкое распространение получила односторонняя сварка с двусторонним формированием шва стыковых соединений листов толщиной до 32 мм (рис. 4.22, *б*). Указанный способ по сравнению с двухсторонней сваркой имеет ряд существенных преимуществ: отпадает необходимость в кантовке и вырубке корня шва на крупногабаритных полотнищах, сваренных с одной стороны; становится возможным изготавливать полотнища в цехах с небольшой высотой до подкрановых путей, а также более

рационально использовать производственную площадь, так как отпадает необходимость в кантовочной площадке; повышается производительность труда, поскольку уменьшается основное (машинное) время на сварку швов и обработку корня шва.

Для практической реализации данного способа создан специальный сварочный стенд, состоящий из балок с электромагнитными прижимами, оснащенных флюсомедной подкладкой с прижимным устройством. Полотнища на стендах рассматриваемой конструкции сваривают трехдуговым сварочным автоматом, установленным на портале. Сварку можно производить одной, двумя или тремя дугами в зависимости от толщины свариваемых листов.

На судостроительных заводах применяется также односторонняя сварка на скользящем медном ползуне (рис. 4.22, *в*).

Тавровые соединения сваривают в нижнем положении полуавтоматической и автоматической сваркой под слоем флюса, а также полуавтоматической и автоматической сваркой в среде защитных газов. Автоматическую сварку ведут наклонным электродом, направленным в вершину угла образованного соединения.

Полуавтоматическую сварку в среде защитных газов применяют для коротких швов стыковых и тавровых соединений, а также для длинных швов пересечений элементов друг с другом, имеющих пространственное положение, отличающееся от нижнего. Во всех пространственных положениях также используют полуавтоматическую сварку порошковой проволокой – сварочной проволокой трубчатого сечения, содержащей внутри специальный порошок, состав которого улучшает качество сварного соединения, повышает стабильность и производительность процесса сварки и обеспечивает качественное формирование шва.

В реальных сварных соединениях всегда присутствуют погрешности формы и внутреннего строения. В тех случаях,

когда эти погрешности превышают установленные пределы, они считаются дефектами. Размеры допустимых погрешностей сварных швов оговариваются Правилами Классификационных обществ. Для обнаружения недопустимых наружных и внутренних дефектов сварные соединения корпусных конструкций подвергают контролю. Контроль сварных соединений узлов и секций корпуса выполняют внешним осмотром и измерениями сечения швов всех сварных соединений по всей протяженности, проверкой швов проникающим излучением (рентгено– или гаммаграфированием), ультразвуковым контролем швов, проверкой плотности путем смачивания керосином поверхности одной из сторон шва с промазыванием меловым раствором другой стороны, смачиванием шва мыльным раствором с одной стороны и обдувом сжатым воздухом с другой.

В крестообразных стыковых соединениях разрешается (а при автоматической сварке даже рекомендуется во избежание прожогов) ставить электроприхватки, если сварка каждого из них не прерывается у крестообразного соединения. На концах стыкуемых кромок выполняют две-три усиленные электроприхватки длиной 50...70 мм при расстоянии между ними 100...150 мм.

Электроприхватки, закрепляющие конструкции при сборке, подъеме, кантовке и транспортировке, зачищают от шлака, металлических брызг и тщательно проверяют при внешнем осмотре. Некачественно выполненные электроприхватки, а также электроприхватки с трещинами обязательно удаляют газовой или воздушно-дуговой строжкой.

Правка сварных корпусных конструкций. Изготовление сварных конструкций сопровождается сварочными деформациями, возникающими от неравномерного нагрева конструкций при сварке в условиях, исключающих свободное

образование и развитие тепловых деформаций металла. Остаточные сварочные деформации разделяются на общие и местные. Общими называют деформации, которые вызывают изменение размеров и формы всей конструкции. Они проявляются в виде продольного и поперечного укорочений и изгиба конструкции как жесткой балки. Местные деформации приводят к изменению формы отдельных элементов конструкций. К местным деформациям относят бухтиноватость полотнощ, "домики" по стыкам и пазам свариваемых листов и др.

В тех случаях, когда остаточные сварочные деформации превышают допускаемые, конструкции подвергают правке.

В практике судостроения распространены 4 метода правки судовых корпусных конструкций:

- холодный метод (механическое воздействие на дефектный участок);
- тепловой безударный метод (кратковременный местный нагрев с естественным или искусственным охлаждением без механического воздействия);
- комбинированный метод (кратковременный местный нагрев и механическое воздействие);
- подрез/разрезание дефектных участков с последующей сваркой выпрямленного участка.

Каждый из указанных методов правки может быть выполнен различными способами.

Холодный метод правки конструкций может быть выполнен следующими способами:

- изгибом конструкции на прессе;
- растяжением сварных конструкций на правильно-растяжных машинах;
- прокаткой плоских сварных конструкций в листопрямильных машинах;

- прокаткой зоны сварных соединений конструкций в специальных установках;

- проколачиванием зоны сварных соединений конструкций.

Тепловую безударную правку выполняют следующими способами:

- нагревом пламенем ацетилено-кислородной горелки;
- нагревом пламенем горелок с применением газов-заменителей ацетилена;
- нагревом независимой плазменной струей;
- нагревом электрической дугой плавящимся электродом;
- нагревом электрической дугой неплавящимся вольфрамовым электродом в среде защитных газов с присадкой или без присадки.

Комбинированный метод правки выполняют способами холодной и тепловой правки, изложенными выше, с применением механического воздействия посредством талрепов, скоб, стяжек, домкратов или грузов.

Метод подреза/разрезания дефектного участка с согласия проектанта допускается в случае больших стрелок местных деформаций. Применяют следующие способы устранения деформаций:

- разрезание стыковых соединений при стрелке прогиба более 30 мм, с последующим выравниванием кромок, разделкой и сваркой;
- надрез по центру бухтин свыше 30 мм с последующей разделкой кромок, выравниванием и заваркой;
- установка дополнительных продкрепляющих ребер жесткости для устранения ребристости стрелкой более 20 мм.

Размеры устанавливаемых ребер регулируют. При этом толщина ребер равна 0,6...0,8 толщины подкрепляемой обшивки, высота – 8...10 толщин ребра. Концы дополнительных ребер жесткости должны быть срезаны на ус и не должны доходить до перекрестного набора на расстояние 15...20 мм.

Максимальная стрелка прогиба конструкций, допускаемых к правке, не должна превышать 0,1 расстояния между ребрами жесткости. Правка низкотемпературным нагревом – тепловыми домкратами с температурой до 300 °С допускается для конструкций из всех материалов без ограничений.

Расстояние от нагреваемых при правке конструкций до незаваренных участков сварных соединений должно быть не менее 1 м. Правка этих участков допускается только в процессе монтажной сборки конструкций.

При правке тепловыми методами допускается только однократный нагрев одних и тех же мест. Максимально допустимая температура нагрева при правке не должна превышать 1000 °С для судостроительных углеродистых сталей и 450 °С для алюминиевых сплавов.

Кратковременный местный нагрев конструкций при правке тепловым методом выполняют в виде:

- пятен – применяют при правке бухтин обшивки тонколистовых конструкций толщиной менее 2 мм;
- штрихов – применяют при правке бухтин и волнистости по свободным кромкам листов;
- полос – применяют при правке ребристости обшивки под набором;
- треугольников – применяют при правке общего изгиба балок.

Размеры полос, штрихов и пятен должны соответствовать табл. 4.3 и зависят от толщины и марки материала выправляемой конструкции.

При использовании в качестве тепла при тепловой правке электрической дуги правка выполняют наложением холостых валиков (наплавки валиков электрической дугой плавящимся электродом) или холостых проходов (неплавящимся вольфрамовым электродом с присадкой или без нее).

Таблица 4.3. Размеры полос, штрихов и пятен при нагреве.

Марка материала	Толщина листов обшивки S, мм						
	2–3	4	5–6	7–10	11–15	16–20	свыше 20
Углеродистые стали	8–10	12–15	20–25	25–30	30–35	35–40	2 S
Легированные стали	5–8	8–10	10–12	12–15	15–20	20–25	S
Алюминиевые сплавы	8–10	10–15	15–20	20–25	25–30	30–35	35–40

Число нагреваемых участков конструкции должно быть минимальным, снижающим деформации до допустимых величин. При правке нагревом перемещение источника тепла (горелки) выполняют прямолинейно или зигзагообразно с постоянной скоростью. Перекрещивание участков нагрева не допускается.

Если холостые валики или холостые проходы одним концом выходят на свободную кромку детали, то к этой кромке в районе нагрева устанавливают технологическую планку для вывода кратера.

Метод правки конструкций с бухтинами выбирают в зависимости от типа бухтин, размеров, назначения и жесткости конструкции.

При правке длинных бухтин одного знака и бухтин с малой стенкой прогиба штрихи сначала наносят параллельно длинному набору, а затем по бухтине под углом 45° к набору. Штрихи и пятна наносят равномерно по всему деформированному участку в последовательности "вразброс" (рис.4.23).

Бухтины типа впадин, обращенных к набору называют **ребристостью**. Их следует устранять нагревом участков обшивки с наружной стороны над набором (рис.4.24).

Нагрев обшивки выполняют через одно ребро. Если после остывания ребристость все еще превышает установленную допустимую величину, правку продолжают нагревом

пропущенных ранее ребер. Для повышения эффективности правки бухтины между набором выжимают механическим воздействием (домкратами).

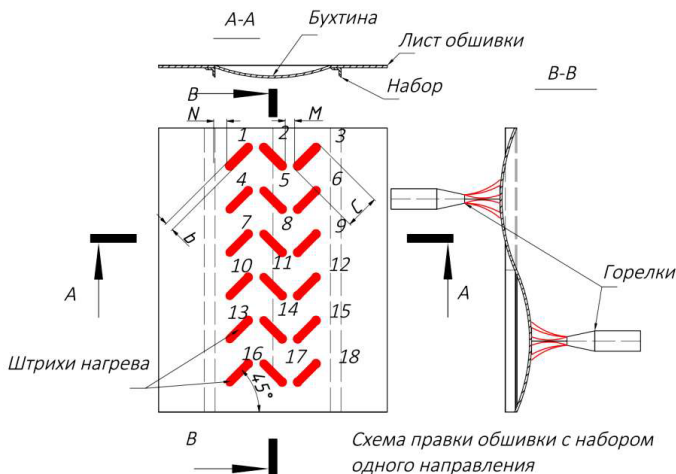


Рис. 4.23. Схема нагрева при правке обшивки с набором одного направления при бухтине одного знака:

b – ширина одного нагревательного штриха, мм; C – длина штриха, мм не более 30 толщин обшивки; N – отстояние ряда штрихов от набора, мм; $N = (0.1 \dots 0.15)T$; T – расстояние между набором, мм; M – расстояние между штрихами, $M = 2b$; 1, 2, 3, 4.... – последовательность нагрева штрихов

Конструкции с вольнистостью свободных стыковых монтажных кромок секций и комингсов секций правят путем негрева отдельных участков в виде расширяющихся к кромке полос (треугольников) или нагревом штрихами вдоль свободной кромки (рис.4.25).

Участки нагрева располагают в первую очередь против торцов приваренного набора (как продолжение нагрева от приварки набора), а затем при необходимости и между набором (рис.4.26).

4. 3. Состав и характеристика технологических операций...

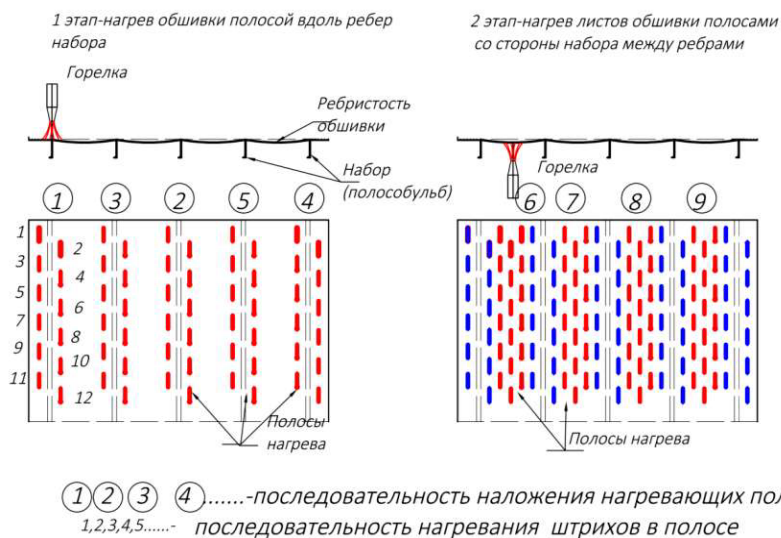


Рис. 4.24. Схема правки тепловым методом конструкции с ребристостью и набором одного направления

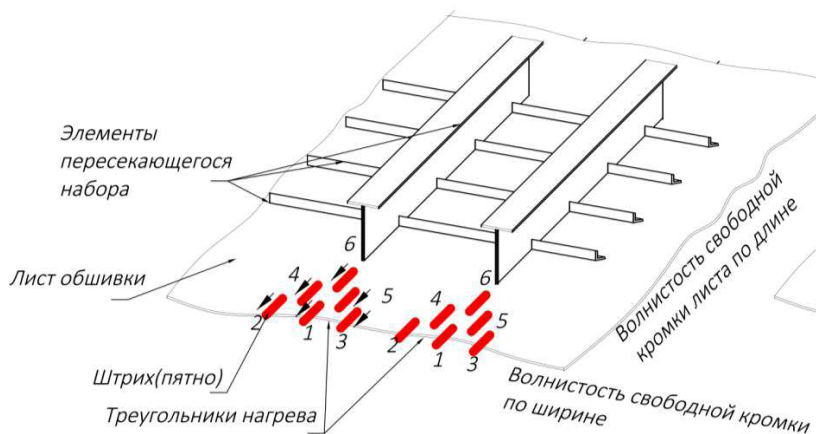


Рис. 4.25. Схема тепловой правки волнистости свободных кромок обшивки плоскостной секции.

Первый этап – нагрев по ширине

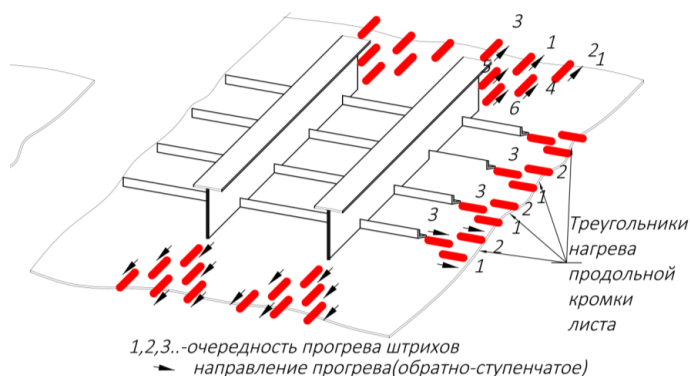


Рис. 4.26. Схема тепловой правки по длине волнистости свободных кромок обшивки плоскостной секции

Местные деформации листовых деталей полотнища в виде прогибов (домиков), образующихся в районе стыковых сварных соединений, устраняют нагревом концов полотнищ у стыков и пазов в форме треугольников.

Небольшие домики по внутрисекционным стыкам и пазам допускается правят нагревом по сварным швам (рис.4.27).

Конструкции с домиками по монтажным стыкам следует правят путем нагрева и выжимания обшивким. Полосы нагрева должны отстоять от сварных швов на расстоянии 50...70 мм.

При наличии изгиба балок, превышающего допустимые нормы, правку их производят до установки на секции холодным методом на прессах или путем нагрева отдельными участками.

Для правки продольного изгиба балки нагрев начинают посередине длины балки у ее нейтральной оси и ведут в направлении к выпуклой кромке стенки расширяющейся полосой (треугольником). Первая полоса нагрева располагается на середине длины балки, последующие две полосы – на расстоянии 1/4 длины балки от торцевых кромок и при необходимости дальнейшей правки, каждые последующие полосы

нагрева располагают между предыдущими. Число полос нагрева увеличивают до тех пор, пока кривизна (стрелка прогиба) балки не уменьшится до допустимых величин (рис.4.28).

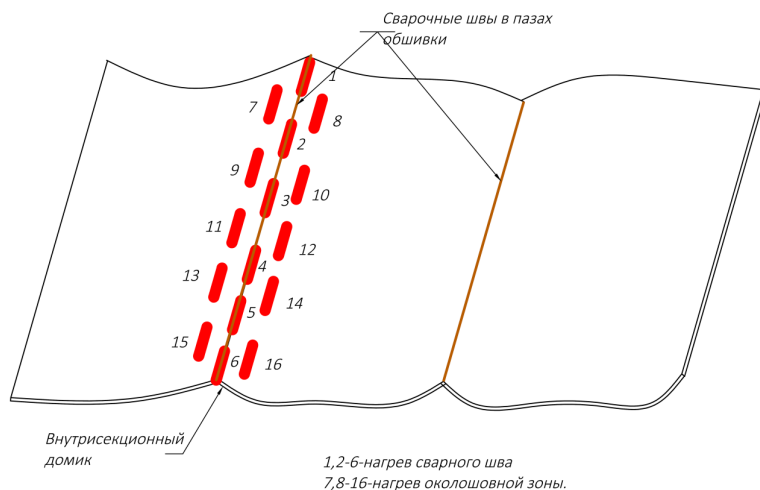


Рис. 4.27. Схема тепловой правки внутрисекционных домиков по пазам листов обшивки

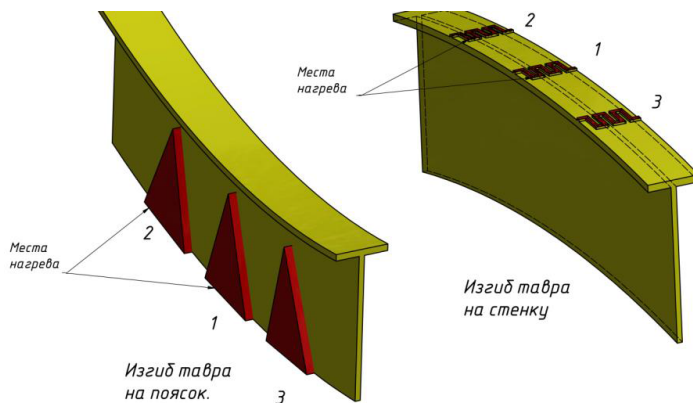


Рис.4.28. Схемы нагрева при правке тавровых балок: на пояс и стенку:

1, 2, 3 – последовательность нагрева

При высоте стенки тавровой балки большей чем 25 толщин, перед нагревом устанавливают рыбину (технологическое ребро или жесткость) на скобах вдоль свободной кромки стенки для предупреждения дополнительного выпучивания или излома стенки.

Если балка имеет изгиб одновременно в двух плоскостях (в плоскости стенки и в плоскости пояска) первоначально выполняют правку в плоскости большей жесткости (обычно в плоскости стенки), затем – в плоскости меньшей жесткости.

Правку грибовидности (слома пояска) следует выполнять путем нагрева пояска полосами со стороны, противоположной сварным швам с одновременным обратным упругим выгибом пояска с помощью прижимных приспособлений (например, винтовых скоб).

Правку секций производят холодным, тепловым безударным или комбинированным методом.

Учитывая размеры и конструкцию секций, наиболее часто применяют тепловой и комбинированный методы.

При тепловой правке секций, имеющих деформацию в двух взаимно перпендикулярных направлениях, нагрев полосами производят также в двух взаимно перпендикулярных направлениях. В первую очередь исправляют изгиб, имеющий большую величину. Для этого полосы нагрева располагают перпендикулярно плоскости большего изгиба. Пересечение полос нагрева не допускается.

Днищевые секции, имеющие завал, т.е. общую деформацию сместившую геометрию секции от бортов к центральной оси/плоскости, правят в перевернутом положении нагревом продольными полосами по наружной обшивке днища над вертикальным набором (вертикальным килем, стрингерами, ребрами жесткости). В случае недостаточности указанной меры производят также и нагрев участков указанного продольного набора в районе днищевой обшивки.

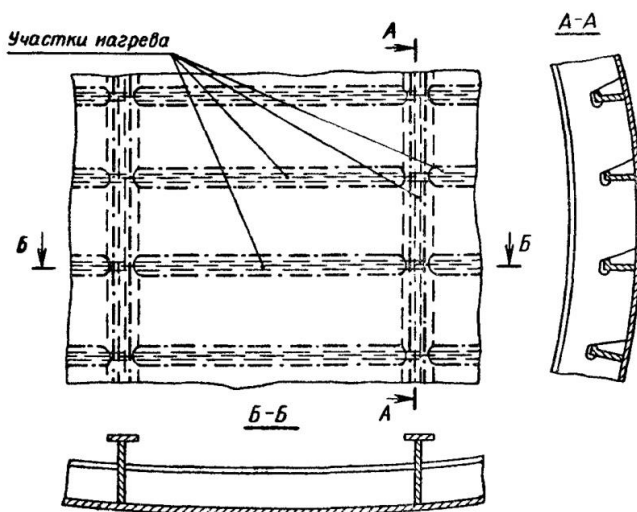


Рис. 4.29. Схема тепловой правки общего изгиба бортовой секции

Днищевые секции, имеющие развал, т.е. общую деформацию, сместившую геометрию секции от центральной оси/плоскости к бортам, правят в нормальном положении нагретом продольными полосами по настилу второго дна над вертикальным набором (вертикальным килем, стрингерами, ребрами).

Холодными способами правки добиваются удлинения волокон сварных соединений, которые при сварке получили пластические деформации укорочения. Правку "в холодную" осуществляют прокаткой сваренных полотнищ в вальцах или растягиванием полотнищ на растяжных машинах, правкой сварных балок на гидравлических прессах, проколачиванием зон сварных соединений пневматическим молотком со специальным зубилом, а также прокаткой зоны сварного соединения в специальных установках.

Применение местных нагревов основано на том, что при нагреве волокна металла, расширяясь, встречают противодействие со стороны окружающего холодного металла и получают пластические деформации сжатия. Толщина металла в нагретой зоне несколько (на десятые и сотые доли миллиметра) увеличивается. Утолщенная зона после охлаждения вызывает стягивание окружающих ее участков металла, в результате чего стрелка прогиба в месте деформации уменьшается. Нагрев конструкций полосами или пятнами до температуры 650...750°C осуществляют чаще всего кислородно-ацетиленовым пламенем. Применяют также установки с индукционным нагревом. Ширина и вид полос нагрева (прямые или змейкой) зависят от толщины металла. Длина полос обычно не превышает тридцати толщин металла. При нагреве пятнами диаметр видимого пятна нагрева должен быть равен примерно четырем толщинам металла. Расстояние между полосами и пятнами нагрева принимают не более 6δ , где δ – ширина полосы или диаметр пятна нагрева.

Пневматические работы. К пневматическим относятся работы инструментом, приводимым в действие энергией сжатого воздуха. Сжатый воздух давлением 0,4...0,6 МПа поступает к потребителю по магистральным трубопроводам от заводской компрессорной станции. Пневматические инструменты могут быть ударного действия с прямолинейным, поступательно-возвратным движением или с вращательным движением. К инструментам ударного действия относятся пневматические молотки, которые в зависимости от назначения можно разделить на рубильно-чеканные и клепальные. Рубильно-чеканные молотки служат для подрубки кромок листов и других деталей, срубывания временных сборочных приспособлений, чеканки заклепочных соединений и т. п. Пневматические работы, особенно рубка и клепка, связаны с применением тяжелого физического труда, оказывают вред-

ное воздействие на работающего и окружающих, характеризуются низкой производительностью. Работа пневматического инструмента сопровождается вибрацией, поэтому рекомендуют инструмент, снабженный виброгасящим устройством.

Для уменьшения объема пневматических работ стремятся повысить точность изготовления деталей, узлов, секций, кроме того, заменяют рубку тепловой резкой и строжкой, зачисткой кромок с применением фрез, создают не приварные сборочные приспособления.

При изготовлении корпусных конструкций выполняют сверление различных отверстий, в том числе и заклепочных.

К пневматическим инструментам вращательного действия относятся различные пневматические машины (сверлильные, шлифовальные и др.). Они широко используются для зачистки кромок листов, торцов набора и мест установки набора под сварку, а также для зачистки сварных швов.

Заключительным этапом изготовления узлов, секций и блоков секций корпуса после установки элементов насыщения является контроль их формы и размеров. Контроль осуществляют с помощью проверочного инструмента. Допускаемые отклонения формы и размеров корпусных конструкций регламентированы и в большинстве случаев находятся в пределах 2...8 мм. После проверки формы и размеров производят контуровку конструкции, при которой удаляют припуски по кромкам, кроме монтажных. В обоснованных случаях удаляют и монтажный припуск, что означает контуровку конструкций в "чистый" размер. После сдачи на конструктивность ОТК завода и представителям Классификационного общества готовые конструкции очищают и окрашивают консервирующим грунтом, предохраняющим от коррозии на период постройки судна. Очистку и окраску ведут в специальном отделении сборочно-сварочного цеха.

4.4. Технология изготовления типовых узлов корпуса судна

Общие положения. Узлы согласно конструктивно-технологической классификации имеют специфические особенности, которые определяют различные подходы к разработке технологических процессов их изготовления.

В процессе сборки узлов в сборочно-сварочном цехе выполняется:

- взаимная установка деталей узла в положение, заданное чертежом и необходимое для выполнения сварки;
- проверка сборки конструкции в пределах устанавливаемых допусков;
- закрепление собранных деталей на электроприхватках или с помощью фиксирующих устройств;
- установка при необходимости временных фиксаторов, распоров, стяжек, гребенок или других элементов, обеспечивающих взаимное расположение деталей, жесткость изделия при транспортировке или предупреждающих появление чрезмерных сварочных деформаций.

После этого конструкцию сдают под сварку. Это же относится к сборке секций корпуса судна.

Перед началом сборки внимательно изучают рабочие чертежи конструкций и технологический процесс, проверяют наличие необходимых для сборки деталей, приспособлений и инструмента.

При сборке конструкций на сборочной площадке, стенде или в постели следят за плотным прилеганием листов к их поверхности. Листы закрепляют к лекалам или стойкам постели с помощью стальных планок-фиксаторов толщиной 6...8 мм и размерами около 50х100 мм, прихватываемых длинной стороной к лекалу или к стойке постели, а короткой –

к закрепляемому листу. Тонколистовые полотна толщиной менее 6 мм, собираемые на сборочном стенде, обжимают по их плоскости и прихватывают к стенду по контуру.

Непосредственно перед сборкой под сварку кромки деталей и прилегающие к ним участки шириной 20...30 мм зачищают от ржавчины, окалины, краски, масла и других загрязнений (рис. 4.30), а при необходимости просушивают.

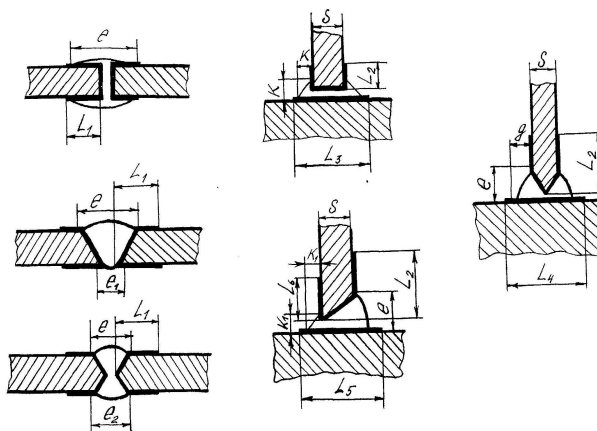


Рис. 4.30. Ширина зачищаемых кромок соединяемых деталей или конструкций

Зачистку выполняют пневматическими шлифовальными машинами, снабженными стальной проволочной щеткой или абразивным кругом. Масло и краску удаляют ветошью, смоченной в уайт-спирите или другом растворителе. Чистоту кромок проверяют перед началом сварки. Недоступные для повторной зачистки кромки стыковых и тавровых соединений сушат перед сваркой пламенем газовой горелки.

Зазоры между деталями и углы разделки кромок под сварку выдерживают в соответствии с требованиями стандарта или чертежа.

Для повышения качества сварки обеспечивают равномерный зазор по всей длине соединения. С этой целью используют технологические планки, фиксаторы или гребенки толщиной не менее минимального зазора под сварку. Их удаляют по мере сварки собираемого соединения. В стыковых соединениях кромки листов и профилей должны находиться в одной плоскости. Допускаемое несовпадение кромок не должно превышать 10 % от толщины более тонкого листа или профиля, но не более 3 мм.

На участках пересечения стыковых и угловых соединений запрещается ставить электроприхватки, свариваемые во вторую и третью очереди, на расстоянии менее 50 мм от пересекаемого соединения, которое сваривают в первую очередь.

Приварку гребенок, планок и обушков для прижимов – "рыбьих хвостов" выполняют односторонним швом калибром 3...6 мм в зависимости от толщины деталей. Эластичные крепления не должны препятствовать свободной усадке сварных соединений в плоскости свариваемых листов, но должны противодействовать развитию угловых деформаций. Гребенки при сборке устанавливают параллельно друг другу и под углом 45° к оси шва с приваркой к обоим стыкуемым листам. Как правило, гребенки ставят со стороны, обратной первому проходу сварного шва. После сварки шва с одной стороны их удаляют.

При сварке креплений (обухи, скобы и др.) не допускаются подрезы основного металла конструкции. Удаляют сборочные приспособления и временные крепления газовым или воздушно-дуговым строгачом. Допускается удалять гребенки и другие временные крепления разрушением электроприхваток изгибом на шов (отламыванием). Утолщения (наплывы) и углубления, образовавшиеся после отламывания креплений, соответственно зачищают или подваривают на сле-

дующих конструкциях: палубе, днище, бортах (снаружи), переборках, ограничивающих цистерны; конструкциях в районах интенсивной вибрации, на незащищаемых конструкциях жилых помещений. На остальных конструкциях разрешается оставлять электроприхватки высотой до 10 мм без зачистки, если это не оговаривается чертежами.

В процессе сборки припуски на некоторых деталях удаляют с помощью газовой резки или пневматической рубки. После подгонки деталей должна быть выполнена или восстановлена разделка кромок под сварку в соответствии с чертежом. На деталях толщиной менее 8 мм разделку кромок выполняют пневматическим зубилом, а при толщинах 8 мм и более – газовым резаком. После тепловой резки кромки деталей очищают от грата с помощью шлифовальной машинки или зубила.

Изготовление сварных тавровых балок. Балками в судостроении принято называть узлы, состоящие из стенки с приваренным к ней пояском, у которых отношение длины к большему размеру поперечного сечения превышает 4,5...5, а основные швы (в случае сварной балки) направлены параллельно продольной оси узла. Балки могут иметь различный профиль (Т-образный, Г-образный), быть прямолинейной (рис. 4.31) или криволинейной (рис. 4.32) формы, подкреплены или не иметь поперечных ребер.

Наибольшее распространение в судостроении получили **тавровые балки**. Они используются в конструкциях корпуса судна в качестве: рамных шпангоутов, продольного набора, вертикального киля, бортовых стрингеров, палубных бимсов и карлингсов, шельфов, стоек поперечных и продольных переборок, ребер жесткости и др.

К технологическим особенностям таких балок относятся: простота сборки из-за небольшого количества деталей,

значительная протяженность продольных швов, что делает целесообразным использование автоматической сборки и сварки; склонность балок к приобретению остаточных сварочных деформаций вследствие большого отношения длины к размерам поперечного сечения. Длинными в судостроении принято считать тавровые балки длиной свыше 2,5 м.

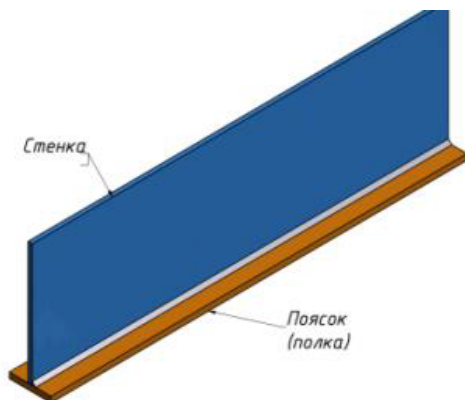


Рис. 4.31. Тавровая балка прямолинейной формы

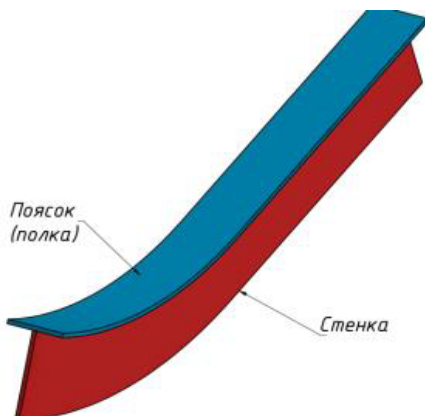


Рис. 4.32. Тавровая балка криволинейной формы

Сварные тавровые балки принято обозначать на сборочных чертежах специальным знаком тавра и цифрами в виде дроби с указанием размеров стенки над чертой и размеров пояска – под чертой.

В зависимости от технологических возможностей судостроительного предприятия и серийности заказа при изготовлении узлов типа тавровых балок используют следующие методы изготовления:

- свободная сборка и сварка на стенде;
- сборка и сварка в кондукторах;
- станочная сборка и сварка;
- сборка на поточных линиях.

Свободную сборку и сварку тавровых балок на стенде выполняют в условиях единичного производства на небольших судостроительных предприятиях, не располагающих достаточным технологическим оборудованием.

Рассматриваемый метод предполагает установку, сборку и сварку узла на произвольных ровных площадках или стендах с использованием стандартных ручных прижимных и фиксирующих приспособлений (рис. 4.33). При этом все операции выполняются вручную. Последовательность выполнения работ в технологических процессах изготовления узлов приведена в табл. 4.5.

Применяемые оснастка и инструмент: универсальный плоский стенд-плита (достаточных размеров, соизмеримый с размерами изготавливаемого узла), винтовые приварные фиксаторы, мерительный инструмент (линейка, металлическая рулетка, угольник), кувалда, молоток, ломик, сварочные посты с ручной электродуговой, полуавтоматической и автоматической сваркой в среде защитных газов и под флюсом для прихватки и сварки стальных деталей.

11

Винтовые прижимы устанавливаются с шагом 0,6...0,7 м. Собранные вместе прижимы (рис. 4.34) образуют простейший кондуктор для сборки и сварки прямолинейных или криволинейных балок (в последнем случае винтовые приспособления выставляются по лекальной кривой). Пример такого кондуктора приведен на рис.4.34.

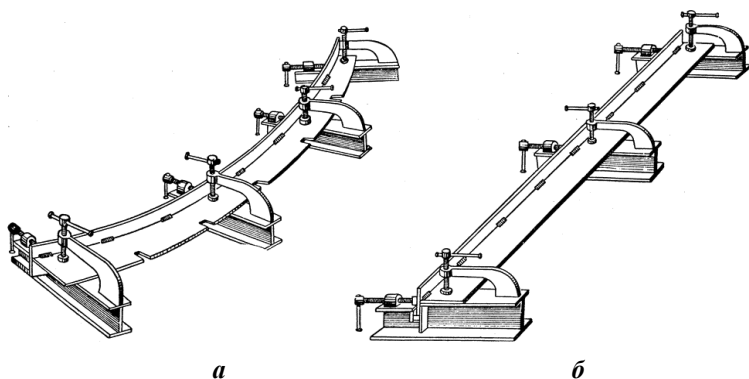


Рис. 4.34. Простейшие кондукторы на базе ручных винтовых прижимов:

а – для сборки криволинейных балок, *б* – для сборки прямых балок.

Изготовление тавровых узлов с использованием станков и автоматизированных поточных линий. Станочная сборка и сварка узлов типа тавровых балок прямолинейной и криволинейной формы является наиболее прогрессивным методом изготовления конструкций в современном судостроении. Станочное изготовление узлов позволяет объединить в единый процесс сборку и сварку и, таким образом, повысить производительность почти в 2 раза.

При серийном изготовлении тавровых балок используются специальные станки типа:

- станок СТС для сборки и сварки балок прямолинейной и криволинейной формы длиной более 1500 мм с радиусом кривизны более 2500 мм и постоянной высотой до 700 мм;
- станок МИБ-700 для сварки балок прямолинейной формы длиной более 1500 мм с постоянной высотой стенки до 700 мм;
- станок СТУ для сборки балок прямолинейной и криволинейной формы с радиусом кривизны более 500 мм с односторонним сварным швом.

Технологический процесс изготовления балок с использованием таких станков предусматривает подачу краном деталей (стенки и пояска), пробивку контрольной линии при необходимости (для криволинейных балок), а далее сборку и сварку самой балки.

Сборка тавровых балок на поточных линиях. Сборка на поточных линиях позволяет комплексно механизировать все технологические операции, включая вспомогательные.

Технологический процесс подразумевает подачу краном деталей (стенки и пояска) и укладку их в специальные кассеты. Далее с помощью перегружателя детали подаются на сборку и сварку. Сварка используется автоматическая под флюсом. Готовые балки укладываются в специальные контейнеры для дальнейшей их транспортировки.

Изготовление коротких тавров, бракет и книц с поясками. Чаще всего такие узлы имеют Т-образную или Г-образную форму поперечного сечения (рис. 4.35). Если пояска тавра прямой, то для сборки можно использовать те же кондукторы, что и для сборки тавровых балок. Узлы этой группы с прямолинейными поясками целесообразно сваривать целой партией, укладывая каждый узел по непрерывной линии один за другим вдоль хода головки сварочного автомата.

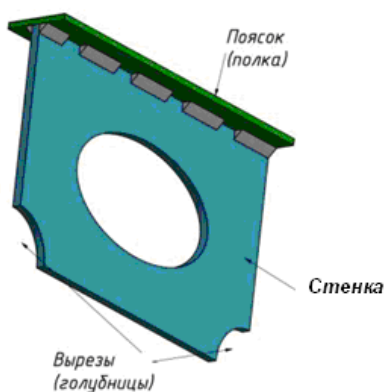


Рис. 4.35. Бракета с приваренным пояском

Изготовление широких полос с ребрами жесткости или поясками. К таким узлам относятся вертикальный киль, стрингеры, флоры, рамные бимсы с приваренными поясками и др. (рис. 4.36–4.37).

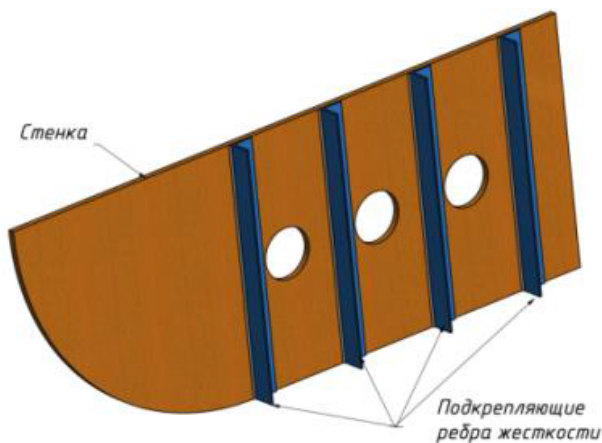


Рис. 4.36. Днищевой флор с подкрепляющими вертикальными ребрами

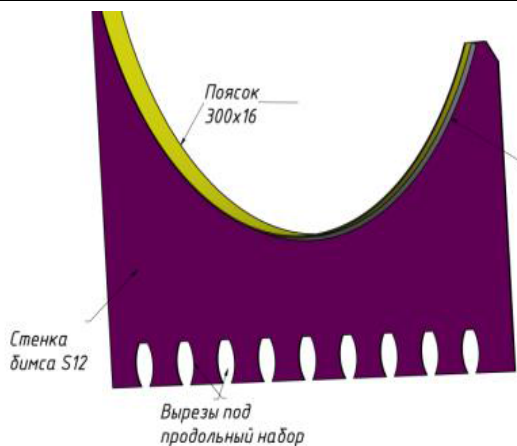


Рис. 4.37. Рамный флор с пояском и вырезами под протягиваемый продольный набор

Этот тип узлов классифицируют по следующим признакам:

1) по направлению подкрепляющих ребер жесткости:

- с ребрами одного направления,
- с ребрами двух направлений;

2) по наличию вырезов:

- с вырезами,
- без вырезов (сплошные);

3) по наличию пояска:

- с пояском,
- без пояска.

Сборку и сварку широких полос с ребрами жесткости выполняют на плоских стендах, оборудованных передвижными порталами (рис. 4.38). На портал навешивают отдельные устройства для наведения и прижатия ребер к листу и для сварки набора с листом.

При приварке ребер жесткости к широким полосам характерным видом деформации являются так называемые "домики". Для их предупреждения используют сосредоточенный

обратный выгиб листа с помощью ряда роликов, встроенных в стенд и выдвигаемых снизу, и верхних упоров или роликов, прижимающих лист сверху. Высоту нижних роликов и расстояние между верхними прижимными роликами выбирают такими, чтобы создать в кромке листа поперечные растягивающие напряжения, достигающие $0,5\sigma_T$. Также используют механизированные участки для изготовления этих групп узлов.

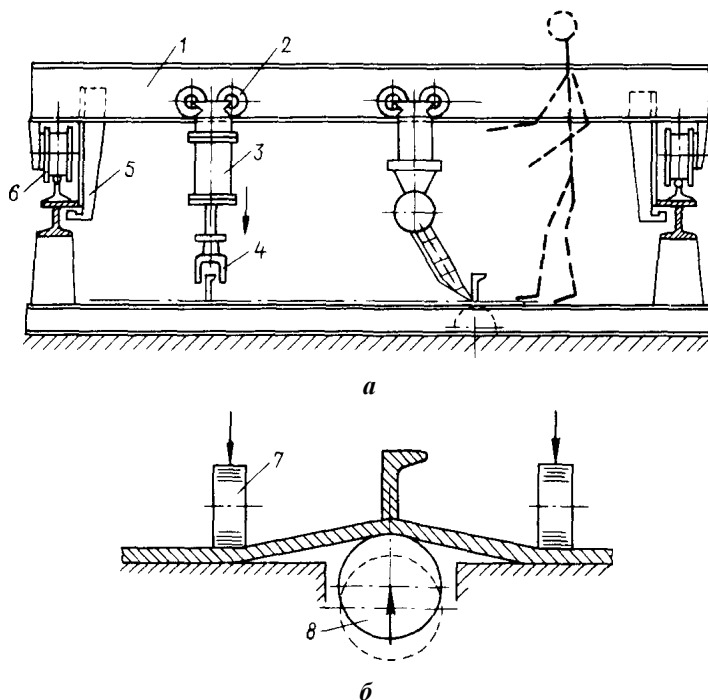


Рис. 4.38. Схема передвижного портала над сборочным стендом (а) и схема выгиба листа на нем (б):

1 – несущая балка; 2 – тележка навесного устройства; 3 – пневмоцилиндр для прижима ребра; 4 – захват ребра; 5 – захват направляющих рельсов; 6 – опорное колесо балки; 7 – верхние прижимные ролики; 8 – нижние выдвигаемые ролики

Изготовление полотнищ секций. Полотнища являются достаточно распространенным типом узлов корпусных конструкций: плоская часть наружной обшивки днища, плоские наружные и внутренние борта, второе дно, плоские переборки, плоская часть палубы и др.

В практике судостроения полотнища принято классифицировать по направлению сварных соединений:

- полотнища с пазами – продольными сварными соединениями (рис. 4.39,*а*);
- полотнища с пазами и стыком – с продольными и поперечными соединениями (рис. 4.39,*б*).

Полотнище выделяется в самостоятельный узел в случае предельной стрелки прогиба равной $1/50$ меньшего размера секции в плане. При больших стрелках прогиба полотнища собирают в сборочно-сварочных постелях, в которых изготавливают соответствующие секции.

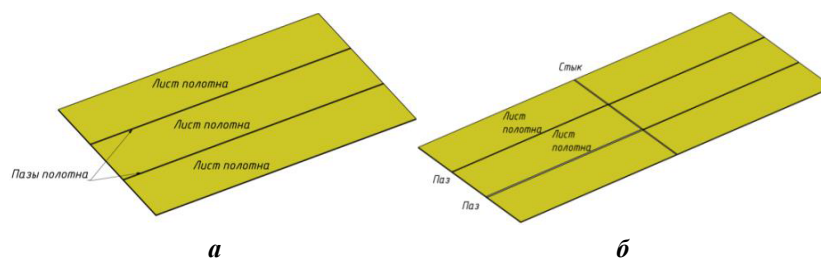


Рис.4.39. Полотнища с двумя пазами (*а*), пазами и стыком (*б*)

Полотнища можно изготавливать по двум организационнотехнологическим вариантам:

1) Сборка и сварка полотнища в виде отдельного самостоятельного узла, подаваемого в накопитель, а затем поступающего на участок сборки секций;

2) Сборка и сварка полотнищ на первых позициях механизированной поточной линии изготовления плоскостных

секций; после сварки полотнище подается на следующие позиции для установки и приварки элементов набора и насыщения.

По первому варианту сборку и сварку полотнищ выполняют на специальном участке сборочно-сварочного цеха, оборудованном плоскими металлическими стендами различной конструкции. Сварка листов – наиболее трудоемкая и ответственная технологическая операция при изготовлении полотнищ, поэтому много внимания уделяется совершенствованию сварки и, в первую очередь, – ее механизации.

Распространенным является способ, при котором сварка собранного на электроприхватках на металлическом стенде полотнища выполняют "на весу"

Более предпочтительным считается способ, в котором предусматривается автоматическая сварка полотнищ на специализированном стенде с желобами, заполненными флюсом, т. е. на флюсовой подушке.

Также полотнище собирают на обычном сборочном стенде с возможностью односторонней сварки на флюсовой подкладке, флюсовой подушке или скользящем медном ползуне. Листы скрепляют друг с другом гребенками (рис. 4.40,*а*), которые удаляют по мере выполнения процесса сварки. Сварку производят автоматом.

Вследствие большой площади и относительно малой жесткости полотнища имеют тенденцию к образованию бухтин в результате усадки продольных и поперечных швов. Предупредить возникновение этих деформаций на полотнищах толщиной до 12...14 мм можно прижатием их к стенду мощными балками, которые располагают по обеим сторонам свариваемого соединения. В этом случае головка сварочного автомата проходит между балками.

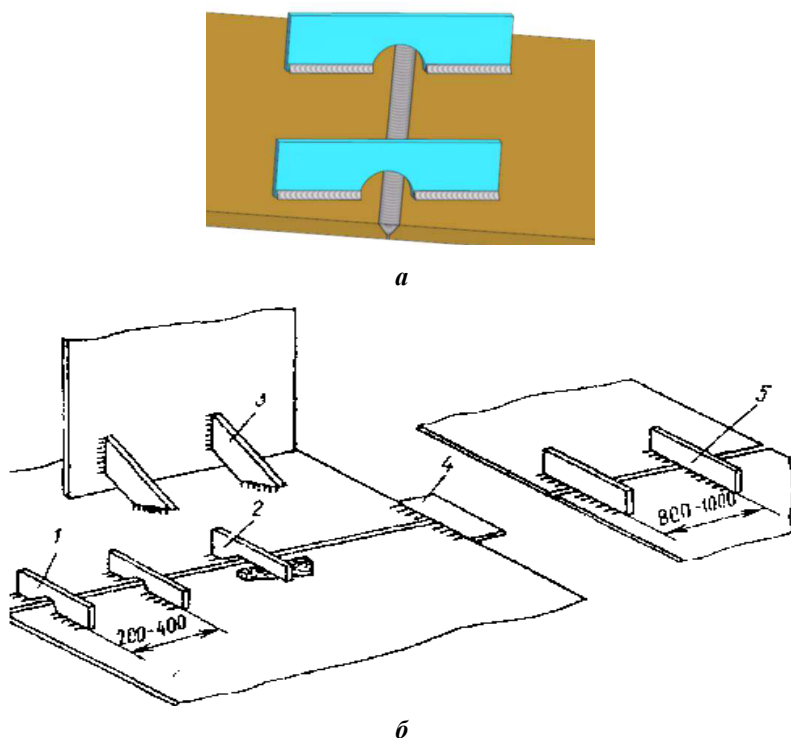


Рис.4.40. Общий вид гребенок (*а*) и их виды (*б*)

1 – соединительная; 2 – выравнивающая кромки листов; 3 – угловая;
4 – выводная; 5 – комбинированная

Для устранения угловых деформаций ("домиков") при использовании электромагнитного стенда с флюсомедной подкладкой последнюю располагают на массивной балке. Балку можно поджимать снизу под свариваемый стык, выдвигая ее несколько выше уровня стенда. Когда электромагниты, встроенные в стенд, притягивают листы к его поверхности, в районе стыка возникает поперечный изгиб, который компенсирует сварочные деформации.

Листы полотнища обрабатывают в заданный размер. Припуски оставляют только на кромках листов, образующих контур полотнища. Стыкуемые кромки листов зачищают (см. рис. 4.30) до металлического блеска с помощью шлифовальной машинки. Сборку полотнищ начинают с подгонки листов среднего пояса. При этом за базы принимают линии, проходящие по середине листов среднего пояса, или одну из прямолинейных кромок полотнища. Окончив сборку среднего пояса, на сборочной площадке (стенде) раскладывают в соответствии с чертежом все остальные листы полотнища. Выравнивают в одну линию стыки и пазы полотнища, проверяют их прямолинейность натянутой ниткой. Уступы или неровности по линии пазов удаляют с помощью газовой резки или пневматической рубки. Разложенные листы проверяют на соблюдение необходимых зазоров по стыкам. Правильность разделки кромок под сварку (если она выполнена) проверяют шаблонами, а совпадение плоскостей стыкуемых листов – линейкой. После этого закрепляют стыки и пазы электроприхватками или на гребенках.

В местах начала и окончания шва приваривают *выводные планки* толщиной, равной толщине листов свариваемого полотнища. Собранные полотнища под сварку сдают ОТК.

Принятые ОТК полотнища сваривают. Сначала сваривают стыки, а затем пазы. Сварку по пазам выполняют напроход одним или одновременно двумя автоматами. Для уменьшения деформаций при сварке полотнищ вдоль свариваемых кромок раскладывают грузы. После окончания сварки с лицевой стороны грузы снимают, удаляют электроприхватки по контуру полотнища и кантуют его. Затем выполняют зачистку и подварку стыков и пазов. Окончательно заваренное полотнище зачищают от электроприхваток, брызг и сборочных приспособлений и, если это необходимо, правят. Готовое

полотнище маркируют и передают на секционную сборку или промежуточный склад.

Изготовление мелких фундаментов. Существует большое число конструкций и типов фундаментов под различные механизмы, устройства и др. Фундаменты проектируют для конкретного механизма или оборудования, рассчитывают на прочность, изготавливают обычно отдельно и устанавливают в секции как элемент насыщения.

Функционально фундаменты состоят из балок, книц, бракет, опорных полок и платиков – обработанных площадок для установки механизмов. Главные и подкрепляющие связи фундаментов, по возможности, совмещают с основными связями корпусной конструкции, на которую он устанавливается. Для уменьшения сварочных деформаций конструкции фундаментов выполняют по возможности симметричными. В элементах конструкции фундаментов при необходимости предусматривают вырезы, а при большой высоте – лазы для доступа к любому месту опорной поверхности.

К таким конструкциям предъявляются повышенные требования в отношении плоскостности или заданного обвода опорных поверхностей в пределах установленных допусков и качества сварных швов, в частности, должны отсутствовать технологические надрезы – непровары в концах швов, кратеры и др.

На рис. 4.41 приведен пример фундамента под судовой бойлер, устанавливаемого непосредственно на судовой днищевой набор.

Большинство фундаментов обычно собирают в положении опорными планками вниз, чтобы обеспечить наиболее удобную сборку и совмещение опорных планок фундаментов в одной плоскости. На многих заводах фундаменты изготавливают на плоских металлических стендах (иногда плитах). Там же производят и сварку.

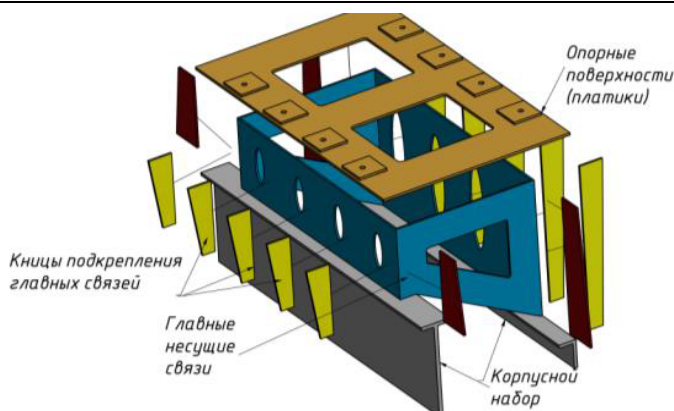


Рис. 4.41. Фундамент под судовой бойлер

Сначала пробивают оси фундамента или устанавливаемого на нем механизма. Ориентируясь по пробитым осям, раскладывают опорные планки и, закрепляя их к плите электроприхватками, намечают места примыкания стенок фундамента. После этого устанавливают стенки фундамента, кницы, ребра жесткости и скрепляют собранные детали прижимными устройствами и электроприхватками.

В процессе сборки фундаментов применяют универсальные сборочные приспособления. Они состоят из стальной опорной плиты с поперечными пазами, в которых крепятся различные опорные, фиксирующие и зажимные приспособления. С помощью этих приспособлений детали фундамента устанавливают под электроприхватки в строго определенном положении.

После окончания сварки и остывания сварных швов фундамент освобождают от закрепления, кантуют опорными планками вверх и проверяют размеры по чертежам и шаблонам с плаза. При необходимости фундамент правят и на верхней плоскости его опорной поверхности наносят и накернивают линии осей и контрольных шпангоутов.

ГЛАВА 4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ КОРПУСА СУДНА

Типовые технологические процессы изготовления узлов. При разработке процессов изготовления узлов все технологические операции необходимо писать в повелительном наклонении. Шифры технологических операций, приведенные в таблицах, не являются стандартными и используются только в учебных целях.

Содержание работ, их шифры и основная последовательность технологических операций при изготовлении типовых узлов конструкций корпуса судна приведены в табл. 4.4 и 4.5.

Таблица 4.4. Шифры и содержание работ, выполняемых при изготовлении типовых узлов

Шифр работы	Наименование и содержание работ
1	2
1	Подготовка кондуктора: настроить кондуктор согласно данным с ЭВМ, проверить соответствие требованиям стандарта, сдать
2	Подготовка стенда: удалить временные крепления на стенде, зачистить места их приварки, проверить стенд на горизонтальность и прямолинейность (указать допускаемые отклонения проверяемых параметров)
3	Подача краном детали узла на станок, линию или стенд
4	Сборка и сварка тавровой балки на станке
5	Сборка пояска и стенки тавровой балки с разметкой пояска, закрепить электроприхватками
6	Пробивка контрольной линии на стенке криволинейной балки
7	Сдача конструкции под сварку: - проверить чистоту кромок. В случае их загрязнения очистить; - проверить правильность подготовки кромок под сварку; - проверить правильность сборки согласно чертежам и плазовым данным
8	Приварка пояска к стенке автоматом или полуавтоматом с одной стороны
9	Приварка пояска автоматом или полуавтоматом с другой стороны
10	Приварка пояска автоматом или полуавтоматом с двух сторон

Продолж. табл. 4.4

Шифр работы	Наименование и содержание работ
1	2
11	Контроль сварных швов: осуществить контроль сварных швов; исправить дефекты сварных швов
12	Установка ребер жесткости на лист или полотнище: - подать краном ребра жесткости на лист или полотнище, разложить их согласно чертежам вдоль линии разметки; - установить ребра жесткости по разметке под малку или угольник, обжать к листу или полотнищу (указать конкретно применяемую оснастку) и закрепить электроприхватками (указать параметры электроприхваток). <i>Примечание:</i> если прямолинейный набор по длине состоит из нескольких частей, его следует состыковать перед подачей на сборку в следующем порядке: подать краном детали ребер жесткости на стенд, разложить их согласно чертежу, состыковать, сдать под сварку; заварить стыки с двух сторон; проверить сваренные ребра жесткости по нитке, при необходимости выправить; проверить качество сварки
13	Сборка полотнища или полуполотнища по пазам: подать краном листы на стенд, разложить их согласно чертежам, состыковать между собой на электроприхватках (указать параметры электроприхваток)
14	Прижатие полотнища к стенду балками: прижать полотнище к стенду балками по обеим сторонам пазов
15	Прижатие полотнища к стенду грузами: прижать полотнище грузами к стенду по обеим сторонам пазов или стыков
16	Закрепление полотнища к стенду по контуру: прикрепить полотнище к стенду по контуру электроприхватками (указать параметры электроприхваток) при толщине листов до 8 мм или на эластичных креплениях при толщине листов более 8 мм
17	Установка выводных планок: установить и приварить по концам стыковых швов, подлежащих сварке автоматом или полуавтоматом под флюсом, выводные планки размером 100х100 мм, толщиной, одинаковой со свариваемыми конструкциями; при наличии технологического припуска не менее 50 мм установку планок можно не производить

ГЛАВА 4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ КОРПУСА СУДНА

Продолж. табл. 4.4

Шифр работы	Наименование и содержание работ
1	2
18	Сварка пазов или стыков полотнища: заваривать пазы или стыки автоматом под флюсом
19	Соединение полуполотнищ по стыку: состыковать полуполотнища между собой на электроприхватках (указать параметры электроприхваток)
20	Сборка полотнищ по пазам и стыку: подать краном листы на стенд, разложить их согласно чертежам, состыковать между собой по пазам и стыкам на электроприхватках (указать параметры электроприхваток)
21	Односторонняя сварка пазов автоматом под флюсом без разделки корня шва после кантования
22	Укладка листа или полотнища на стенд: подать краном лист или полотнище, уложить на стенд, обжать и закрепить, закрепление к стенду производить только по контуру полотнищ электроприхватками (указать параметры электроприхваток) при толщине листов до 8 мм или на эластичных креплениях при толщине листов более 8 мм
23	Разметка листа или полотнища: произвести разметку листа или полотнища. Линии разметки проверить и накернить
24	Приварка набора к листу или полотнищу: приварить набор автоматом или полуавтоматом с двух сторон симметрично продольной оси полотнища. В местах, недоступных для автоматической сварки, применять полуавтоматическую сварку
25	Сварка набора: сварить набор между собой и с листом или полотнищем ячейковым способом с общим направлением сварки от середины узла к его краям, выполняя сначала сварку набора между собой, затем приварить его к листу или полотнищу
26	Сборка и сварка полотнища с растяжением: - подать листовую деталь листоукладчиком на подающий рольганг сборочно-сварочного агрегата; - провести ориентацию кромки листа по упорам; - подвести и заклинить захваты растягивающего устройства; - растянуть кромку листовой детали; - установить выводные планки толщиной, равной толщине детали;

Продолж. табл. 4.4

Шифр работы	Наименование и содержание работ
1	2
26	- проверить качество сборки соединения; - прижать кромки стыка сборочно-прижимными устройствами; - выполнить одностороннюю автоматическую сварку под слоем флюса с обратным формированием шва; - снять усилие растяжения и освободить листы от захватов; - переместить полотнище на ширину листа; - аналогично осуществить сборку и сварку последующих листов полотнища
27	Сборка полотнища на линии ЭСАБ: - подать листы листоукладчиком на магнитную балку; - сориентировать листы с осью магнитной балки; - выровнять магнитами кромки по толщине; - закрепить листы на электроприхватках (указать параметры электроприхваток); - переместить полотнище на ширину листа; - аналогично состыковать остальные листы полотнища.
28	Сварка полотнища на линии ЭСАБ: - подать собранное полотнище на позицию сварки, совместив первый паз с флюсовой балкой; - прижать полотнище к флюсовому ручью электромагнитами балки; - сварить паз с помощью сварочного портала; - освободить полотнище от закрепления; - переместить полотнище на ширину листа; - аналогично сварить остальные пазы полотнища; - переместить полотнище на следующую позицию линии
29	Кантование полотнища кантующим устройством линии ЭСАБ
30	Разворот полотнища на 90° поворотным устройством линии ЭСАБ
31	Освободить узел от закрепления к оснастке
32	Контуровка: проверить габаритные размеры узла (указать допускаемые отклонения); удалить припуски по кромкам узла газовой резкой, разделить, если требуется, кромки под сварку, зачистить кромки

ГЛАВА 4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ КОРПУСА СУДНА

Продолж. табл. 4.4

Шифр работы	Наименование и содержание работ
1	2
33	Снятие узла с оснастки: снять узел краном, подать на сборочный стенд или площадку для сдачи и доделки, установить узел на опоры
34	Кантование: кантовать узел в соответствии со схемой кантования и транспортирования
35	Подварка швов: подготовить сварные швы для подварки; подварить сварные швы в последовательности, аналогичной сварке основного шва
36	Замеры узла
37	Сдача узла на комплектность и качество
38	Маркировка: выполнить маркировку узла с лицевой и внутренней сторон белой краской.

Таблица 4.5. Последовательность выполнения работ в типовых технологических процессах изготовления узлов

Характеристики типового узла	Оснащение	Последовательность выполнения работ
Криволинейные тавровые балки с максимальной стрелкой прогиба 900 мм.	Агрегат СКТ	3, (6), 4, 33, 36, 37, 38
Прямолинейные тавровые балки длиной больше 2000 мм с высотой стенки до 1000 мм		
Прямолинейные балки длиной более 1500 мм с постоянной высотой стенки до 700 мм	Линия МИБ-700	3, 4, 33, 36, 37, 38

Продолж. табл. 4.5

Характеристики типового узла	Оснащение	Последовательность выполнения работ
Балки любого размера и формы	Универсальный кондуктор с фиксаторами и прижимными устройствами	1, 3, (6), 5, 7, 8, 31, 34, 9, 11, 33, 36, 37, 38
Балки любого размера и формы	Стенд	2, 3, (6), 5, 7, 10, 11, 36, 37, 38
Стенка, подкрепленная ребрами жесткости продольного направления		2, 3, 22*, 23, 12, 7, 24, 31, 11, 36, 37, 38
Стенка, подкрепленная ребрами жесткости поперечного направления		2, 3, 22*, 23, 12, 7, 24, 31, 11, 36, 37, 38
Стенка, подкрепленная ребрами жесткости в двух направлениях		2, 3, 22, 23, 12, 7, 25, 31, 11, 36, 37, 38
Полотнище с пазами	Стенд с флюсовыми ручьями	2, 13, 14 (или 15), 17, 7, 18, 31, 11, 32, 36, 37, 38
	Стенд без флюсовых ручьев	2, 13, 14 (или 15), 17, 7, 18, 31, 34, 15 (или 16), 35, 31, 11, 32, 36, 37, 38
	Стенд с флюсомедной подкладкой	2, 13, 14 (или 15), 17, 7, 18, 31, 33, 11, 32, 36, 37, 38
Полотнище с пазами	Механизированная линия методом наращивания с растяжением	26, 11, 33, 36, 37, 38
	Механизированная линия типа ЭСАБ	27, 17, 7, 28, 29, 35, 11, 36, 37, 38
	Стенд с флюсовыми ручьями	2, 13, 14 (или 15), 17, 7, 18, 31, 33, 13, 14 (или 15), 17, 7, 18, 31, 19, 16, 7, 18, 31, 11, 32, 36, 37, 38

Продолж. табл. 4.5

Характеристики типового узла	Оснащение	Последовательность выполнения работ
Полотнище с пазами и стыком	Стенд без флюсовых ручьев	2, 20, 15, 16, 17, 7, 18, 31, 34, 15, 16, 35, 31, 11, 32, 36, 37, 38
	Стенд с флюсомедной подкладкой	2, 13**, 14 (или 15), 17, 7, 18, 31, 30, 16, 7, 18, 31, 11, 32, 36, 37, 38
	Механизированная линия типа ЭСАБ	27**, 17, 7, 28, 30, 28, 29, 35, 11, 36, 37, 38

Примечание:

* – при закреплении стенки к стенду ей необходимо придать обратный изгиб для компенсации сварных деформаций; изгиб полотнища создается путем установки подкладок; закрепление полотнища по контуру производится грузами или гребенками;

** – листы, поступающие на сборку, должны быть предварительно соединены по коротким кромкам.

4.5.Технология изготовления секций корпуса судна

Основным технологическим документом на изготовление секций является технологический процесс (ТП), разрабатываемый на основе технического задания (ТЗ) на проектирование рабочего чертежа конструкции с техническими условиями, программы выпуска, технологического оборудования и оснастки.

Проектирование ТП состоит из следующих уровней:

- разработка принципиальной схемы процесса;
- технологический маршрут;
- технологические операции.

Степень детализации технологических процессов зависит от серийности выпуска продукции, специализации испол-

нителей, системы оплаты труда, полноты охвата руководящими материалами по технологии и нормированию труда, системы организации бригад и совмещения профессий.

При единичном строительстве судов проектирование ТП, как правило, осуществляют в виде принципиальных технологических указаний в чертежах и описания операций в технологического-нормировочных картах (ТНК). Развернутый ТП разрабатывают только на новые работы, впервые осваиваемые предприятием. При серийной постройке разрабатывают типовые технологические процессы, а для нормирования и планирования работ выпускают ТНК. Типовые ТП предусматривают изготовление корпусных конструкций близких по размерам и форме на одинаковом оборудовании с применением одной и той же оснастки и инструмента.

Технологические процессы содержат:

- общее описание изготавливаемой конструкции и перечень необходимых для ее изготовления документов (чертежей, схем и др.);
- перечень и характеристику составляющих конструкцию элементов с указанием их количества, размеров, массы, материала;
- указания по каждому элементу конструкции: последовательности операций для его изготовления, необходимые для этого приспособления и инструмент, требования к точности;
- технические условия для систематической проверки качества выполняемых работ.

Во всех случаях технологические процессы должны быть простыми и удобными в работе, исключать возможность произвольного толкования тех или иных положений, учитывать технические средства и производственные возможности цехов-исполнителей, обеспечивать требуемое количество выпускаемой продукции.

Требования к деталям, узлам, подсекциям и секциям, поступающим на сборку. Детали должны поступать комплектно обработанными согласно маршрутно-технологическим картам (МТК) на обработку. Размеры и форма деталей должны соответствовать чертежам и плазовым данным.

Листовые детали из корпусообрабатывающего цеха в сборочно-сварочный цех поступают, как правило, стороной установки набора вверх. Исключением могут быть детали с лаской, фаской, гнутые детали, детали из гофрированных листов.

При необходимости перед сборкой листы кантуют в сборочно-сварочном цехе. Гладкие и рифлёные листы, поступающие на линию ЭСАБ, перед сборкой кантуют стороной установки набора вниз. Обработанные детали должны быть тщательно выправлены на плоскость, а профильные – дополнительно на ребро.

На деталях должна быть нанесена маркировка несмываемой краской.

Разделка кромок и зазоры под сварку должны соответствовать требованиям чертежей и нормативных документов: на ручную, полуавтоматическую в защитных газах, автоматическую под слоем флюса соответственно.

Кромки деталей и прилегающие к ним поверхности, подлежащие сварке, а также места приварки временных креплений и сборочных приспособлений должны быть зачищены от влаги, краски, масла, ржавчины и окалины до чистого металла пневматическими или электрическими машинками, снабженными щеткой или абразивным кругом непосредственно перед сборкой.

При изготовлении секции на линии ЭСАБ необходимо выполнить разметку установки всего продольного и поперечного набора, в т.ч. высокого (стрингеров и флоров), с последующей зачисткой мест установки набора до металлического блеска и восстановлением разметки набивкой меловых линий.

Закрепление деталей при сборке секций должно выполняться с помощью электроприхваток нормального типа без подрезов, прожогов, кратеров и наплывов. Электроприхватки должны выполняться сварочными материалами тех категорий, которые требуются для сварки конструкции.

При установке деталей для уменьшения поперечных напряжений и местных деформаций от сварки стыковых соединений рекомендуется следующий порядок выполнения электроприхваток:

- для полотнищ $S \geq 8$ мм вначале выполняют электроприхватки по концам сварных соединений, а затем от середины к концам при автоматической сварке и от концов к середине при ручной сварке;
- для тонколистовых полотнищ с $S < 8$ мм электроприхватки выполняют от середины полотнища к его концам;
- при сборке тавровых соединений электроприхватки выполняют от середины соединения к его концам;
- зачистку кромок на деталях выполняют со стороны сварки.

Электроприхватки зачищают от шлака, металлических брызг и проверяют внешним осмотром. Некачественно выполненные электроприхватки, а также с трещинами подлежат удалению. По концам стыкуемых деталей или конструкций следует выполнить 2–3 усиленные электроприхватки длиной 50...70 мм с расстоянием между ними 50...150 мм.

После укладки листов перед их стыковкой проверяют габариты полотна по контуровочным рабочим эскизам. Разметку сетки под установку продольного и поперечного набора выполняют по чертежам или контуровочным рабочим эскизам.

Установку набора на плоскостные конструкции выполняют по угольнику, если набор установлен перпендикулярно поверхности полотнища, или по малке, если набор установлен

под углом к поверхности полотнища. При установке набора в секции, где имеется погибь в направлении поперек набора, должен применяться малочник, устанавливаемый по данным контуровочного рабочего эскиза.

После полной сборки и сварки секции до сдачи ее на комплектность и качество необходимо выполнить низкотемпературный прогрев мест соединения набора с листом с гладкой стороны для снятия сварочных напряжений и устранения деформации листов.

При сборке плоскостных секций с перекрестным набором следует применять отдельный способ сборки: сначала устанавливать набор главного направления и приваривать его к полотнищу автоматической сваркой под флюсом, затем устанавливать набор поперечного направления, сваривать его с установленным набором, а потом приваривать к полотнищу полуавтоматической сваркой в среде защитных газов.

Пневматическую рубку допускается применять в исключительных случаях при удалении припусков шириной до 5 мм, а также при удалении электроприхваток и временных креплений, подгонке деталей и подрубке корня шва, если указанные работы невозможно выполнить в соответствии с требованиями техники безопасности тепловой резкой или строжкой.

В случае наличия неразрезных стрингеров и шельфов в плоскостных секциях, собираемых на стендах или в постелях и имеющих вырезы для прохода набора в непроницаемой конструкции, необходимо установить шпангоуты, закрепить их с одного конца электроприхватками, поднять свободные концы шпангоутов на высоту, позволяющую завести стрингеры или шельфы, а затем завести их протаскиванием.

При сборке секций на высоких стендах без настила, позволяющих работать под секцией, для удобства установки набора разрешается после обжатия полотнища грузами зак-

реплять листы полотнища к стенду по всей поверхности электроприхватками с помощью прижимных планок.

Продольный и поперечный набор, пересекающий монтажный стык или паз, должен недовариваться в районе монтажных стыков и пазов на длине 200...400 мм. Приварка этих участков набора должна выполняться на стапеле. Недоваренный участок набора не должен переходить за ближайшую перекрёстную связь от монтажного стыка.

Поперечный набор со стороны монтажного паза в палубных, бортовых, днищевых и других объёмных секциях корпуса судна и надстройки не заваривают на секционном участке, а оставляют на электроприхватках. Сварку выполняют на стапеле после сварки монтажного паза. Аналогично – по продольному набору на расстоянии до 300 мм от монтажного стыка.

При изготовлении секций кромки вырезов должны быть зачищены от дефектов типа грата, царапин, заусенцев, наплывов металла. При сборке узлов, подсекций, секций все острые свободные кромки необходимо скруглить $R \geq 1,5$ мм под окраску.

Сварные швы секций, кроме подлежащих в дальнейшем абразивно-струйной очистке, подгрунтовывают ремонтной грунтовкой с толщиной покрытия 40...60 мкм. Эту операцию выполняют после окончания сборочно-сварочных работ до сдачи секции на комплектность и качество.

На окончательно собранных секциях должна быть нанесена белой краской следующая маркировка: № заказа, № проекта, № чертежа, № секции, осевые и базовые линии, ориентирные надписи (ДП, верх, нос, корма, ПБ, ЛБ и др.), вес. Маркировку выполняют на видном месте с носовой стороны секции ближе к ДП и ОЛ.

Маркировка должна располагаться не ближе 200 мм от монтажного стыка или паза и ориентирована так, чтобы ее

можно было прочесть при нормальном положении секции. На вертикальных плоскостях низ маркировки должен быть направлен к ОЛ, на горизонтальных – к носу, за исключением секций, примыкающих к форштевню, на которых низ маркировки должен быть направлен в корму.

В секции устанавливают детали россыпи согласно требованиям чертежа и технологического процесса. При изготовлении секции в сборочно-сварочном цехе детали россыпи закрепляются в районе штатного места их установки таким образом, чтобы они не мешали транспортировке и стыковке секций на стапеле. Закрепление деталей и узлов россыпи производят с помощью электроприхваток длиной 30 мм, шагом 100 мм или полосками из металла шириной 30 мм и толщиной более 3 мм, при этом количество электроприхваток на корпусных конструкциях должно быть сведено к минимуму. Приварка деталей к кромкам поясков и полособульбам балок набора не допускается.

На корпусных конструкциях должны быть нанесены и накернены 3–5 точками контрольные линии. Кернение выполняют по концам и в середине секции и отмечают краской. Контрольные линии наносят в виде коротких пересекающихся рисок (+) в местах пересечения контрольных плоскостей (например, шпангоута и ватерлинии). Контрольные линии, наносимые для разметки мест соединения смежных конструкций, выполняют с наружной стороны и по всей длине конструкции.

Требования к применяемой оснастке. Секции, по возможности, следует изготавливать на механизированных линиях и участках, при их отсутствии на специализированных участках, предназначенных для определенной группы секций.

Сборка секций выполняют на ровном и жестком стенде или в постели. На плоском стенде собирают все плоскостные

секции с незначительной кривизной в одном направлении (при этом использует съёмные лекала, выдвижные коксы), а также объёмные секции оконечностей, сборку которых выполняют на плоской части конструкции секции (переборке, платформе, брештуке, П дне, переборке).

Стенды для сборки секций проверяют на прямолинейность рабочей плоскости. Плоскостность на базе до 3 мм проверяют с помощью шергена или нитки, на базе более 3 мм – шлангового уровня или теодолита. Перед началом сборки поверхность стенда зачищают от электроприхваток и временных приспособлений, приваренных к стенду.

Для сборки и сварки криволинейных секций при отсутствии плоской сборочной базы применяют стоечные, лекальные или универсальные постели. Их изготовление и приемку в эксплуатацию выполняют согласно рабочим чертежам, нормативной документации с оформлением соответствующего акта.

На постелях, стендах и кондукторах должны быть нанесены контрольные линии для проверки оснастки в процессе её эксплуатации, а также контурные и контрольные линии установки и проверки изготавливаемых конструкций.

Проверку лекал (стоек) постели на выявление деформаций выполняют по плазовым данным с предъявлением ОТК при их настройке перед закладкой секции. В случае выявления деформаций и необходимости усиления жесткости постели требуется решение технического отдела (ТО) предприятия-строителя судна.

В случае, если постель не соответствует указанным допускам и установка ее в горизонт невозможна с помощью подкладки основания, дополнительную подрезку лекал постели производят только с разрешения ТО с последующим предъявлением ОТК.

При сборке стоечной постели стойки устанавливают под каждым шпангоутом. При небольшой кривизне секции расстояние между стойками не должно превышать 1000 мм, при значительной кривизне – 600...800 мм). При высоте стоек 500 мм их изготавливают из полосы или полособульба, при высоте 500...1000 мм – из угольника или швеллера, при высоте более 1000 мм их раскрепляют в двух плоскостях через ряд.

При сборке коксового стенда коксы необходимо устанавливать на каждом шпангоуте в шахматном порядке, расстояние между коксами при небольшом подъёме составляет 1000 мм, при значительном подъёме – 600...800 мм. При высоте 500 мм коксы изготавливают из полосы или полособульба, при высоте 500 ÷ 1000 мм – из уголка или швеллера, при высоте больше 1000 мм коксы устанавливают через ряд и раскрепляют в двух плоскостях.

Раскрепление высокого набора и установка подсекций.

При установке высокого продольного и поперечного набора, переборки применяют раскосы, талрепы, фиксаторы, направляющие планки-фиксаторы (рис. 4.42).

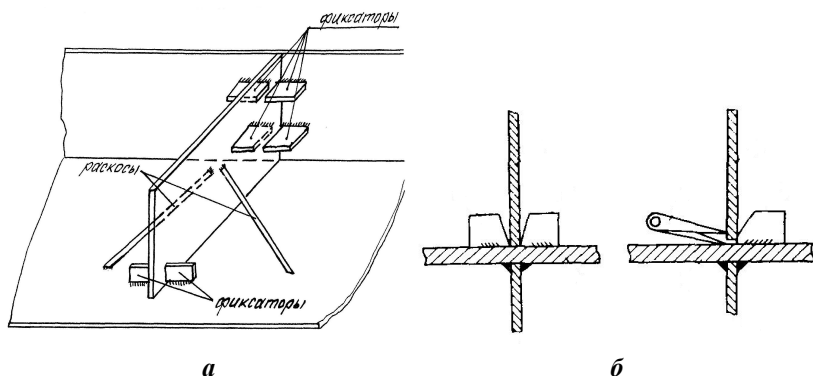


Рис. 4.42. Раскосы и фиксаторы (а), направляющие планки-фиксаторы (б)

При сборке объёмных секций варианты раскрепления подсекций днища, бортов, переборок и выгородок представлены на рис. 4.43.

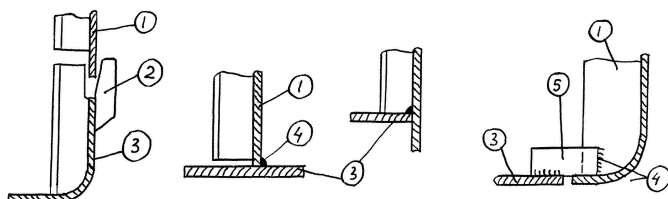


Рис.4.43. Раскрепление подсекций:

- 1 – устанавливаемая подсекция (конструкция); 2 – фиксатор;
3 – собираемая объемная конструкция; 4 – электроприхватки;
5 – гребёнка

Последовательность выполнения работ при сборке полуобъемных и объемных конструкций. При изготовлении полуобъемных и объемных секций рекомендуется соблюдать определенную последовательность работ:

- подсекции устанавливают нижней кромкой к собираемой конструкции с помощью фиксаторов и закрепляют гребёнками или электроприхватками. Крепления ставят через каждые 3 м в количестве не менее 3 шт., длина электроприхваток – 50 мм, катет шва – 5 мм.

- верхнюю кромку подсекции закрепляют гребенками или электроприхватками к собираемой конструкции. При отсутствии по верхней кромке элементов собираемой конструкции крепление выполняют раскосами и упорами.

Крепления устанавливают по концам и в средней части подсекции. Длину электроприхваток, упоров, раскосов принимают из расчета, что общая грузоподъемность всех креплений должна быть равна весу подсекции. При этом 1 см² сварного шва по удерживаемым усилиям приравнивается

к 2 т. Например: электроприхватка длиной $L = 50$ мм с катетом 5 мм может удерживать 5 т. Место крепления упоров, раскосов от верхней кромки подсекции должно быть не ниже $0,25H$, (H – высота подсекции), угол их установки от 30° до 60° от вертикали.

Установка и снятие временных креплений. Для создания усилия при смещении в нужном направлении или стягивания сопрягаемых деталей (конструкций) во время выполнения сборочных работ применяют различные ручные приспособления, а закрепление деталей при сборке под сварку выполняют с помощью электроприхваток (жесткое закрепление) или эластичных креплений (гребенки, скобы, талрепы, струбцины).

На окончательно собранных и заваренных секциях все свободные кромки шириной свыше 300 мм выправляют и раскрепляют вдоль кромки рыбаками. Для предотвращения залома кромки устанавливают раскосы через 800...1000 мм со стороны набора и смещением 30...50 мм.

В соответствии с типовыми технологическими процессами при изготовлении секции необходимо устанавливать строительные леса, трапы и ограждения для обеспечения безопасных условий работы, а также рыбаки и раскрепления для предотвращения деформаций секции при ее кантовке и транспортировке.

Приварку гребёнок и других временных креплений выполняют односторонним сварным швом с катетом равным 3мм при толщине свариваемых деталей до 5мм; 4мм – при толщине свариваемых деталей 6...10 мм; 5 мм – при толщине свариваемых деталей 11...15 мм; 6 мм – при толщине свариваемых деталей более 15 мм.

Удаление приваренных гребёнок и других временных креплений выполняют газовой или воздушно-дуговой строж-

кой, также допускается их удаление путём разрушения электроприхваток изгибом на шов.

Обухи, устанавливаемые на полотнищах, подсекциях и секциях в процессе их изготовления и не используемые стапельным цехом, удаляют. В сборочно-сварочном цехе устанавливают обухи для кантовки и установки секции в стапельном цехе. Установка обухов на бортовой обшивке с гладкой стороны запрещена.

После выполнения сборочно-сварочных работ выводные планки срезают, а места их установки и электроприхватки зачищают.

Гребёнки являются эластичными креплениями, обеспечивают свободное укорочение сварных соединений в плоскости свариваемых листов и противодействуют развитию угловых деформаций. Гребёнки устанавливают при сборке параллельно друг другу и под углом 45° к оси сварного шва со стороны, обратной выполнению первого прохода с приваркой к обоим стыкуемым листам. Допускается установка гребёнок под углом 90° к оси сварного шва при условии применения скользящего соединения, когда один конец гребёнки приваривают, а другой раскрепляют с помощью клина.

Толщина гребёнок должна быть в пределах $0,5S < S_1 < S$, но не более 24 мм, где S – минимальная толщина стыкуемых листов, S_1 – толщина гребёнок, высота не менее 80 мм. Длина гребёнок для соединений с симметричным скосом кромок и без скоса кромок должна быть 350...450 мм. Для соединений с несимметричным скосом кромок, а также для монтажной шпации длина гребёнок должна быть $L = a - 50$ мм (a – шпация), но не менее 350 мм.

Допускается установка гребёнок большей длины и под углом, отличающимся от 45° , если концы гребёнок опираются на рёбра жесткости. При изготовлении конструкций из

листов $S \leq 8$ мм гребёнки разрешается не устанавливать. Для гребёнок могут быть использованы отходы полособульбового профиля (несимметричного и симметричного).

Для сборки криволинейных стыковых соединений применяют гребёнки со стороны, повторяющей погиб конструкции. Гребёнки с помощью скобы и клина прижимают к обшивке и закрепляют электроприхватками. Для предупреждения заломов стыкуемых кромок вовнутрь им необходимо придать обратный выгиб, применяя гребенки на специальных сборочных планках.

Сдача секций. В случае, когда секцию изготавливают в сборочно-сварочном цехе, а затем передают в стапельный цех, дополнительно вводится операция ее проверки на комплектность и качество конструкции и отсутствие дефектов (вмятин, изломов, трещин и др.).

Сборочно-сварочный цех выполняет все работы по изготовлению секций по рабочим чертежам. Корпусодостроечные работы, выполняемые в положении секции "набором вверх" (установка насыщения, окраска и др.). выполняют с последующей кантовкой секции в положение "набором вниз". Исключение составляют плоскостные секции, имеющие выступающий набор разной высоты или установленные фундаменты. Эти секции складывают и передают на стапель в положении "набором вверх".

Секции, сданные в сборочно-сварочном цехе на комплектность и качество, передают в стапельный цех в положении, не требующем дополнительной кантовки для их установки в блок, (например, палубные секции подают "набором вниз"). Подсекции, собираемые на линии ЭСАБ, передают на последующую сборку в положении "набором вверх".

Изготовление плоскостных секций. Плоскостные секции изготавливают на плоских сборочных стендах (в основ-

ном металлических) с применением простейших сборочных приспособлений и инструмента.

Наиболее просты в изготовлении плоскостные секции с набором одного направления. В этом случае после установки балок набора по заранее нанесенной на полотнище разметки мест установки их приваривают с помощью автоматов или полуавтоматов.

Более сложным является технологический процесс изготовления плоскостных секций с набором двух направлений, т.е. с пересекающимся набором. Существует несколько способов изготовления таких секций:

- **раздельный способ** сборки и сварки набора, когда сначала устанавливают и прижимают к полотнищу балки главного направления, приваривают их с помощью автоматов для угловой сварки, а затем устанавливают и приваривают полуавтоматом балки перекрестного набора;

- **совмещенный способ** сборки и сварки набора, когда сначала устанавливают рамный (перекрестный) набор, прижимают его к полотнищу и приваривают, а затем через вырезы в нем протаскивают балки главного направления, прижимают к полотнищу, сваривают набор между собой, потом приваривают к полотнищу;

- **каркасный способ**, когда сначала собирают и сваривают между собой весь набор (балки главного направления и перекрестные связи), который затем устанавливают и приваривают к полотнищу.

При раздельном способе сборки и сварки плоскостных секций работы выполняют в следующей очередности: собирают и сваривают полотнище; устанавливают и приваривают к полотнищу набор главного направления; устанавливают набор другого направления; сваривают набор между собой; приваривают набор к полотнищу. В случаях, когда

раздельный способ не может быть применен, конструкции изготовляют в таком порядке: собирают и сваривают полотнище и различные узлы, в том числе балки; устанавливают продольный и поперечный набор на прихватки и сваривают его между собой; приваривают набор к полотнищу. При этом приварку набора выполняют так называемым **ячейковым способом**, сущность которого заключается в том, что одновременно четыре сварщика выполняют сварные швы каждый в своей ячейке в направлении отсередины к краям секции и в дальнейшем сварку ведут в последовательности, приведенной на рис. 4.44.

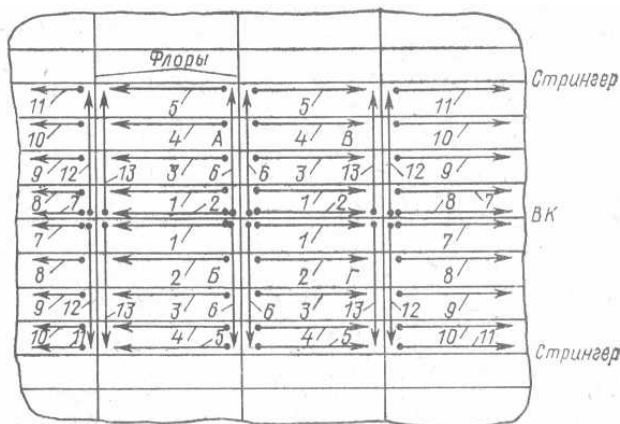


Рис.4.44. Схема последовательности приварки продольного и поперечного набора к полотнищу ячейковым способом одновременно четырьмя сварщиками

1, 2, 3, ... очередность сварки; → направление сварки; А, В, Г — сварщики

Отсутствие кривизны и относительная простота конструкции плоскостных секций предопределили широкие возможности механизации их изготовления на судостроительных предприятиях. Такие секции изготавливают на механи-

зированных поточных линиях, где на отдельных позициях секция проходит все этапы – от изготовления полотнища до установки и сварки набора и насыщения, а также ее сдачи.

В качестве примера на рис. 4.45 приведена схема механизированной семипозиционной поточной линии сборки и сварки плоскостных секций. Линия предназначена для изготовления секций размерами 10×10 м с листами обшивки толщиной от 6 до 24 мм, набором до № 24, шельфами размерами до 1200 мм и общей массой до 16 т. На первых трех позициях собирают узел полотнища, на последующих четырех позициях выполняют сборку и сварку плоскостной секции. Линию обслуживают два рабочих.

Изготовление полуобъемных и объемных секций. Полуобъемные и объемные секции могут быть открытыми и закрытыми, т.е. с накрывающим перекрытием (например, днищевые со вторым дном, двойные борта). Изготовление объемных секций более трудоемкое и сложное, поскольку при работе в замкнутых пространствах создаются неблагоприятные условия для работающих и применения средств механизации.

Технология изготовления таких секций различается в зависимости от того, имеют ли они плоскую поверхность или ограничены только криволинейными поверхностями.

В первом случае плоскую поверхность часто применяют как базовую, что позволяет использовать для ее сборки и сварки плоские стенды. Сборка секции начинается с формирования плоского настила (полотнища или узла), его разметки и установки высокого набора, верхние кромки которого являются базой для создания лекальной поверхности криволинейной обшивки. В процессе изготовления секцию для удобства выполнения сварочных работ кантуют с применением специальных кантовочных приспособлений.

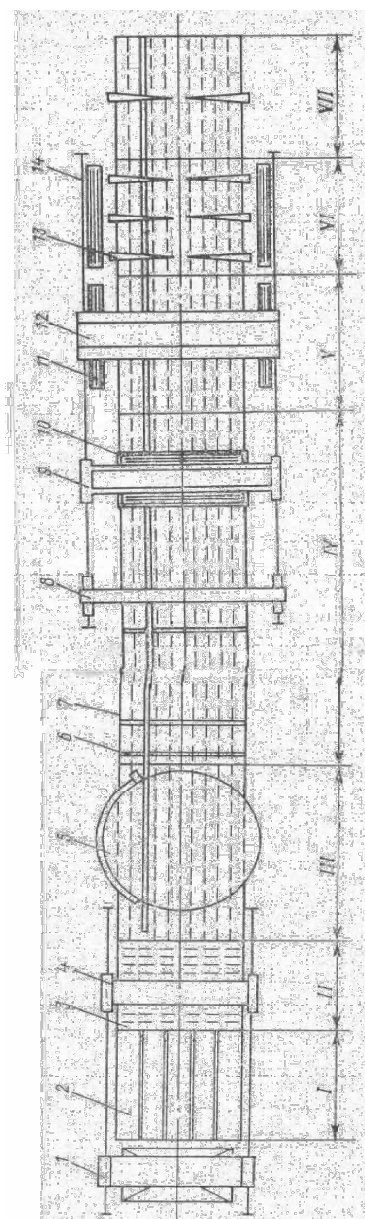


Рис. 4.45. Схема механизированной семипозиционной поточной линии сборки и сварки плоскостных секций

1 – листоукладчик; 2 – сборочный стенд; 3 – сварочный стенд; 4 – сварочный агрегат; 5 – поворотное устройство; 6 – транспортное устройство; 7 – опорный ролик; 8 – агрегат подачи набора; 9 – агрегат установки набора; 10 – кассета для продольного набора; 11 – кассета для поперечного набора; 12 – сборочный агрегат; 13 – стрелы для сварочных полуавтоматов; 14 – рельсовые пути; I–VII – позиции линии.

Сборку и сварку криволинейных секций без плоской базы выполняют на сборочно-сварочных постелях, которые относятся к наиболее крупной по размерам группе сборочной оснастки.

Технологические операции изготовления секций в постели включают следующие работы: проверку обводов лекальной поверхности постели; сборку и сварку криволинейного полотнища; разметку полотнища; установку и сварку набора; установку и сварку с одной стороны накрывающего настила (если такой имеется); открепление секции от постели и кантовка ее на 180° ; сварку накрывающего настила с обратной стороны и приварку к нему набора; возвращение секции в первоначальное положение; установку насыщения; проверку ее формы и размеров.

Наиболее сложен технологический процесс сборки и сварки объемных секций оконечностей. Их изготавливают, в основном, в постелях или стапель-кондукторах, начиная с установки штевня с килевой коробкой, после чего формируют обшивку, размечают места установки набора, устанавливают набор, а затем палубы и платформы, собранные предварительно. Часто используют плоскую палубу или платформу в качестве базовой, на которой устанавливают и сваривают набор, а затем на него наружную обшивку.

Объемные секции ярусов надстройки, используя их конструктивные и технологические особенности (большие плоские поверхности; относительно небольшие толщины; набор небольшой высоты и преимущественно одного направления), собирают в перевернутом положении из предварительно изготовленных плоскостных секций палуб, наружных стенок и внутренних переборок. Затем из ярусов собирают блок надстройки.

Контуровочные работы. Контуровкой называют совокупность операций разметки, нанесения припусков и обработки

контура секции. Для выполнения операций разметки и обработки контура секции любым методом на плазе разрабатывают контуровочный эскиз.

Разметку контура секции выполняют по плазовым эскизам, по контуровочным площадкам, по постелям или с помощью оптических приборов после окончания всех сборочных и сварочных работ. Перед этим, при необходимости, секцию правят и освобождают от креплений к стенду или постели.

Контуровку по плазовым эскизам применяют для плоскостных секций. Порядок выполнения работ следующий: готовую секцию укладывают на ровную площадку, на полотнище секции согласно эскизу, наносят взаимно перпендикулярные контрольные линии, от них – контур полотнища, а затем линии контура секции по набору.

На расстоянии 50...100 мм внутрь от контура секции наносят контрольные линии контура. Полученные точки соединяют с помощью нитки или гибкой рейки и накернивают. Секцию маркируют: наносят номер заказа, секции, чертежа, номера шпангоутов и расположения секции на судне – "Нос", "Корма", "Верх", "Низ" и т.д., наносят надписи на контрольных линиях, указывая размер от базовых линий на судне. Маркировку секции обводят краской. После окончания сборочных, сварочных работ и проверки контура секции обрезают ее кромки с учетом монтажного припуска, если он предусмотрен. После перекантовки секции контрольные линии переносят на наружную сторону, наносят положение теоретических линий среднего и крайних шпангоутов, а также базовые линии (ДП, мидель и др.).

Контуровку по контуровочным площадкам применяют для плоскостных секций. Сущность метода заключается в следующем. Контуровочная площадка представляет собой плоский горизонтальный стенд с размеченной сеткой из вза-

имно перпендикулярных линий. Плоскостную секцию совмещают по базовым линиям с двумя взаимно перпендикулярными линиями на площадке. Секцию закрепляют к площадке и от базовых линий на площадке откладывают соответствующие размеры контура секции по данным контуровочного эскиза. Полученные точки соединяют с помощью нитки или гибкой рейки и накернивают. Порядок выполнения остального объема контуровочных работ аналогичен контуровке по плазовым эскизам.

Контуровку по плоскостям применяют для полуобъемных секций с криволинейными обводами. По контрольным линиям, нанесенным на постели с помощью стеклиней и отвесов, наносят на секции точки ее контрольной линии. Полученные точки соединяют с помощью нитки или гибкой рейки. Таким же образом строят и линии шпангоутов.

После окончания сборочных, сварочных и проверочных работ секцию освобождают от креплений к постели, совмещают осевые контрольные линии, нанесенные на постели и на секции. Переносят точки монтажных стыков и пазов с постели на обшивку. Поперечные кромки размечают от линий крайних лекал постели. Соединив полученные точки с помощью нитки или гибкой рейки, получают контур секции. Затем производят проверку контура по размерам растяжек, рискам, вынесенным на лекалах постели. Проверяют общую длину секции по пазам и контрольной линии.

Порядок выполнения остального объема контуровочных работ аналогичен процессу контуровки по плазовым эскизам.

Контуровку с помощью оптических приборов выполняют для всех типов секций. При этом методе используют нивелиры, теодолиты, специально оборудованные стенды. Стенды имеют опорные устройства для контуруемой секции и забетонированные стойки с нанесенными базовыми

ГЛАВА 4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ КОРПУСА СУДНА

плоскостями. С помощью оптических приборов на основании данных контуровочного эскиза производят полную разметку всех элементов секции, включая ее контур.

Примеры технологических процессов изготовления плоскостных, полуобъемных и объемных секций приведены в табл. 4.7–4.10, а шифры и содержание работ – в табл. 4.6.

Типовые технологические процессы изготовления секций. При разработке процессов изготовления секций все технологические операции необходимо указывать в повелительном наклонении (например, разметить, установить, заварить и т.п.). Шифры технологических операций, приведенные в табл. 4.6, не являются стандартными и используются только в учебных целях.

Таблица 4.6. Шифры и содержание работ при изготовлении типовых секций

Шифр работы	Наименование и содержание работы
1	2
1	Подготовка постели или кондуктора. Провести настройку постели согласно рабочим чертежам и плазовым данным, удалить временные крепления на лекалах или скойках постели, зачистить места приварки креплений, проверить постель, сдать ОТК. Настройку немеханизированной стоечной постели с постоянным шагом стоек необходимо провести в последовательности: – установить за пределами постели вертикальные временные жесткие стойки, с помощью шлангового уровня нанести на них след базовой плоскости, относительно которой производят установку стоек постели по высоте (за базовую плоскость принимают горизонтальную плоскость, положение которой определяют с учетом максимальной кривизны наружной обшивки, высоты постели с опущенными стойками и удобства выполнения сборочно-сварочных работ при изготовлении секции);

Продолж. табл. 4.6

1	2
1	– по рискам на стойках установить и закрепить шергени, верхние кромки которых фиксируют базовую плоскость; – на шергениях в плоскостях рядов стоек постели натянуть стеклини; стойки по высоте установить по плазовым данным. Положение стоек относительно натянутых стеклиней (базовой плоскости) определить с помощью метра, после сдачи постели ОТК стеклини, шергени и временные стойки убрать. Настройку механизированной стоечной постели проводят в последовательности: – расставить балки по длине секции, зафиксировать положение балок на рельсовом пути и замкнуть захваты балок; – нанести мелом положение пазов и контрольных линий на верхних концах крайних балок; установить на эти места разметочные площадки и стойки – опоры для закрепления стеклиня; – выдвинуть стойки на высоту согласно плазовым данным; – натянуть стеклинь, вынести со стеклиня с помощью отвеса след контрольной линии на разметочную площадку; по плазовым данным нанести положение пазов. Подлекальники механизированной постели настроить только для днищевых секций: – установить подлекальники относительно ДП постели, закрепить их захватами на рельсах; – установить верхнюю часть подлекальников согласно плазовым данным; – выдвинуть стойки подлекальников на размеры согласно плазовым данным.
2	Подготовка сборочно-сварочного стенда. Удалить временные крепления на стенде, зачистить места их приварки, проверить стенд на горизонтальность и прямолинейность***.
3	Удаление временных креплений: – удалить газовой строжкой или газовой резкой временные крепления (фиксирующие стойки, гребенки, планки, раскрепляющие стойки), установленные при сборке конструкции. Места приварки зачистить; – допускается удалять временные крепления сламыванием шва, при условии сохранения целостности основной конструкции.

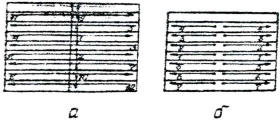
Продолж. табл. 4.6

1	2
4	Укладка узла полотнища на стенд: – подать узел полотнища (II дна; плоской части НО; палубы; борта и др.) на стенд, прижать и закрепить.
5	Прижатие полотнища к стенду балками: – прижать полотнище балками по обеим сторонам пазов или стыков.
6	Прижатие полотнища к стенду грузами: – прижать полотнище к стенду грузами по обеим сторонам пазов или стыков.
7	Закрепление полотнища к стенду по контуру: – закрепить полотнище к стенду электроприхватками* по контуру при толщине листов до 8мм или на эластичных креплениях при толщине листов более 8мм.
8	Укладка узла полотнища на постель: – подать краном и уложить узел полотнища на постель, совместить контрольные линии полотнища с контрольными рисками на постели, прижать к лекалам (стойкам) постели и закрепить*.
9	Укладка узла полотнища на ранее выставленный набор секций: – подать краном и уложить узел полотнища на выставленный набор, совместив контрольные линии полотнища с ранее установленным набором, обжать и закрепить.
10	Сборка криволинейного полотнища с плоским участком на постели: – подать и уложить узел плоской части полотнища (см. п.8); – подать краном листы первого пояса криволинейной части полотнища, выровнять их относительно плоской части и состыковать, закрепляя электроприхватками (сначала стыкуя между собой, а затем с плоской частью), обжать к постели и закрепить;

Продолж. табл. 4.6

1	2
10	– аналогично установить остальные листы криволинейной части. <i>Примечание.</i> Допускается установка предварительно соединенных листов криволинейной части, выполняя их стыковку на стоечной постели упрощенного типа.
11	Сборка криволинейного полотнища с плоским участком на наборе секции: – подать и уложить узел плоской части полотнища (см. п. 9); – остальные операции выполнить в той же последовательности и с применением той же оснастки, что в п. 10, за исключением того, что листы криволинейной части полотнища прижать и закрепить к ранее установленному набору.
12	Сборка криволинейного полотнища, не имеющего плоского участка: – подать и уложить на постель (или выставленный набор) листы горизонтального киля или ширстрека (при их отсутствии листов ближайшего к ним пояса), совместив контрольные линии на листах с рисками на постели (или на ранее выставленном наборе); – состыковывать листы между собой, обжать и закрепить к постели (или ранее выставленному набору)**; – аналогично установить листы последующих поясов, поочередно стыковать их между собой, а затем к ранее установленным, прижать и закрепить к постели (или ранее установленному набору).
13	Установка выводных планок: – установить и приварить по концам стыковых швов, подлежащих сварке автоматом под флюсом, выводные планки размером 100×10 0 мм, толщиной, одинаковой со свариваемыми конструкциями; – при наличии технологического припуска не менее 50 мм выводные планки можно не устанавливать
14	Сдача конструкции под сварку: – проверить чистоту кромок, в случае их загрязнения зачистить;

Продолж. табл. 4.6

1	2
14	– проверить правильность подготовки кромок под сварку; – проверить правильность сборки согласно чертежам и плазовым данным.
15	Сварка полотнища.  <i>a</i> <i>б</i> Сварить стыки и пазы полотнища в зависимости от его кризизны по одному из следующих вариантов: – автоматом (за исключением стыков скуловых паясьев) в последовательности, указанной на схеме (<i>a</i>); – полуавтоматом (при невозможности использования автомата) в последовательности, указанной на схеме (<i>б</i>).
16	Контроль сварных швов: – контроль сварных швов; – исправить при необходимости дефекты сварных швов
17	Разметка полотнища: – разметку базовых линий, мест установки набора, примыкающих конструкций, вырезов, фундаментов выполнить согласно чертежу; – линии разметки накернить; – разметку сдать ОТК.
18	Подготовка под установку набора: – зачистить места установки набора на полотнище, а также притыкаемые и стыкуемые кромки набора; – возобновить меловой ниткой по кернам места установки набора.
19	Установка набора главного направления: – подать детали набора главного направления на полотнище, разложить их вдоль мест установки согласно чертежу;

Продолж. табл. 4.6

1	2
19	– установить набор по разметке под малку или угольник, прижать к полотнищу и закрепить электроприхватками*; – сдать конструкцию ОТК под сварку. <i>Примечание:</i> 1. Если прямолинейный набор по длине состоит из нескольких частей, его следует состыковать перед подачей на сборку в последовательности: подать детали ребер жесткости на стенд; разложить их согласно чертежу; состыковывать и сдать под сварку; сварить стыки с двух сторон; проверить сваренные ребра жесткости по нитке; при необходимости выправить; проверить качество сварки. 2. Если криволинейный набор состоит из нескольких частей, установить и закрепить верхнюю часть набора, пристыковать к ней нижнюю, затем закрепить к полотнищу.
20	Приварка набора главного направления к полотнищу: – приварить набор главного направления автоматом или полуавтоматом на проход симметрично оси полотнища. В местах, недоступных для автоматической сварки, применить полуавтоматическую сварку.
21	Установка шельфов: – подать шельф на секцию, «надеть» на набор, навести на линию разметки, проверить по малке или угольнику***, раскрепить; – обжать, закрепить к полотнищу прихватками* и состыковать набор.
22	Установка перекрестного набора: – подать на секцию детали (узлы) перекрестного набора, разложить их вдоль мест установки согласно чертежу; – «надеть» на набор главного направления, навести на линии разметки и раскрепить; – проверить по малке или угольнику***, прижать к полотнищу** и закрепить прихватками*. <i>Примечание:</i> При интеркостельном перекрестном наборе, разрезные ребра жесткости перекрестного набора устанавливаются после установки и сварки ребер жесткости главного направления. Установку выполняют от середины к концам.

Продолж. табл. 4.6

1	2
23	Установка рамного набора: – подать детали (узлы) перекрестного рамного набора и разложить вдоль мест установки; – «надеть» на набор главного направления, навести на линию разметки, проверить по угольнику или малке, закрепить; – обжать к полотнищу**, закрепить электроприхватками*; – подать рамный набор главного направления и разложить вдоль мест установки; – вставить в щель между рамным перекрестным набором, проверить по растяжке и на вертикальность***, раскрепить; – прижать к полотнищу**, закрепить прихватками*; – состыковать пояски и стенки набора.
24	Установка высокого набора (при разрезных поперечных связях): – установить фиксирующие планки в местах установки участков флоров между вертикальным килем (стенкой туннельного кил первым стрингером правого борта и закрепить их электроприхватками; – подать узлы указанных участков флоров, установить между планками, надев их на ребра жесткости; – проверить правильность установки по линии разметки и растяжке***, раскрепить; – обжать** и закрепить электроприхватками к полотнищу; – подать узлы вертикального киля (стенки туннельного киля) и первого стрингера правого борта; – придвинуть их к торцам ранее установленным участкам флоров, проверить правильность установки по линии разметки и растяжке***, раскрепить; – обжать** и закрепить электроприхватками* к флорам и полотнищу; – произвести дальнейшую сборку конструкции симметрично диаметральной плоскости секции аналогично вышеуказанным работам.
25	Установка высокого набора (при разрезных продольных связях): – установить фиксирующие планки в местах установки вертикального киля (стенок туннельного киля);

Продолж. табл. 4.6

1	2
25	– подать узлы вертикального кия (стенок туннельного кия), установить их между планками. Проверить правильность их установки на вертикальность и по растяжке***, раскрепить; – подать узлы указанных участков стрингеров, установить их между планками; Проверить правильность их установки по вертикали и растяжке, совместив кромки с линией установки первого флора; – прижать узлы участков стрингеров и закрепить прихватками*; – подать узлы первого флора «надеть» на ребра жесткости, подвинуть до упора к установленным узлам стрингеров; – проверить совпадение торцевых кромок набора с линиями их стыковки, обжать** и закрепить электроприхватками** к полотнищу и набору; – с двух бортов провести дальнейшую установку высокого набора аналогично вышеуказанным работам.
26	Установка набора главного направления при установленном ранее рамном и высоком наборе (применяется, в основном, при использовании в качестве ребер жесткости длинномерных полос из листового проката): – подать ребра жесткости на секцию; – произвести их установку, протаскивая их в соответствующие шпигаты высокого набора; – проверить правильность их установки по вертикали и растяжке**, закрепить электроприхватками*; – обжать** и закрепить электроприхватками* к набору и полотнищу.
27	Установка деталей россыпи: – подать детали россыпи на секцию; – установить детали россыпи согласно чертежу и закрепить электроприхватками.
28	Сварка набора: – сварить набор сначала между собой, а затем приварить к полотнищу по ячейкам с общим направлением сварки от середины секции к ее краям.

Продолж. табл. 4.6

1	2
28	<i>Примечание:</i> Сварка набора между собой и приварка его к полотнищу может производиться параллельно сборке, но только в объеме завершенного участка работ, а именно: в районе между вертикальным килем и первым стрингером (одновременно по обеим сторонам от диаметральной плоскости секции); в районах между первым и вторым стрингерами. При этом сдача набора под сварку должна производиться также по завершенным участкам. Если в днищевой секции предусмотрен предварительный развал, то перед началом приварки набора к полотнищу следует освободить ее от фиксации к постели до первого крайнего (бортового) стрингера.
29	Приварка набора к полотнищу (наружной обшивки, второго дна, палубы, платформы или переборки) после кантовки секции выполняется в соответствии с п. 28.
30	Проверка набора по высоте: – проверить по высоте положение верхних кромок набора согласно плазовым данным; – подрезать при необходимости кромки газовой резкой и зачистить (суммарная длина подрезаемых кромок не должна превышать 15% общей длины кромок высокого набора на секции).
31	Установка фундаментов на секцию: – зачистить места установки фундаментов и притыкаемые кромки; – подать фундамент на секцию, установить и взять на электроприхватки; – сдать под сварку; – приварить фундамент. <i>Примечание:</i> В случае, если устанавливаемые фундаменты мешают выполнению сварочных работ, фундаменты устанавливают после сварки секции.

Продолж. табл. 4.6

1	2
32	Установка заделок: – зачистить кромки, притыкаемые к заделкам; – подать, установить и закрепить заделки электроприхватками; – сдать под сварку и приварить заделки ручной сваркой. <i>Примечание:</i> Для удобства выполнения работ по контролю и исправлению сварных швов установку заделок выполнить после приварки набора
33	Проверка положения вырезов под продольный набор на высоком поперечном наборе: – зафиксировать на рейке положение продольного набора (настила второго дна или плоской части наружной обшивки); – проверить по снятым замерам положение вырезов в высоком поперечном наборе; – при несовпадении причертить вырезы и обрезать, кромки зачистить.
34	Установка продольного набора главного направления на высокий поперечный набор: – подать продольный набор (настила второго дна или плоской части наружной обшивки) и разложить их вдоль мест установки; – уложить набор в соответствующие вырезы поперечного высокого набора, проверить его положение по растяжке, выровнять по верхним кромкам высокого набора и закрепить электроприхватками*.
35	Приварка продольного набора к поперечному междудонному набору: – приварить продольный набор к поперечному междудонному набору полуавтоматом в среде CO₂, сварку выполнять от середины секции к ее краям.
36	Установка настила второго дна на набор секции: 1-й вариант, если второе дно от борта до борта: – измерить по внутренней кромке наружной обшивки полушироты секции на уровне настила второго дна;

Продолж. табл. 4.6

1	2
36	– причертить полотнище настила второго дна по результатам замеров, обрезать припуск, если требуется, разделить кромки под сварку, зачистить кромки; – подать полотнище настила второго дна, установить его по растяжке, состыковать с наружной обшивкой, обжать и закрепить к междудонному набору электроприхватками*; 2-й вариант, если второе дно состоит из двух полуполотнищ: – замерить по внутренней кромке наружной обшивки полушироты секции на уровне настила второго дна; – причертить полотнище настила второго дна по результатам замеров, обрезать припуск, если требуется, разделить кромки под сварку, зачистить кромки; – подать полуполотнище настила второго дна, установить его по растяжке, состыковать с наружной обшивкой, обжать и закрепить к междудонному набору электроприхватками*; – состыковать полуполотнища между собой и закрепить электроприхватками*.
37	Сварка настила второго дна: – заварить паз между полуполотнищами автоматом; – приварить полуавтоматом настил второго дна к наружной обшивке или скуловым стрингерам.
38	Приварка междудонного листа второго дна к скуловому листу наружной обшивки при сборке секции в постели: – выполнить сварку паза с наружной стороны полуавтоматом в CO^2; – произвести подварку паза с обратной стороны вручную после кантовки секции.
39	Приварка междудонного листа второго дна к скуловому листу наружной обшивки при сборке секции на втором дне: – выполнить сварку паза с внутренней стороны вручную; – подварить паз с обратной стороны полуавтоматом в CO^2 после кантовки секции.

Продолж. табл. 4.6

1	2
40	Сборка и сварка объёмной секции верхней палубы: – уложить на постель полотнище верхней палубы, совместить контрольные линии полотнища с рисками на постели, прижать** полотнище к лекалам или стойкам постели и закрепить электроприхватками*; – уложить на постель ширстречный лист, выровнять его относительно полотнища верхней палубы, прижать** и закрепить к полотнищу электроприхватками*; – выполнить работы согласно п.п. 13; 14; 15; 16; 17; 19; 20; – подать и установить узел продольной переборки на настил верхней палубы, совместив её кромку с линией разметки, проверить – положение переборки по растяжке и на вертикальность***, прижать**, раскрепить и закрепить к настилу верхней палубы электроприхватками*; – подать и установить узлы палубных частей поперечных рам на участке от продольной переборки до борта, проверить их положение по малке***, состыковать с набором продольной переборки, прижать к настилу** и закрепить электроприхватками*; – подать и установить узлы поперечных рам на участке от продольной переборки до борта и вертикального листа, проверить их положение по линии разметки***, раскрепить**, закрепить электроприхватками* к продольной переборке и настилу; – подать и установить вертикальный лист, проверить его положение по растяжке***, раскрепить, обжать** и закрепить электроприхватками* к настилу и поперечным рамам; – подать и установить подсекцию борта, проверить положение по длине, высоте и полушироте***, раскрепить, причертить и удалить газовой резкой припуск по пазу и набору, при необходимости разделить кромки под сварку, зачистить их, проверить положение секций и состыковать с ранее установленными конструкциями электроприхватками*; – подать и установить тавровые узлы поперечных рам наклонной платформы на участке от борта до продольной переборки, причертить, удалить припуск, если требуется, разделить кромку под сварку, зачистить, состыковать с набором и закрепить электроприхватками*;

Продолж. табл. 4.6

1	2
40	– установить узлы поперечных рам и продольные ребра жёсткости, подкрепляющие наклонную платформу, проверить их положение по длине, выровнять их верхние кромки по высоте поперечных рам, закрепить к поперечным рамам электроприхватками* ; – установить кницы между бортом и крайним ребром жёсткости наклонной платформы, закрепить их электроприхватками*; – выполнить работы согласно п.п. 27; 3; 14; 16; – установить полотнище наклонной платформы, проверить её положение***, прижать и закрепить к набору прихватками; – заварить пазы наклонной платформы с вертикальными и горизонтальными листами.
41	Установка и приварка обухов для кантования и транспортировки: – подать и установить обухи в соответствии со схемой кантования и транспортировки секции, сдать под сварку; – раскрепить, если нужно, секцию временными ребрами жесткости; – произвести приварку обухов и набора в их районе в объеме, предусмотренном схемой кантования и транспортировки секции.
42	Освободить секцию от закрепления к оснастке.
43	Снятие секции с оснастки: – снять секцию, подать на сборочный стенд или площадку для доделки и сдачи, установить секцию на опоры.
44	Кантование секции: – подать и установить (при необходимости) кантовочные приспособления; – произвести кантовку секции в соответствии со схемой кантования и транспортировки; – установить секцию на опоры.

Продолж. табл. 4.6

1	2
45	Установка переборки в секцию: – установить фиксаторы и обухи для крепления растяжек на секции; – установить обухи для крепления растяжек на переборке с учетом ее транспортировки и установки; – установить краном переборку на настил секции, совместив ее кромку с линией разметки; – проверить положение переборки по растяжке и на вертикальность; – раскрепить переборку, прижать к настилу и закрепить электроприхватками*.
46	Сборка полотнища на линии ЭСАБ: – подать листы листоукладчиком на магнитную балку; – установить листы кромками над осью балки с электромагнитами; – выровнять кромки по толщине электромагнитами; – закрепить листы электроприхватками*; – переместить полотнище на ширину листа; – аналогично состыковать остальные листы полотнища.
47	Сварка полотнища на линии ЭСАБ: – переместить собранное полотнище на позицию сварки, совместив первый стык с балкой с флюсовым ручьем; – прижать полотнище к флюсовому ручью электромагнитами балки; – заварить стык с помощью сварочного портала; – освободить полотнище от закрепления электромагнитами балки; – переместить полотнище на ширину листа; – аналогично заварить остальные стыки полотнища; – переместить полотнище на следующую позицию линии.
48	Кантование полотнища кантующим устройством.

Продолж. табл. 4.6

1	2
49	Зачистка кромок набора: – подать профилеукладчиком балку набора на опоры зачистного устройства, развернув балку вокруг горизонтальной оси так, чтобы ее стенка приняла вертикальное наложение; – зачистить дробеструйной установкой нижнюю кромку балки набора с двух сторон; – уложить профилеукладчиком балку на шлеппер зачищенной кромкой вперед.
50	Разметка полотнища машиной «Телерекс»: – сориентировать полотнище относительно оси машины «Телерекс»; – выполнить разметку мест установки набора главного направления; – оконтуровать при необходимости продольные кромки полотнища относительно оси машины «Телерекс»; – развернуть поворотным устройством полотнище на 90°; – выполнить разметку мест установки поперечного набора; – оконтуровать при необходимости поперечные кромки полотнища.
51	Зачистка мест установки набора шлифовальными машинами.
52	Установка и приварка к полотнищу набора главного направления на механизированных линиях: – подать полотнище к агрегату автоматической приварки набора, сориентировав его относительно оси агрегата; – создать упругий изгиб полотнища включением электромагнита с выдвиганием стоек балки выгиба; – подать устройством первую балку набора главного направления в систему установки набора агрегата; – установить первую балку набора на полотнище с помощью системы установки набора агрегата, ориентируя торец балки по линии разметки;

Продолж. табл. 4.6

1	2
52	– приварить балку набора с двух сторон с помощью двух автоматов агрегата; – переместить полотнище на шаг для установки следующей балки набора; – аналогично установить остальные балки набора; – зачистить сварные швы; – передать полотнище с набором на очередную позицию линии
53	Поворот полотнища на 90° с помощью поворотного устройства.
54	Установка перекрестного набора агрегатом механизированной линии: – захватить агрегатом из кассеты балку перекрестного или высокого набора; – навести на линию разметки, прижать** и закрепить к полотнищу электроприхватками*.
55	Сварка набора полуавтоматами, размещенными на сварочных стрелах: – произвести сварку набора, сваривая сначала набор между собой, а затем приваривая к полотнищу от середины к концам.
56	Установка и приварка доизоляции насыщения.
57	Определение изгиба секции: – определить изгиб секции путем замера зазоров между секцией и оснасткой для сборки. Если оснастка имеет предварительный развал, то замеры необходимо выполнять с учетом величины развала.
58	Контуровка секции: – проверить габаритные размеры секции; – удалить припуски по кромкам секции газовой резкой; – разделить при необходимости кромки под сварку и зачистить их.

Продолж. табл. 4.6

1	2
59	Нанесение на секцию контрольных линий: – нанести на секцию контрольные линии, накернить их, отметить краской.
60	Подварка сварных швов: – подготовить сварные швы корпусных конструкций и насыщения для подварки; – подварить сварные швы в последовательности, аналогичной сварке основного шва.
61	Сдача секции на комплектность и качество.
62	Испытание сварных швов на непроницаемость: – испытать керосином и меловым раствором сварные швы непроницаемых конструкций.
63	Грунтовка секции: – выполнить грунтовку секции согласно ведомости грунтовки; – восстановить контрольные линии, отметить их белой краской.
64	Маркировка секции: – выполнить маркировку секции с лицевой и внутренней сторон. Маркировку обвести белой краской.

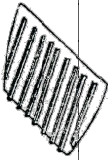
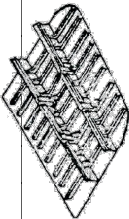
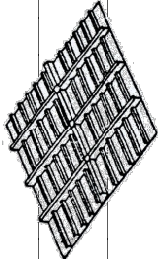
Примечание:

*— указать параметры электроприхваток (см. главу 2, § 2.3, табл. 2.1);

**— указать конкретно применяемую оснастку или приспособления;

***— указать допускаемые отклонения проверяемых параметров

Таблица 4.7. Последовательность выполнения работ в типовых технологических процессах изготовления плоскостных секций (палубы, платформы, переборки, подсекации второго дна и наружной обшивки)

Эскиз типовой секции	Характеристики типовой секции	Предварительно изготовленные узлы	Последовательность выполнения работ	
			Изготовление на стенде	Изготовление на механизированной линии типа ЭСАБ
	Набор одного направления	Полотнище	2; 4; 17; 19; 14; 20; 16; 42; 41; 57; 58; 61; 62; 63; 64	2; 4; 17; 19; 14; 20; 16; 42; 41; 57; 58; 61; 62; 63; 64
	Набор одного направления; шельфы палуб с набором	Полотнище; шельфы палуб с набором	2; 4; 17; 19; 14; 20; 21; 27; 3; 14; 28; 16; 32; 42; 41; 57; 58; 61; 62; 63; 64	2; 4; 17; 19; 14; 20; 21; 27; 3; 54; 55; 27; 16; 32; 41; 61; 62; 63; 64
	Набор в двух направлениях; рамные стойки той же высоты, что и перекрёстный разрезной набор на рамных стойках	Полотнище; рамный набор	2; 14; 17; 19; 14; 20; 23; 27; 3; 14; 28; 16; 32; 42; 41; 57; 58; 61; 62; 63; 64	2; 14; 17; 19; 14; 20; 23; 27; 54; 55; 27; 16; 32; 42; 41; 61; 62; 63; 64

268 *Таблица 4.8. Последовательность выполнения работ в типовых технологических процессах изготовления полубоёмных палубных секций*

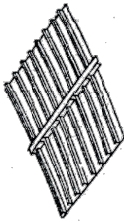
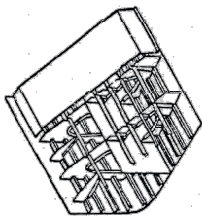
Эскиз типовой секции	Характеристики типовой секции	Предварительно изготовленные узлы	Последовательность выполнения работ
	Набор преимущественно одного направления: рамный карлингс; погиб палубы плавная	Плоская часть полотнища настила (если есть); карлингс	1; 12 (или 10); 14; 15; 17; 18; 19; 14; 20; 22; 27; 3; 14; 28; 16; 32; 42; 41; 56; 57; 58; 43; 44; 14; 60; 16; 61; 62; 63; 64
	Набор двух направлений: рамные карлингсы и бимсы одной высоты; погиб палубы плавная	Плоская часть полотнища настила (если есть); карлингс	1; 12 (или 10); 14; 15; 17; 18; 19; 14; 20; 23; 27; 3; 14; 28; 16; 32; 42; 41; 56; 57; 58; 43; 44; 14; 60; 16; 61; 62; 63; 64
	Объёмная палубная секция с подпалубной цистермой и частью борта; соединение борта с палубой по радиусу; рамы поперечные разрезные на продольной переборке; продольная переборка подкреплена рёбрами жёсткости	Секция борта с продольным и поперечным набором и горизонтальным листом платформ; продольная переборка с продольным и поперечным набором; тавровые узлы поперечных рам на участке бортовой продольной переборки; тавровые узлы поперечных рам на участке от продольной переборки к диаметральной плоскости; полотно наклонной платформы; полотно настила верхней палубы	1; 40; 42; 41; 57; 58; 43; 44; 14; 60; 59; 29; 56; 16; 61; 62; 63; 64

Таблица 4.9. Последовательность выполнения работ в типовых технологических процессах изготовления полубъемных бортовых секций

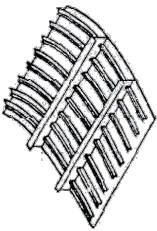
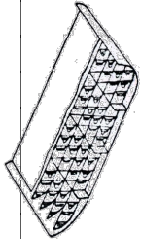
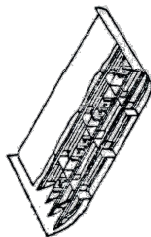
Эскиз типовой секции	Характеристики типовой секции	Предварительно изготовленные узлы	Последовательность выполнения работ
	Набор одного направления; наружная обшивка криволинейная с плоской частью	Тавровый набор; полотно; ще плоской части наружной обшивки	1; 12 (или 10); 14; 15; 17; 18; 19; 14; 20; 16; 42; 41; 56; 57; 58; 43; 44; 14; 60; 16; 61; 62; 63; 64
	Набор преимущественно одного направления; стрингеры рамные неразрезные; наружная обшивка криволинейная с плоской частью	Тавровый набор; полотно; ще плоской части наружной обшивки	1; 10 (или 12); 14; 15; 16; 17; 18; 19; 14; 20; 22; 27; 3; 14; 28; 16; 32; 42; 41; 56; 57; 58; 43; 44; 14; 60; 16; 61; 62; 63; 64

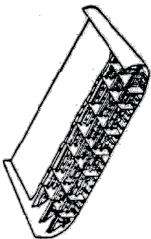
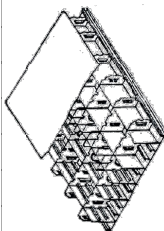
Таблица 4.10. Последовательность выполнения работ в типовых технологических процессах изготовления полубоёмных и боёмных днищевых секций

Эскиз типовой секции	Характеристика типовой секции	Вариант I*		Вариант II	
		Сборка на настиле второго дна	Предварительно изготовляемые узлы	Последовательность выполнения работ	Сборка на наружной обшивке
1	2	3	4	5	6
	Настил второго дна	Полотнище настила второго дна; полотнище плоской части наружной обшивки	2; 4; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 9; 11; 14; 15; 39; 42; 41; 43; 44; 27; 14; 39; 60; 29; 16; 56; 57; 58; 61; 62; 63; 64	То же, что в варианте I, но полотнище рого дна подается с разъемом	1; 10; 14; 15; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 36; 14; 37; 42; 41; 57; 58; 43; 44; 27; 14; 37; 60; 29; 16; 44; 56; 61; 62; 63; 64
	средняя часть наружной обшивки	Полотнище настила второго дна; полотнище плоской части наружной обшивки	2; 4; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 9; 11; 14; 15; 39; 42; 41; 43; 44; 27; 14; 39; 60; 29; 16; 56; 57; 58; 61; 62; 63; 64	То же, что в варианте I, но полотнище рого дна подается с разъемом	1; 10; 14; 15; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 36; 14; 37; 42; 41; 57; 58; 43; 44; 27; 14; 37; 60; 29; 16; 44; 56; 61; 62; 63; 64
	скрученная часть	Полотнище настила второго дна; полотнище плоской части наружной обшивки	2; 4; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 9; 11; 14; 15; 39; 42; 41; 43; 44; 27; 14; 39; 60; 29; 16; 56; 57; 58; 61; 62; 63; 64	То же, что в варианте I, но полотнище рого дна подается с разъемом	1; 10; 14; 15; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 36; 14; 37; 42; 41; 57; 58; 43; 44; 27; 14; 37; 60; 29; 16; 44; 56; 61; 62; 63; 64
	вертикальная часть	Полотнище настила второго дна; полотнище плоской части наружной обшивки	2; 4; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 9; 11; 14; 15; 39; 42; 41; 43; 44; 27; 14; 39; 60; 29; 16; 56; 57; 58; 61; 62; 63; 64	То же, что в варианте I, но полотнище рого дна подается с разъемом	1; 10; 14; 15; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 36; 14; 37; 42; 41; 57; 58; 43; 44; 27; 14; 37; 60; 29; 16; 44; 56; 61; 62; 63; 64
	вертикальная часть	Полотнище настила второго дна; полотнище плоской части наружной обшивки	2; 4; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 9; 11; 14; 15; 39; 42; 41; 43; 44; 27; 14; 39; 60; 29; 16; 56; 57; 58; 61; 62; 63; 64	То же, что в варианте I, но полотнище рого дна подается с разъемом	1; 10; 14; 15; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 36; 14; 37; 42; 41; 57; 58; 43; 44; 27; 14; 37; 60; 29; 16; 44; 56; 61; 62; 63; 64
	шпунты	Полотнище настила второго дна; полотнище плоской части наружной обшивки	2; 4; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 9; 11; 14; 15; 39; 42; 41; 43; 44; 27; 14; 39; 60; 29; 16; 56; 57; 58; 61; 62; 63; 64	То же, что в варианте I, но полотнище рого дна подается с разъемом	1; 10; 14; 15; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 36; 14; 37; 42; 41; 57; 58; 43; 44; 27; 14; 37; 60; 29; 16; 44; 56; 61; 62; 63; 64
	шпунты	Полотнище настила второго дна; полотнище плоской части наружной обшивки	2; 4; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 9; 11; 14; 15; 39; 42; 41; 43; 44; 27; 14; 39; 60; 29; 16; 56; 57; 58; 61; 62; 63; 64	То же, что в варианте I, но полотнище рого дна подается с разъемом	1; 10; 14; 15; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 36; 14; 37; 42; 41; 57; 58; 43; 44; 27; 14; 37; 60; 29; 16; 44; 56; 61; 62; 63; 64
	шпунты	Полотнище настила второго дна; полотнище плоской части наружной обшивки	2; 4; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 9; 11; 14; 15; 39; 42; 41; 43; 44; 27; 14; 39; 60; 29; 16; 56; 57; 58; 61; 62; 63; 64	То же, что в варианте I, но полотнище рого дна подается с разъемом	1; 10; 14; 15; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 36; 14; 37; 42; 41; 57; 58; 43; 44; 27; 14; 37; 60; 29; 16; 44; 56; 61; 62; 63; 64
	шпунты	Полотнище настила второго дна; полотнище плоской части наружной обшивки	2; 4; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 9; 11; 14; 15; 39; 42; 41; 43; 44; 27; 14; 39; 60; 29; 16; 56; 57; 58; 61; 62; 63; 64	То же, что в варианте I, но полотнище рого дна подается с разъемом	1; 10; 14; 15; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 36; 14; 37; 42; 41; 57; 58; 43; 44; 27; 14; 37; 60; 29; 16; 44; 56; 61; 62; 63; 64
	шпунты	Полотнище настила второго дна; полотнище плоской части наружной обшивки	2; 4; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 9; 11; 14; 15; 39; 42; 41; 43; 44; 27; 14; 39; 60; 29; 16; 56; 57; 58; 61; 62; 63; 64	То же, что в варианте I, но полотнище рого дна подается с разъемом	1; 10; 14; 15; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 36; 14; 37; 42; 41; 57; 58; 43; 44; 27; 14; 37; 60; 29; 16; 44; 56; 61; 62; 63; 64

То же, что и предыдущая секция, но нет плоской части наружной обшивки	То же, что у предыдущей секции, кроме полотноща плоской части наружной обшивки	2; 14; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 12; 14; 15; 38; 42; 41; 43; 44; 27; 14; 39; 60; 29; 16; 56; 57; 58; 61, 62; 63, 64	То же, что при варианте I, но полотноща настила второго дна подаётся с разбёгом у диаметральной плоскости	1; 12; 14; 15; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 36; 14; 37; 42; 41; 57; 58; 43; 44; 27; 14; 37; 60; 29; 16; 44 56; 61, 62; 63, 64
Настил второго дна плоский; средняя часть наружной обшивки плоская; скуловая часть криволинейная; вертикальный киль и флоры неразрезные; флоры сплошные и бракетные; стрингеры разрезные на сплошных флорах; вертикальный киль и стрингеры прикреплены бракетами	Полотноща настила второго дна с рёбрами жёсткости*; полотноща плоской части наружной обшивки; флоры с рёбрами жёсткости; вертикальный киль и стрингеры с бракетами	2; 4; 17; 18; 14; 20; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 32; 30; 33; 34; 35; 11; 14; 15; 38; 42; 41; 43; 44; 27; 14; 39; 60; 29; 16; 32; 56, 57, 58, 61, 62; 63, 64	То же, что в варианте I, но полотноща настила второго дна подаётся с разбёгом у диаметральной плоскости	1; 10; 14; 15; 17; 18; 19; 14; 20; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 32; 30; 33; 34; 35; 36; 14; 37; 42; 41; 57; 58; 43; 44; 27; 14; 37; 60; 29; 16; 32; 44; 56; 61, 62; 63, 64



Продолж. табл. 4.10

1	2	3	4	5	6
	Настил второго дна плоский; наружная обшивка плоская в средней части и криволинейная на скуле; вертикальный киль и флоры сплошные; стрингеры разрезные; флоры подкреплены р.ж. по всей длине; на наружной обшивке есть продольные р.ж.	Полотнище настила второго дна; полотнище плоской части наружной обшивки с рёбрами жёсткости; флоры с рёбрами жёсткости и бракетные; вертикальный киль	2; 4; 17; 18; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 30; 33; 34; 35; 11; 14; 15; 38; 42; 41; 43; 44; 27; 14; 39; 60; 29; 16; 32; 56; 57; 58; 61; 62; 63; 64	То же, что в варианте I, но полотнище настила второго дна подаётся с разъёмом у диаметральной плоскости**	1; 10; 14; 15; 17; 18; 19; 20; 25; 27; 3; 14; 28; 16; 32; 30; 36; 14; 37; 42; 41; 57; 58; 43; 44; 27; 14; 37; 60; 29; 16; 44; 56; 61; 62; 63; 64
	Настил второго дна плоский; наружная обшивка	Полотнище настила второго дна с рёбрами	1; 4; 17; 18; 24; 27; 3; 14; 28; 16; 32; 30;		

плоская; вертикальный киль и стрингеры нарезные и подкреплёны рёбрами жёсткости; флоры нарезные; рёбра жёсткости идут по наружной обшивке и настилу второго дна	жёсткости ^{***} ; полотно на ружной обшивке с рёбрами жёсткости; вертикальный киль и стрингеры с рёбрами жёсткости; флоры с рёбрами жёсткости	33; 9; 41; 42; 44; 27; 14; 29; 16; 32; 56; 58; 59; 61; 62; 63; 64		

Примечание:

* – вариант I следует применять при единичном изготовлении секций и при отсутствии универсальных сборочно-сварочных постелей.

** – допускается раздельная установка полотнища настила второго дна и рёбер жёсткости.

*** – допускается раздельная установка полотнища плоской части наружной обшивки и рёбер жёсткости.

4.6. Сварочные работы при изготовлении судовых корпусных конструкций

Свариваемые стали для судостроения. В судостроении используются различные стали, отличающиеся друг от друга физико-механическими и технологическими свойствами.

Для изготовления сварных конструкций корпусов судов применяют конструкционные стали. Однако не все конструкционные стали хорошо свариваются. Опыт эксплуатации судов показал, что стали, обладающие высокой вязкостью, имеют достаточную стойкость против возникновения и распространения трещин, представляющих особую опасность для сварного корпуса.

Морские суда строятся в основном из низколегированных сталей. Применение таких сталей с более высокими физико-механическими характеристиками оправдывается экономическими соображениями. Корпуса судов, построенные из низколегированной стали, имеют меньшую массу, чем однотипные корпуса из углеродистой стали. Суда внутреннего плавания и некоторые морские, портовые, рейдовые (буксиры, баржи) и служебные эксплуатируются в менее жестких условиях, поэтому их обычно строят из углеродистой стали обыкновенного качества. Из этой же стали изготавливаются и некоторые конструкции морских судов.

Наиболее широко применяемые в судостроении стали, их химический состав и основные свойства приведены в табл. 4.11 и 4.12 соответственно.

Способы сварки корпусных конструкций. Для изготовления стальных секций корпусов судов применяется электродуговая сварка плавящимся электродом. Сварка может выполняться ручным, полуавтоматическим или автоматическим способами. Каждый из этих способов имеет свои пре-

имущества и недостатки, значением которых руководствуются при выборе того или иного вида сварки.

Таблица 4.11. Химический состав свариваемых корпусных сталей

Категории сталей	Содержание элементов, %											Al Растворимый в кислотах							
	C, не более	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	Mo	Nb	V								
													не более						
A	0,21	0,4–1,0	0,15–0,35	0,040	0,040	0,3	0,4	0,35	–	–	–								
B	0,21	0,6–1,0																	
D	0,21	0,6–1,4																	
E	0,18	0,7–1,4																	
A27S	0,18	0,6–1,4																	
D27S																			
E27S																			
A32																			
D32	1,18	0,9–1,6										0,9–1,6	0,035	0,035	0,2	0,08	–	–	–
E32																			
A36																			
D36																			
E36																			
A40																			
D40																			
E40																			
A40S	0,12	0,5–0,8	0,5–0,8	0,035	0,035	0,6–0,9	0,5–0,8	0,4–0,6	–	–	–								
D40S																			
E40S																			

Ручную электродуговую сварку выполняют плавящимся электродом с толстой обмазкой. Ручная сварка является

ГЛАВА 4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ КОРПУСА СУДНА

наиболее универсальной, т.к. она не требует сложного и громоздкого оборудования и может выполняться при любом пространственном расположении сварного шва, практически в любых производственных условиях. Однако ряд недостатков, присущих этому способу, резко ограничивает область его применения.

Таблица 4.12. Механические свойства свариваемых корпусных сталей

Категории сталей	Временное сопротивление σ_{σ} , МПа	Предел текучести и $\sigma_{\text{т}}$, МПа	Относительное удлинение A_5 , %	Температура испытания, °С	Работа удара, Дж, при толщине проката, мм, не менее		
					10 и более	7,5–9,5	7,0–7,0
A	400–490	235	22	–	–	–	–
B				0	27	24	19
D				-20			
E				-40			
A27S	400–510	265	22	0	31	26	22
D27S				-20			
E27S				-40			
A32	440–590	315	22	0	31	26	22
D32				-20			
E32				-40			
A36	490–620	355	21	0	34	28	24
D36				-20			
E36				-40			
A40	510–650	390	20	0	41	34	29
D40				-20			
E40				-40			
A40S	530–690	390	19	0	36	30	25
D40S				-20			
E40S				-40			

К главным недостаткам относятся: низкая производительность труда; повышенные по сравнению с автоматической

и полуавтоматической сваркой деформации; пониженное качество наплавленного металла; значительный расход электродной проволоки; вредное воздействие открытой электрической дуги на окружающих; высокие требования к квалификации сварщика. Стоимость работ при ручной сварке оказывается значительно выше, чем при полуавтоматической или автоматической. При изготовлении секций ее применяют для сварки коротких швов, а также при сварке в замкнутом пространстве.

Полуавтоматическую и автоматическую дуговую сварку под флюсом выполняют электродной проволокой под защитой флюса, насыпаемого в район сварного шва. Сыпучесть флюса ограничивает применение такой сварки возможностью выполнения сварочных работ только в нижнем положении на горизонтальной или наклоненной к горизонту не более чем на 15° поверхности. Однако, благодаря большим преимуществам перед ручной, сварка под флюсом получила значительное распространение.

Основными преимуществами сварки под флюсом являются: высокая производительность труда, улучшение качества металла шва и сварного соединения, снижение расхода сварочных материалов, электроэнергии и общей стоимости работ, отсутствие воздействия открытой электрической дуги на окружающих.

Повышение производительности достигается: увеличением скорости сварки; более полным использованием тепла дуги по сравнению со сваркой открытой дугой; уменьшением объема наплавленного металла вследствие более глубокого проплавления основного металла; повышением коэффициента наплавки. Улучшению качества сварного шва способствует надежная защита зоны сварки от вредного воздействия азота и кислорода воздуха, стабильность процесса,

обеспечивающая однородность химического состава металла, и снижение опасности непровара в результате более глубокого проплавления основного металла.

Значительный экономический эффект создается за счет лучшего использования тепла дуги, уменьшения расхода электродной проволоки на угар, разбрызгивание и огарки, на заполнение шва вследствие уменьшения площади разделки кромок. Механизация технологического процесса сварки, улучшение условий труда в сборочно-сварочных цехах и ряд других обстоятельств способствуют обеспечению эксплуатационных преимуществ автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом перед ручной.

При полуавтоматической сварке механизмируются процессы подачи сварочной проволоки из кассеты через гибкий шланг в сварочную дугу и флюса из бункера в район сварного шва. При автоматической сварке, кроме этого, механизмируется перемещение электрода вдоль шва. Этим определяется различие областей применения полуавтоматической и автоматической сварки. Полуавтоматическую сварку применяют при сварке прямолинейных швов длиной до 1500 мм и криволинейных швов, а автоматическую – при сварке прямолинейных стыковых и угловых швов длиной 1500 мм и более.

Автоматическую сварку плоских полотнищ выполняют "на весу", на флюсовой подушке, на медной подкладке с односторонним и двусторонним способами формирования швов. Двусторонняя автоматическая сварка "на весу" требует тщательной подгонки стыковых соединений и ограничения сварочного тока при наложении подварочного шва во избежание прожогов и вытекания жидкого металла через зазоры. Это обстоятельство несколько снижает эффективность этого вида автоматической сварки, поэтому при серийном изготовлении одинаковых полотнищ на специализированных участках применять его не рекомендуется.

Автоматическая сварка на специализированном стенде, оборудованном флюсовой подушкой, позволяет применить сварное соединение с повышенным зазором, сократив объем подгоночных работ. Кроме того, в этом случае возможна односторонняя сварка с обратным формированием шва за один проход при толщине деталей до 10 мм, а при скосах двух кромок и сварке за несколько проходов – до 30 мм.

Качественный шов с обратным формированием может быть получен только при плотном прилегании флюса к сварному соединению. С этой целью желобы, куда насыпают флюс, оборудуют специальными прижимными устройствами. Ввиду сложности устройства стендов для сварки на флюсовой подушке и значительной трудоемкости совмещения сварного шва с флюсовыми ручьями, этот вид сварки целесообразно применять только при изготовлении большого числа одинаковых полотнищ. Для сварки полотнищ толщиной более 7 мм используют простые стенды без флюсовых подушек или с флюсовыми желобами, перемещающимися на катках, без магнитных прижимных устройств. Поджим флюса снизу осуществляется либо сразу по всей длине желоба с помощью двойного ряда воздушных шлангов, действующих совместно с шарнирными элементами самого желоба, либо по длине отдельных блоков.

Для односторонней сварки тонких (до 10 мм) листов с обратным формированием шва может быть использована медная подкладка с флюсовым ручьем. С этой целью применяют специализированный автомат ТС-32 с подвешенным подвижным ползуном или специальный стенд с перемещающимся под полотнищем ползуном, работающим синхронно с автоматом.

Автоматическая или полуавтоматическая сварка под флюсом может выполняться по ручной подварке, применение

которой целесообразно только в том случае, если невозможна сварка полуавтоматом или автоматом (например, при сварке монтажного стыка секций в междудонном пространстве).

Автоматическую и полуавтоматическую сварку под флюсом угловых и тавровых соединений выполняют в нижнем положении при горизонтальном положении шва и любом наклоне стенок свариваемых деталей по отношению друг к другу. Большую часть угловых и тавровых швов выполняют наклонным электродом. Для сварки тавровых балок применяют станки СТС-2М или МИБ-700, обеспечивающих формирование шва одновременно с двух сторон.

Автоматическая и полуавтоматическая сварка в среде защитных газов. При изготовлении секций широкое распространение получила полуавтоматическая сварка в среде защитных газов, которая позволяет сваривать швы при любом их пространственном расположении. Применение автоматической сварки в среде защитных газов возможно лишь при сварке плоских полотнищ и набора в нижнем положении, однако в этом случае целесообразнее автоматическая сварка под флюсом, т.к. стоимость и трудоемкость работ при сварке в среде защитных газов несколько выше, чем под флюсом.

Применение полуавтоматической сварки в среде защитных газов целесообразно при наличии большого количества наклонных, вертикальных и потолочных швов, т.е. при изготовлении полуобъемных и объемных секций.

При узловой сборке и сварке плоскостных секций предпочтительнее использовать сварку под флюсом, а сварку в среде защитных газов можно рекомендовать только для вертикальных и наклонных к горизонту швов.

Основными недостатками сварки в среде углекислого газа являются: повышенное разбрызгивание металла, вредное воздействие на окружающих открытой сварочной дуги и невозможность выполнения работ в закрытых помещениях.

Сварка углеродистых и низколегированных сталей.

При разработке технологического процесса сварки корпусных конструкций необходимо установить пригодность основного материала для сварной конструкции и выбрать способ сварки, сварочное оборудование и материалы, конструктивный тип соединения, режимы сварки и методы контроля швов. Необходимо также разработать мероприятия по предупреждению сварочных деформаций.

Сварное соединение включает в себя сварной шов, околошовную зону и примыкающий к ней основной металл. Сварной шов – это часть сварного соединения (при сварке плавлением), металл которого в процессе сварки находился в расплавленном состоянии.

В зависимости от расположения свариваемых частей применяют различные типы сварных соединений. Стыковые соединения образуются при помощи стыковых швов, швы остальных соединений называют по их типу: тавровые, угловые или нахлесточные (рис. 4.46).

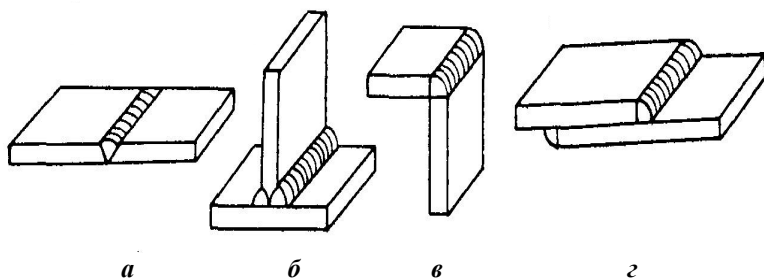


Рис. 4.46. Типы сварных соединений:

а – стыковое; *б* – тавровое; *в* – угловое; *з* – нахлесточное

Характерной особенностью корпуса судна и его отдельных конструкций является то, что они представляют собой оболочку или пластины, подкрепленные большим числом

различных ребер жесткости, поэтому наиболее распространенными типами сварных швов являются стыковые и тавровые соединения.

Стыковые швы практически всегда бывают непрерывными и различаются только формой поперечного сечения и подготовкой кромок под сварку. Подготовка кромок характеризуется следующими элементами (рис. 4.47): углом скоса кромок α , углом раскрытия шва β (часто называемый углом разделки), притуплением s и зазором b . Все эти элементы имеют важное значение для правильного формирования шва.

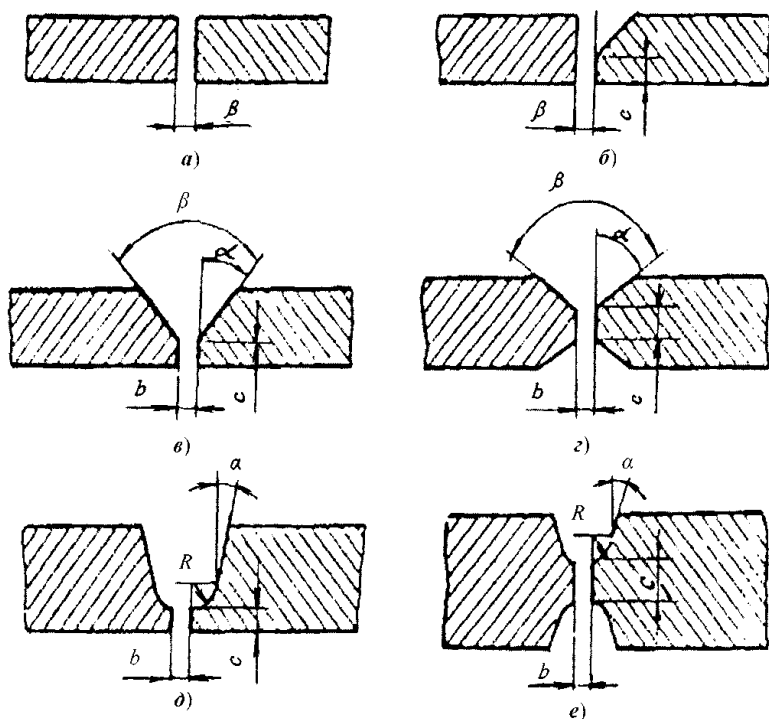


Рис.4.47. Подготовка кромок сварного соединения

Стыковые и угловые швы бывает одно- и двусторонними. Соединения листов внахлестку применяют очень редко – например, для соединения концов профилей с листами (бракетные флоры и т.п.), так как такие соединения приводят к излишнему расходу металла (на перекрой) и образованию конструктивной концентрации напряжений.

При соединении встык двух листов, значительно различающихся по толщине (табл. 4.13), для обеспечения плавного перехода и улучшения условий сварки на детали с большей толщиной делают скос, называемый "лаской". Скос выполняют с одной или двух сторон (рис. 4.48) до толщины детали с меньшей толщиной. При этом конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва выбирают по меньшей толщине.

Таблица 4.13. Назначение скоса кромок

Толщина детали с меньшей толщиной, мм	Разность толщин деталей, мм
2...3	1
4...30	2
31...40	4
свыше 40	6

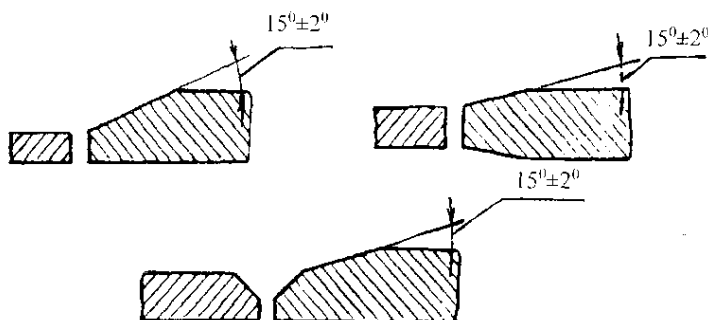


Рис. 4.48. Скос кромок (ласка) при сварке деталей разной толщины

Большинство тавровых соединений корпусных конструкций делают без скоса кромок, так как они мало нагружены. При большой протяженности непрерывных швов (продольный днищевой набор, ребра жесткости, вертикальный киль и т.п.) применяют автоматическую или полуавтоматическую сварку под флюсом.

Некоторые рекомендации по выбору способа сварки.

Несмотря на значительную механизацию процессов сварки и широкое применение автоматов и полуавтоматов при строительстве корпусов судов, в настоящее время используется и ручная сварка. Ее применяют при сварке секций и особенно широко – при формировании корпуса судна на построечном месте. При изготовлении секций объем ручной сварки составляет 10...15 %, а на построечном месте – 40...60 %.

В зависимости от протяженности шва и толщины металла шов выполняют различными способами. Короткие швы (длиной до 0,5 м) сваривают "напроход", длинные – либо от середины к концам, либо обратноступенчатым способом. Последний способ менее производителен, чем сварка "напроход", но широко применяется на практике, так как позволяет уменьшить сварочные напряжения и деформация, а у многослойных швов – улучшить структуру металла шва. При ручной сварке производят вырубку корня шва или его воздушно-дуговую строжку, а затем подварку.

При разработке технологии и выборе режимов автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом необходимо учитывать особенности соединения и подготовки кромок под сварку, а также возможность выполнения сварки по различным вариантам (двусторонняя сварка, односторонняя сварка на флюсовой подушке или флюсо-медной подкладке). Выбранные режимы должны обеспечить сплошной провар и получение заданного катета при сварке тавровых и угло-

вых соединений. Во всех случаях режимы сварки должны обеспечить хорошее формирование швов. Для предотвращения ссыпания флюса сварку стыковых соединений допускается производить при наклоне их к горизонту на угол не более 15° .

Механизированную сварку в среде защитных газов выполняют тонкой электродной проволокой диаметром 0,8...1,4 мм во всех пространственных положениях с использованием различных полуавтоматов (например, типа А-547Р, ПШГ-500, "Гранит", "Нева" и др.).

При большом диаметре электродной проволоки (1,6...2,0 мм) на так называемых форсированных режимах сварку выполняют либо полуавтоматами ЦДПГ-500, "Гранит", "Нева", либо автоматами АДП2-500. Сварку автоматом в среде защитных газов выполняют только в нижнем положении. Правилами охраны труда запрещается производить сварку в среде защитных газов в закрытых помещениях (междудонное пространство, цистерны и др.).

Наиболее простой является сварка швов в нижнем положении. При автоматической и полуавтоматической сварке под флюсом со свободным формированием шва это положение является единственно возможным. При ручной и полуавтоматической сварке в среде защитных газов сварку выполняют в любом пространственном положении.

Целесообразность широкого применения механизированных способов сварки обусловлена значительным увеличением производительности и снижением стоимости. Несмотря на то, что стоимость сварочного оборудования достаточно велика, при большом объеме механизации оно быстро окупается.

Условные обозначения сварных швов, наиболее часто применяемые при изготовлении узлов и секций, приведены на рис. 4.49.

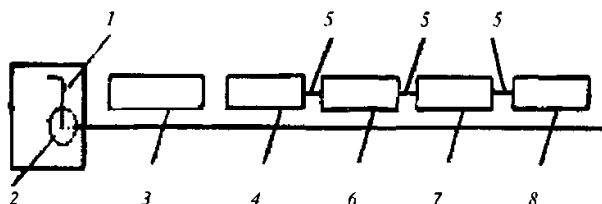


Рис. 4.49. Условные обозначения швов сварных соединений
 1 – знак монтажного шва; 2 – знак шва по замкнутому контуру;
 3 – номер стандарта на типы и конструктивные элементы швов;
 4 – буквенно-цифровое обозначение шва; 5 – знаки "дефис";
 6 – обозначение способа сварки; 7 – знак и размер катета в угловых, тавровых и нахлесточных швах; 8 – вспомогательные знаки (знак ставится при сварке по незамкнутому контуру).

Всем одинаковым швам на чертеже присваивают один порядковый номер, который наносят (рис. 4.50):

а) на линии-выноске, имеющей полку с обозначением шва; при этом перед номером указывают общее количество таких швов по чертежу;

б) на полке линии-выноски (или под полкой, если шов с невидимой стороны), проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения.

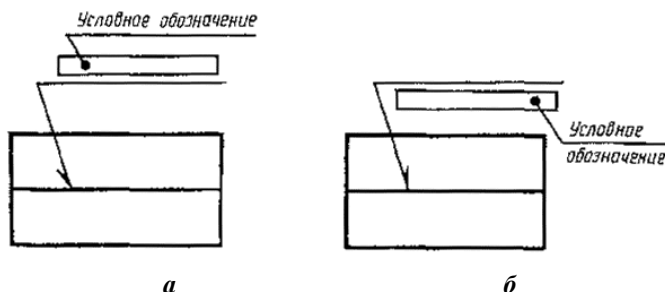


Рис. 4.50. Условное обозначение сварного шва
 а – с видимой стороны шва; б – с обратной стороны шва

Условное обозначение сварного шва наносят:

- на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва с видимой стороны (черт. 4.50,*а*);
- под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва с обратной стороны (черт. 4.50,*б*).

При наличии на чертеже одинаковых сварных швов обозначение наносят на одном из них, а от изображений остальных одинаковых швов проводят линии-выноски с полками (рис. 4.50).

Всем одинаковым швам на чертеже присваивают один порядковый номер, который наносят:

- на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва (рис. 4.51,*а*);
- на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, с видимой стороны (рис. 4.51,*б*);
- под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, с обратной стороны (рис. 4.51,*в*).

Число одинаковых сварных швов допускается указывать на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением (см. рис. 4.51,*а*).

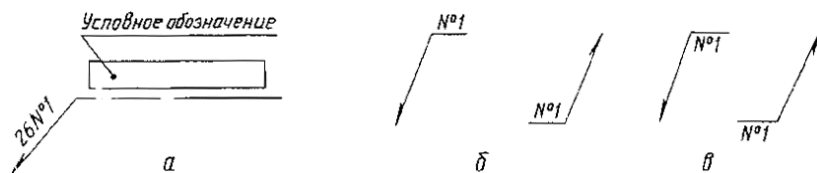


Рис. 4.51. Обозначения сварных швов

Условные обозначения наиболее распространенных типов сварных соединений и способов сварки:

С – стыковое (например, С8 или С15);

У – угловое (например, У7);

Т – тавровое (например, ТЗ или Т11);

Н – нахлесточное (например, Н2);

Р – ручная сварка;

АФ – автоматическая сварка "на весу" под флюсом;

АФр – то же с ручной подваркой;

АФФ – автоматическая сварка под флюсом и на флюсовой подушке;

АФм – автоматическая сварка под флюсом и на флюсо-медной подкладке;

АФо – автоматическая сварка под флюсом и на остающейся подкладке;

АФп – автоматическая сварка на медном ползуне;

ПФ – полуавтоматическая сварка "на весу" под флюсом;

ПФр – то же с ручной подваркой;

ПФо – полуавтоматическая сварка под флюсом на остающейся подкладке;

УП – полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в углекислом газе и его смеси с аргоном;

УПр – полуавтоматическая сварка в углекислом газе плавящимся электродом с ручной подваркой;

АФш и ПФш – автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом с предварительным наложением подварочного шва соответственно;

АФк и ПФк – автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом с предварительной подваркой корня шва соответственно.

Дефекты сварных швов. При изготовлении сварных корпусных конструкций неизбежно возникают какие-либо технологические погрешности и дефекты. Если они не выходят за пределы установленных величин и не отражаются на качестве продукции, их относят к технологическим погрешностям. Если они снижают эксплуатационные качества и надежность конструкции, их относят к дефектам.

Погрешности относятся, в основном, к форме и размерам конструкций, а дефекты – к внутреннему строению и составу металла в зоне сварных швов и вне ее. Наиболее часто в судостроении встречается наружные и внутренние дефекты сварных соединений.

К наружным дефектам относятся:

- неравномерность размеров сечений швов по длине (ширина, утолщение, бугристость, чешуйчатость);
- смещение продольной оси швов от их теоретического положения; пропуски некоторых участков на непрерывных швах;
- наплывы металла швов;
- не заваренные кратеры;
- подрезы основного металла по краям швов;
- прожоги;
- наружные трещины;
- наружные поры и свищи;
- протечи металла с обратной стороны швов;
- непровары на односторонних швах, наблюдаемые с обратной стороны; Выявление наружных дефектов производится внешним осмотром и обмером швов.

Внутренними дефектами являются (рис. 4.52):

- поры;
- шлаковые и металлические включения;
- непровары;
- несплавления;
- внутренние трещины и др.

Внутренние дефекты выявляют с помощью физических методов контроля: рентгено– и гаммаграфирования, ультразвукового контроля. Дефекты, создающие сквозную несплошность шва (пропуски шва, сквозные непровары и трещины, прожоги), выявляют испытаниями на непроницаемость и герметичность.

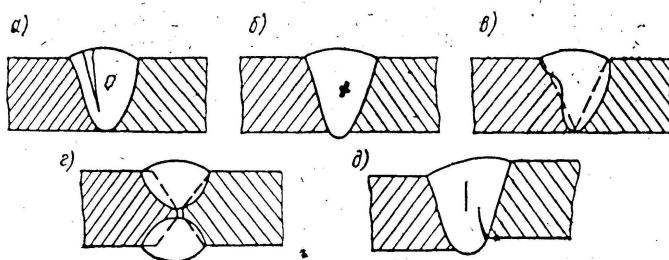


Рис. 4.52. Виды внутренних дефектов сварных швов
 а – поры и свищи; б – шлаковые включения; в – несплавление;
 г – трещины; д – непровар

Контроль качества швов сварных соединений. Пооперационный контроль является основным и решающим видом контроля, так как при надлежащей его организации может быть выявлена и устранена большая часть причин, приводящих к появлению дефектов в отдельных соединениях и в конструкции в целом. Однако, учитывая большое число элементов, узлов, секций и отдельных швов, в составе корпуса судна, а также многообразие технологических процессов и операций, пооперационный контроль дополняют еще выборочной проверкой законченных узлов и конструкций.

Внешнему осмотру подвергают заготовки, их сборка и разделка кромок под сварку. В процессе сварки проверяют правильность и последовательность наложения прихваток и швов, после сварки – готовые швы. Внешний осмотр совмещается с промером швов измерительными инструментами во всех сварных изделиях и конструкциях, независимо от их назначения.

В заготовке проверяют чистоту кромок, отсутствие ржавчины, заусенцев, вмятин, закатов, расслоений.

При сборке контролируют зазоры, притупления, углы скоса кромок, правильную расстановку прихваток, правиль-

ное закрепление свариваемых деталей в кондукторах и приспособлениях.

В процессе сварки контролируют последовательность сварки в соответствии с технологическим процессом, отдельные швы в конструкции и отдельные слои в многослойном шве. Одновременно ведут наблюдение за режимом сварки при помощи измерительных приборов на сварочных машинах и аппаратах.

Внешний осмотр готового сварного соединения производят после зачистки швов от шлака, брызг и других загрязнений. Невооруженным глазом или через лупу с трехкратным увеличением в сварных швах выявляют наружные трещины, поры, подрезы, наплывы. Определение границ трещин производят травлением. Правильность оценки величины дефектов, выявленных при наружном осмотре, может подтверждаться другими методами контроля: рентгено- или гаммаграфированием, ультразвуковой дефектоскопией. Швы измеряют с помощью универсальных шаблонов.

Плотность сварных швов проверяется при гидравлических и пневматических испытаниях корпуса на непроницаемость. Испытания на непроницаемость и герметичность производят после внешнего осмотра как для промежуточного контроля, так и для сдачи готовой продукции.

В секциях испытания на непроницаемость производят с помощью керосина или воздухом. В первом случае сварной шов с одной стороны обмазывают меловым раствором. После высыхания мелового покрытия обратную сторону шва обильно смачивают керосином и выдерживают определенное время. Время выдержки под действием керосина зависит от толщины свариваемого металла и положения шва в пространстве. Для вертикального и горизонтального положения время выдержки увеличивается в полтора раза, а для

двусторонних швов – в два раза. Неплотности шва выявляются по появлению жирных бурых пятен керосина на меловой обмазке. Дефектные участки шва вырубывают и заваривают, предварительно смыв керосин в целях пожарной безопасности.

При испытании воздухом сварные швы смазывают мыльным раствором. Шов обдувают воздушной струей, подающейся под давлением не менее 0,4 МПа перпендикулярно шву на расстоянии не более 30 мм от конца шланга. Неплотности определяют по появлению мыльных пузырей на шве.

Более эффективным и простым из указанных двух методов является испытание с помощью керосина.

В настоящее время вместо керосина используют специальную флуоресцентную жидкость, а неплотности выявляют с помощью лампы с ультрафиолетовым излучением. Это позволяет снизить трудоемкость работ и повысить их безопасность, так как нет необходимости смазывать швы меловым раствором и не использовать пожароопасный керосин.

Внутренние дефекты обнаруживают с помощью различных физических методов контроля: радиационного контроля, акустического контроля (ультразвукового метода), электромагнитной дефектоскопии. Вследствие большой протяженности сварных швов, рентгено- и гаммаграфированием испытывают лишь наиболее ответственные и напряженные соединения.

Радиационный контроль заключается в изображении на фотопленке внутренней структуры сварного шва, просвечиваемого ионизирующим излучением. Из способов радиационного контроля в судостроении наиболее распространены рентгеновский контроль (рис. 4.53) и контроль гамма-лучами. Радиационный контроль основан на различном поглощении ионизирующих лучей металлом и неметаллическими вклю-

чениями. При этом более плотные металлические включения на снимке выглядят более светлыми пятнами и точками. Так же и шов на снимке получается более светлым, чем околошовная зона, поскольку он имеет большую толщину, чем сваренный металл. Дефекты шва (трещины, поры) поглощают лучи в меньшей степени, чем металл. Поэтому на светлом фоне шва они выделяются темными пятнами, точками, полосами.

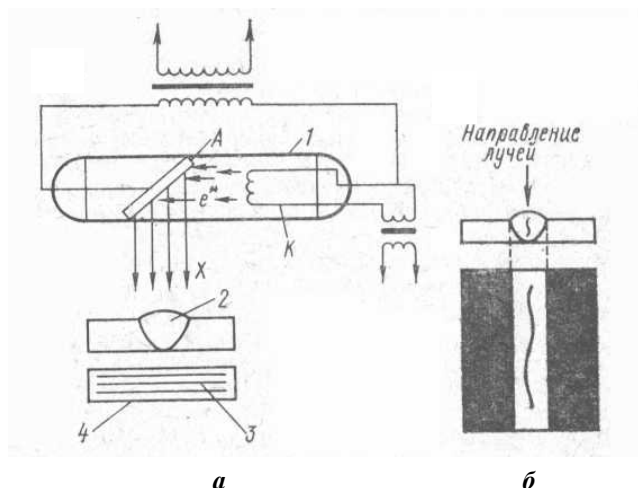


Рис. 4.53. Схема рентгеновского контроля сварного шва:

а – схема рентгеновской трубки; *б* – рентгенограмма сварного соединения;
 1 – рентгеновская трубка; 2 – контролируемый шов; 3 – фото пленка;
 4 – кассета; А – анод; К – катод

Для гамма-дефектоскопии применяют искусственно полученные радиоактивные изотопы кобальта (Co-60), цезия (Cs-137), иридия (Ir-192). Гамма-просвечивание проще рентгеновского, но более опасно для здоровья человека. Поэтому ампулу с радиоактивным изотопом помещают в специальные переносные свинцовые контейнеры. Гамма-лучи

имеют большую проникающую способность, чем рентгеновские. Ими можно просвечивать металл толщиной до 350 мм. Для контроля гамма-лучами используют портативные и полностью автономные гамма-дефектоскопы.

Ультразвуковой контроль основан на способности ультразвуковых колебаний проникать в толщину металла и отражаться от неметаллических включений и дефектов, которые имеют иное, чем металл, акустическое сопротивление. От границ трещин и пор отражается до 90 % энергии ультразвуковых колебаний. Дефектоскопы, работающие по эхометоду, оснащены осциллографами, на экране которых по отраженному сигналу определяют характер дефекта. Кроме того, эти дефектоскопы снабжены электронными глубиномерами, с помощью которых определяют место дефекта.

Для разных конструктивных узлов корпуса судна предусмотрена выборочная система рентгено- или гаммаграфирования сварных швов в процентах от длины стыковых швов отдельных конструкций. Например, по верхний палубе и днищу на судах длиной более 80 м в средней части корпуса объем просвечивания монтажных швов установлен 10 % от их протяженности, а в секционных швах – 2,5 %. По стыкам ширстрека требуется выполнять один снимок на каждый стык. Количество швов, подлежащих просвечиванию, для остальных конструкций днищевых секций не регламентируется, но просвечивание может быть потребовано в выборочном порядке.

На судостроительных предприятиях рентгеновский контроль выполняют с помощью переносных аппаратов, предназначенных для просвечивания металла толщиной до 50...60 мм. Громоздкость аппаратуры затрудняет проведение рентгенографирования. Поэтому более часто применяют контроль гамма-лучами искусственных радиоактивных изотопов. Источник гамма-лучей помещают в защитный контейнер,

заполненный свинцом или сплавом свинца толщиной около 50 мм, который обеспечивает защиту персонала от гамма-излучения и удобен для переноски.

Результата контроля швов рентгено- и гаммаграфированием оцениваются баллами в зависимости от вида и числа обнаруженных на снимках дефектов. Для оценки качества сварных швов принята трехбалльная система.

Балл 3 – в шве не обнаружены внутренние дефекты или имеются отдельные газовые включения размером до 0,1 толщины шва, но не более 2 мм; отдельные шлаковые включения до 0,3 толщины шва, но не более 3 мм и площадью каждое не более 5мм².

Балл 2 – в шве имеются только:

- отдельные газовые и металлические включения размером каждое до 0,1 толщины шва, но не более 2 мм;
- отдельные шлаковые включения, протяженностью каждое до 0,3 толщины шва, но не более 5 мм и площадью каждое до 15 мм²;
- цепочки газовых, металлических и шлаковых включений не сплошного характера протяженностью не более 10 % длины шва, при размере отдельных дефектов в цепочке не более указанных выше;
- местные скопления газовых, металлических или шлаковых включений не сплошного характера на участке шва длиной не более 15 мм при размерах отдельных дефектов, не более указанных выше.

Суммарная протяженность всех указанных дефектов не должна превышать 10 % длины участка, подвергнутого контролю.

Балл 1 – в шве имеется какой-либо из дефектов: несплавление, непровар, внутренняя трещина или количество пор, шлаковых и неметаллических включений, превышающий указанное для балла 2.

Устранение дефектов, оцениваемых баллом 1, является обязательным, а баллами 2 и 3 – в зависимости от важности сварного соединения и требований технологической документации.

Ультразвуковой контроль обладает значительными преимуществами перед рентгено- и гаммаграфированием по своей простоте, безопасности и дешевизне. Для контроля сварных швов используют импульсные ультразвуковые дефектоскопы, работающие от сети с напряжением 110, 127 и 220 В и позволяющие определить глубину залегания дефекта площадью свыше 8 мм² на глубине залегания 4 мм и более.

Кроме рассмотренных испытаний, образцы сварного шва и металла в прилегающей зоне могут подвергаться испытаниям на растяжение, статический и ударный изгиб, на твердость, действие переменных нагрузок, а также металлографическим исследованиям и коррозионным испытаниям.

Контроль качества корпусных конструкций и технологической оснастки для их изготовления выполняют при проведении проверочных работ.

К проверочным работам при изготовлении узлов и секций относятся:

- проверка размеров и положения сборочной оснастки (стендов и постелей);
- разметка полотен, проверка размеров и формы узлов и секций в процессе их изготовления, контуровка секций и нанесение контрольных линий на готовых конструкциях.

Последовательность разметочных и проверочных работ, соответствующая работам по сборке и сварке узлов и секций, указывают в технологическом процессе одновременно с операциями по сборке и сварке.

Для каждой технологической операции сборки и сварки конструкции определяют перечень проверок и применяемые

для проверки инструменты и приспособления, а также величины допускаемых отклонений на проверяемые элементы.

В технологических процессах на изготовление корпусных конструкций приводят перечень разметочных и проверочных работ, рекомендации по их выполнению, величины допускаемых отклонений. Как правило, отклонение контрольных линий от их теоретического положения не должно превышать 2 мм. Допускаемые отклонения на положение линий разметки должны быть:

- на плоскостных конструкциях ± 1 мм;
- на криволинейных конструкциях ± 2 мм.

Смещение корпусных деталей и деталей насыщения от линий разметки не должно превышать 2 мм.

Несовпадение внутрисекционных стыков и пазов обшивки (настилов) допускается не более 20 мм. Несовпадение деталей, разделенных листом (например, флоры левого и правого борта у вертикального киля), не должно превышать половины толщины деталей. При деталях разной толщины в расчет принимается меньшая толщина.

Зазор между обшивкой криволинейных секций и лекалами постели в процессе сборки допускается, не более 4 мм по контуру и 8 мм в остальных местах. При сборке под сварку угловых соединений (стенка с пояском, набор с обшивкой и т.п.).



Г Л А В А 5

ФОРМИРОВАНИЕ КОРПУСА СУДНА НА ПОСТРОЕЧНОМ МЕСТЕ

5.1. Типы построечных мест и их оборудование

Построечные места представляют собой прочные, малодеформирующиеся строительные сооружения, на базисной опорной поверхности которых проводится сборка корпуса судна и его насыщение.

По отношению к горизонту построечные места разделяют на горизонтальные и наклонные, а в зависимости от условий строительства и спуска судов – на две группы (рис. 5.1).

Сооружения первой группы предназначены для строительства и спуска судов на воду. К этой группе относятся: продольные и поперечные наклонные стапели, сухие доки, наливные доки.

Вторая группа сооружений характеризуется тем, что для строительства и спуска судов они разделены и часто располагаются на значительном расстоянии друг от друга. Корпус судна в данном случае строят на горизонтальных построечных местах, а спускают его на воду с помощью специальных сооружений.



Рис. 5.1. Классификация построечных мест

Построечные места и спусковые сооружения относятся к основным средствам производства судостроительных предприятий, а их технический уровень в значительной степени определяет технический уровень средств производства предприятия в целом.

В зависимости от положения диаметральной плоскости строящегося судна к оси стапеля (направлению спусковых дорожек) различают продольные и поперечные наклонные стапели. На продольных наклонных стапелях ДП судна совпадает с осью стапеля или параллельна ей, а на поперечных – перпендикулярна.

Продольный наклонный стапель – построечное место, представляющее собой железобетонное сооружение с наклонной поверхностью, на которой выполняют работы по строительству и спуску судна на воду (рис. 5.2). Он имеет

надводную и подводную части. Линия пересечения поверхности стапеля с кромкой воды – **урезом воды**. Кромку подводной части поверхности стапеля называют порогом, а противоположную – головой стапеля. Отношение возвышения H головы над порогом стапеля к его длине L называется **уклоном α** (рис.5.3). Уклон дорожек составляет обычно $1/16 \dots 1/24$. Продольные стапели, как правило, имеют две спусковые дорожки, а некоторые – четыре. Между спусковыми дорожками имеется углубление, где при формировании корпуса судна устанавливают опорные устройства и проходят энергосистемы. С целью предотвращения удара носовой части судна о порог стапеля при спуске на воду на пороге делают углубление – ковш.

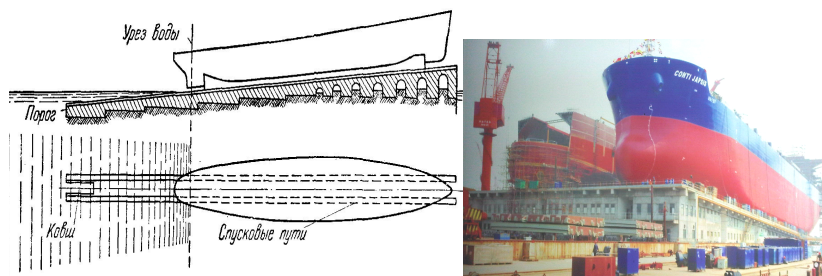


Рис. 5.2. Общий вид продольного наклонного стапеля

По устройству подводной части различают стапели без отлива и с водоотливом (осушаемые). У первых порог находится под водой постоянно. У вторых за порогом устроен котлован, закрытый специальным водонепроницаемым устройством – батопортом.

В настоящее время при проектировании судостроительных верфей наклонные стапели в качестве построечных мест и спусковых сооружений не используют в связи со сложностью формирования на них корпуса судна, установки и монтажа

механизмов и оборудования, а также сложностью процесса спуска судна на воду.

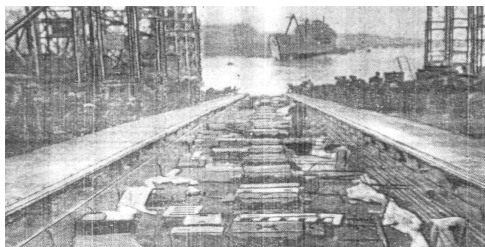
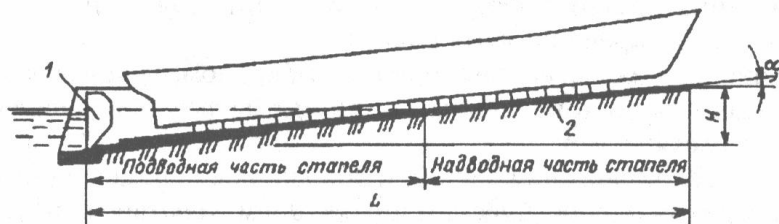


Рис. 5.3. Продольный наклонный стапель:

сверху: 1 – батопорт; 2 – основание стапеля; $\alpha = H/L$ – уклон стапеля;
снизу – стапель с двумя спусковыми дорожками и углублением между ними

На **поперечном наклонном стапеле** число дорожек доходит до 20. Он не имеет осушаемой части. Его порог может быть под водой, на уровне воды или над водой. Уклон дорожек постоянен и равен обычно $1/8 \dots 1/12$.

Сухой строительный док – строительно-спусковое сооружение, представляющее собой железобетонный котлован, днище которого расположено горизонтально и ниже уровня акватории предприятия (рис. 5.4–5.6.).

Головная часть строительного дока, примыкающая к акватории, закрыта для доступа воды специальным устройством – батопортом или воротами. Наполнение дока водой

происходит самотеком, а осушение – насосами. насосной станции. Строительные доки оборудуются швартовно-тяговым оборудованием, обеспечивающим заводку и вывод судов.

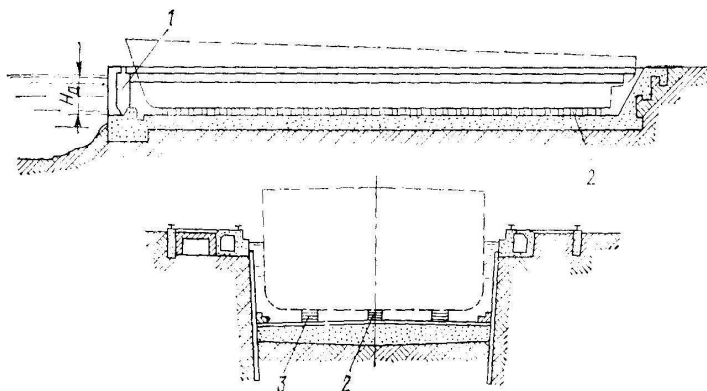


Рис. 5.4. Сухой строительный док
1 – затвор; 2 – кильблок; 3 – клетка

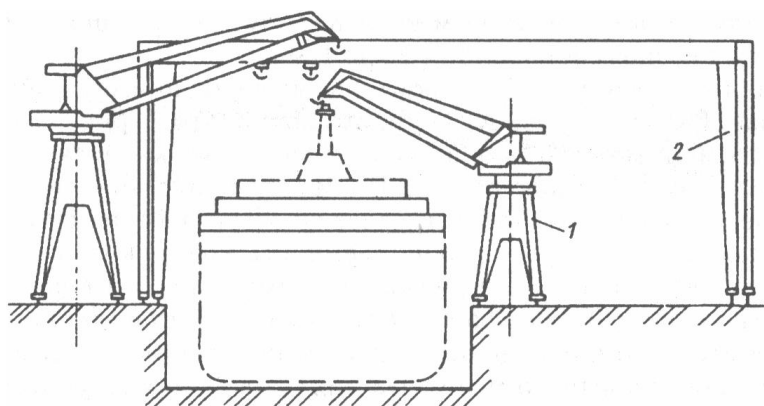


Рис. 5.5. Схема строительного дока
1 – портальный кран; 2 – козловой кран



Рис. 5.6. Строительство авианосца в сухом строительном доке с батопортом на верфи в городе Dalian (Китай)

Для возможности строительства нескольких судов по длине доки часто разделяются водонепроницаемыми затворами.

Наливная док-камера – строительно-спусковое сооружение типа шлюза, верхняя ступень которого находится выше уровня акватории верфи. Бассейн наливного дока огражден стенками (дамбами) и имеет глубоководную часть, где уровень воды при открытом затворе соответствует уровню акватории (рис. 5.7).

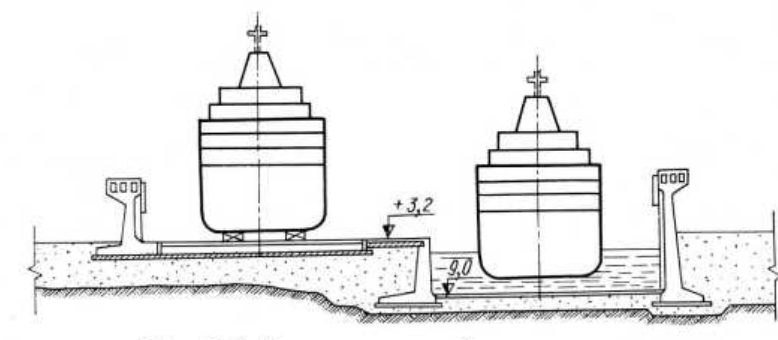


Рис. 5.7. Разрез наливной док-камеры

Строительство судов в наливном доке выполняют на горизонтальных построечных местах, расположенных в верхней ступени. В отличие от сухого дока наполнение наливного дока производят насосами, а осушение – самотеком.

Горизонтальное построечное место представляет собой горизонтальную железобетонную площадку, оснащенную рельсовыми путями (рис. 5.8), по которым с помощью судовозных тележек перемещается строящееся судно по позициям поточной линии и к спусковым сооружениям. Горизонтальные построечные места рассчитаны на последовательное расположение позиций поточной линии строительства судов. Однако с увеличением размеров судов и в связи с этим увеличением длины построечного места в последние годы появились линии с параллельным расположением позиций.

Некоторые построечные места полностью или частично находятся в специальных зданиях, называемых **эллингом** (рис. 5.9.).

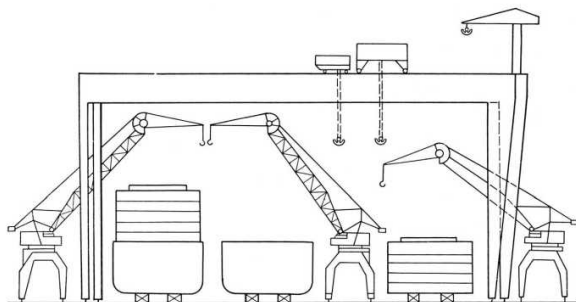


Рис. 5.8. Разрез открытых горизонтальных стапельных мест с козловыми и порталными кранами

Для строительства крупнотоннажных судов блочно-секционным методом построечные места оборудуют предстпельными (преддоковыми) площадками (рис. 5.10–5.11.)

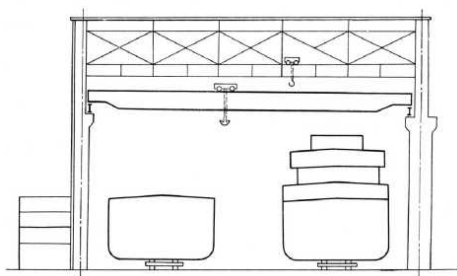


Рис. 5.9. Разрез судостроительного эллинга с горизонтальными построечными местами и мостовыми кранами

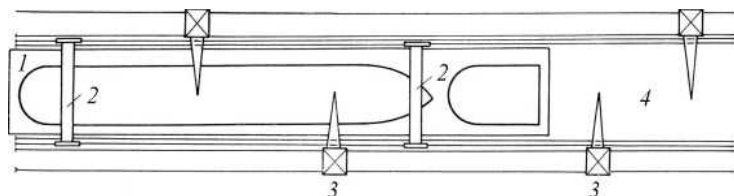


Рис. 5.10. Схема расположения кранового оборудования сухого судостроительного дока для строительства крупнотоннажных судов блочно-секционным методом с преддоковой площадкой:
1 – сухой судостроительный док; 2 – козловой кран; 3 – порталный кран; 4 – преддоковая площадка для укрупнения секций и агрегатов

Каждое построечное место оборудуют опорными устройствами, подъемно-транспортными средствами, наружными и внутренними строительными лесами, системами энергоснабжения, а горизонтальные построечные места еще и опорно-транспортными устройствами.

Опорные устройства (рис. 5.12) предназначены для поддержания в заданном положении на построечном месте как отдельных частей, так и всего судна в процессе его строительства. Их применяют в период, когда судно остается неподвижным на построечном месте от закладки до спуска на воду. К элементам опорного устройства относят кильблоки,

клетки, подставы и упоры, а на наклонном продольном стапеле, кроме того, – строительные стрелы, препятствующие смещению судна.

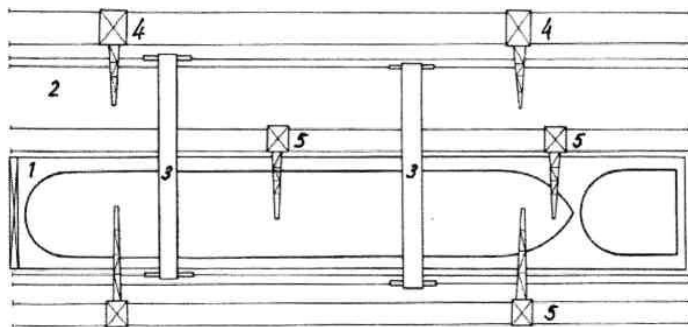


Рис. 5.11. Схема расположения кранового оборудования сухого судостроительного дока для строительства крупнотоннажных танкеров блочно-секционным способом с преддоковой площадкой: 1 – сухой судостроительный док; 2 – преддоковая площадка для укрупнения секций и агрегатов; 3 – козловой кран; 4 – порталный кран грузоподъемностью 250 т; 5 – порталный кран грузоподъемностью 80 т.

Кильблоки (рис.5.13) устанавливают в диаметральной плоскости судна на пересечении вертикального кия с флорами и под поперечными переборками. Конструкция кильблоков обеспечивает регулирование положения днищевых секций, блоков и судна в целом по высоте, их надежную фиксацию и быструю разборку перед спуском судна на воду.

Клетки (рис. 5.14) обеспечивают устойчивое положение судна на построечном месте и разносят сосредоточенные нагрузки. Их устанавливают параллельно кильблокам по обе стороны от ДП под поперечными переборками и под некоторыми узлами пересечения набора со значительными концентрациями напряжений. Конструктивно клетки не отличаются от кильблоков, часто это два и более кильблока, установленных рядом, с большей площадью опоры.

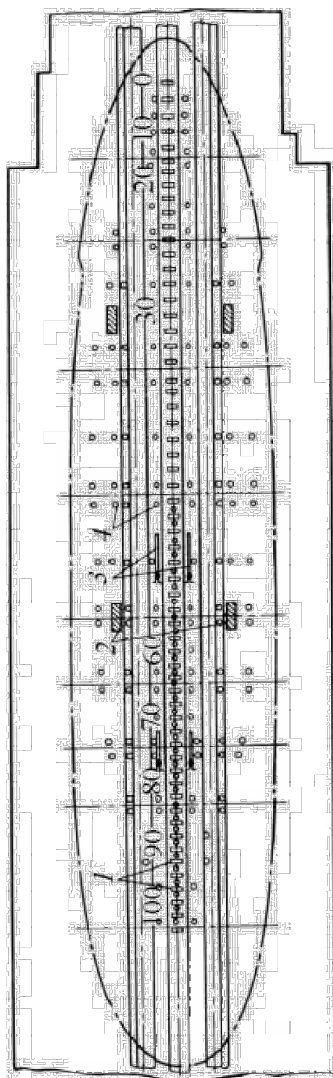


Рис. 5.12. Схема расположения элементов опорного устройства под судном:
1 – кильблоки; 2 – клетки; 3 – строительные стрелы; 4 – подставы

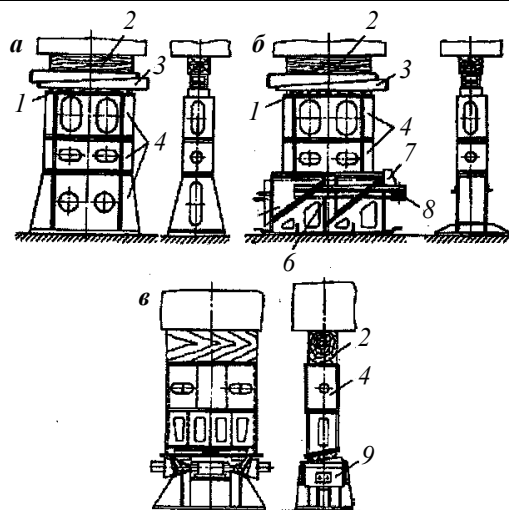


Рис. 5.13. Типы кильблоков:

а – из металлических тумб; *б* – быстроразборный; *в* – гидравлический;
 1 – сосновая прокладка; 2 – сосновая подушка; 3 – дубовые клинья;
 4 – ступенчатые сварные тумбы; 5 – клиновидная призма; 6 – тяга;
 7 – стальной клин; 8 – стопорная планка; 9 – гидравлический домкрат



Рис. 5.14. Клетка

При строительстве серии крупнотоннажных судов с плоским днищем в качестве кильблоков и клеток применяют унифицированные железобетонные опоры (рис. 5.15).



Рис.5.15. Унифицированный железобетонный кильблок (слева) и клетки (справа)

По мере формирования корпуса судна на стапеле его подкрепляют подставами и упорами. Подставы (торцевые упоры) из деревянных брусьев диаметром около 250 мм или телескопических металлических труб (рис. 5.16) устанавливают вертикально под днищем в местах повышенной жесткости □ соединения продольного и поперечного набора или под одним из них. Упоры (рис. 5.17) устанавливают для опирания и фиксации бортовых секций и блоков секций в процессе строительства корпуса судна. Их устанавливают в плоскости шпангоутов под углом около 20° к ДП. Упор верхним концом упирается в коротыш, приваренный к бортовой обшивке на шпангоуте, нижний его конец упирают в стапель и подклинивают.

На наклонном стапеле судно удерживается специальными устройствами – строительными стрелами (рис. 5.18). Их изготавливают из деревянных брусьев, окованных по концам, или из металлических труб. Нижним концом стрела упирается в гнездо на поверхности стапеля или в специальный упор, а верхним – в упор на днищевой обшивке корпуса.

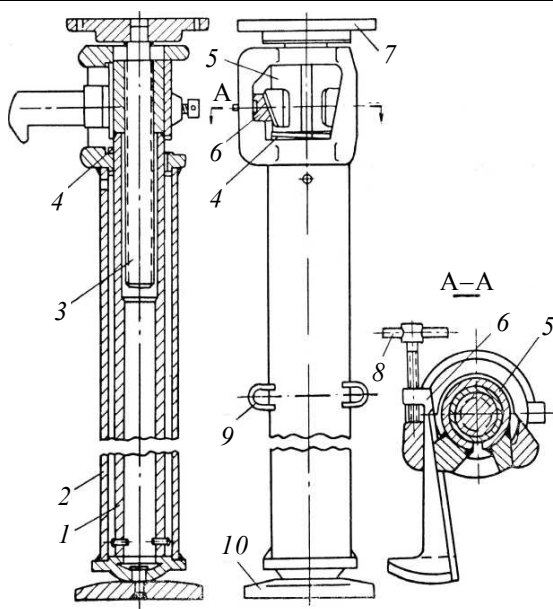


Рис. 5.16. Металлическая трубчатая подставка:

1 – выдвижная труба; 2 – корпус подставки; 3 – винт подъема;
4 – пружина; 5 – хомут; 6 – клин; 7 – верхняя опора; 8 – стопорный
винт; 9 – скоба для лома; 10 – нижняя опора



Рис. 5.17. Установка упоров при строительстве корпуса судна

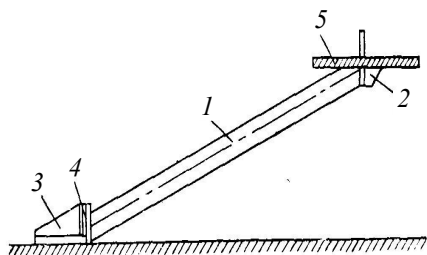


Рис. 5.18. Схема установки строительной стрелы:
1 – строительная стрела; 2 – угольник, приваренный к днищевой обшивке корпуса судна; 3 – упор, забетонированный в основание стапеля; 4 – клинья; 5 – наружная обшивка днища судна

Опорно-транспортные устройства предназначены для перемещения на построечное место крупногабаритных секций, блоков секций, частей коруса и судна в целом. Для этой цели применяют: судовозные тележки грузоподъемностью от 60 до 320 т (рис. 5.19), судовозные поезда грузоподъемностью 20 тыс. т и более, составленные из судовозных тележек; трансбордеры грузоподъемностью до 2500 т (рис. 5.20–5.21); безрельсовые платформы на пневматическом ходу, буксируемые тягачами – трейлеры, или самоходные платформы – транспортеры (рис. 5.22).

Трансбордер – специальное транспортное устройство, предназначенное для перемещения крупногабаритных секций, блоков и корпуса судна в поперечном направлении. Он представляет собой платформу, состоящую из сварных элементов с настилом и рельсовыми путями, перемещающуюся с помощью лебедок в трансбордерной яме поперек направления поточных линий. Глубина трансбордерной ямы составляет от 0,8 до 1,8 м. Для перемещения груза на параллельную позицию (линию) рельсы трансбордера совмещают с рельсами линии, с которой производится перемещение. Груз на

тележках накатывается на трансбордер. После этого совершается перемещение трансбордера до совмещения рельсов с линией, на которую переводится груз.

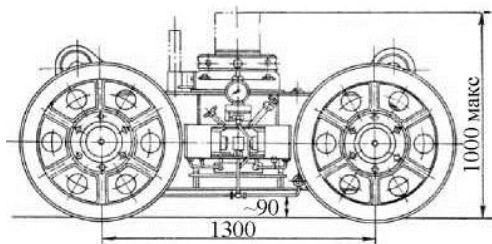


Рис. 5.19. Судовозная тележка

Безрельсовые несамоходные платформы – трейлеры, буксируемые тягачами, или самоходные платформы – транспортеры (рис. 5.22) применяют для перемещения крупногабаритных секций или блоков секций массой до 600 т. Для транспортировки грузовая платформа подводится под секцию (блок секцию) и с помощью гидравлических домкратов поднимает ее с опор или снимает с опор. После транспортировки секцию (блок секцию) устанавливают на опоры в обратном порядке или снимают с платформы кранами.

В качестве транспортных средств для доставки грузов к построечному месту также применяют железнодорожный, автомобильный и другие виды транспорта.

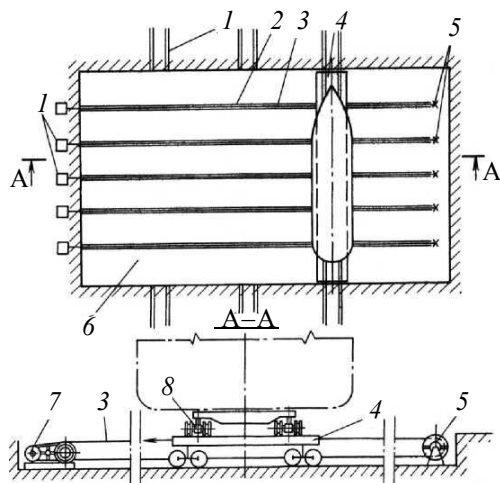


Рис. 5.20. Схема трансбордера:

1 – продольные рельсы; 2 – поперечные рельсы; 3 – стальной канат;
4 – трансбордер; 5 – шкив; 6 – трансбордерная яма; 7 – лебедка;
8 – судовозная тележка

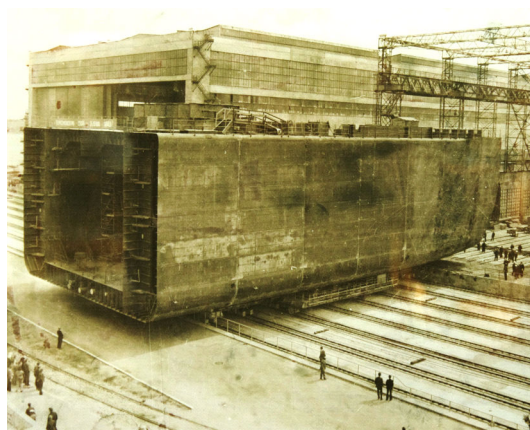


Рис. 5.21. Перемещение блока секций танкера из сборочно-сварочного цеха на стапель с помощью трансбордера на Херсонском судостроительном заводе



Рис. 5.22. Транспортёры с секциями корпуса судна

На рис. 5.23 показан опорно-транспортный модуль устройства, состоящий из подкильной балки, которая на стадии строительства судна опирается на металлические или железобетонные килевые и боковые стулья, а при передвижении частей корпуса или судна в целом – на транспортные (центрующие) опоры судовозных тележек. В их корпуса встроены гидравлические домкраты, служащие для пересадки судна со стульев на тележки и обратно. Домкраты имеют системы автономного питания от собственного ручного масляного насоса и группового централизованного питания от насосной станции, перемещающейся в составе судовозного поезда на отдельной платформе.

Несамоходные поезда тянут лебедками с тяговым усилием от 50 до 200 кН при помощи тросов. Самоходные поезда перемещают входящими в состав поезда самоходными тележками с электромоторами. Скорость продольного перемещения судов 2...4 м/мин.

Возможно использование схем с одно- и двухколейными судовозными путями, а также многоколейными. Одноколейные применяют при строительстве судов шириной до 10...12 м, при котором подкильные балки после выкатывания судовозных тележек опираются только на боковые стулья.

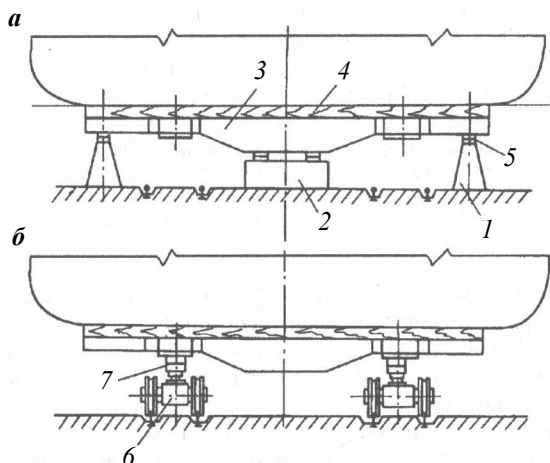


Рис. 5.23. Комплект опорно-транспортного устройства:

- а* – на стадии строительства судна; *б* – на стадии передвижения судна;
 1 – боковой стул; 2 – килевой стул; 3 – стальная подкильная балка;
 4 – сосновая подушка; 5 – стальные клинья; 6 – судовозная тележка;
 7 – транспортная (центрирующая) опора

Наиболее эффективной служит двухколейная схема, при которой подкильные балки свободно опираются на тележки и являются опорой для строящегося судна с момента его закладки и до спуска. При этой системе остается свободным пространство вдоль ДП судна, что позволяет иметь под судном постоянную дорожку из кильблоков.

Подъемно-транспортные средства включают в себя подъемные краны и другое подъемно-транспортное оборудование. Наиболее распространенным типом подъемных кранов для открытых построечных мест являются порталные краны (рис. 5.24). Они имеют прямые или шарнирно сочлененные стрелы, которые могут поворачиваться на 360° вокруг вертикальной оси. Кран передвигается вдоль построечного

места по рельсовым путям. Грузоподъемность порталных кранов составляет от 50 до 300 т.

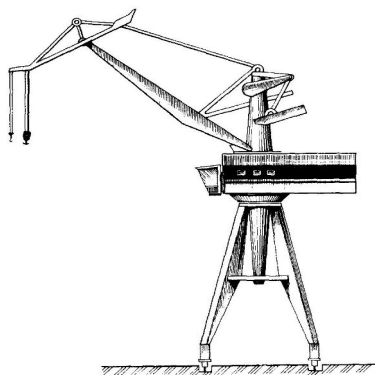


Рис. 5.24. Портальный кран

При строительстве судов блочным и блочно-секционным методом применяют козловые краны (рис. 5.25), имеющие грузоподъемность до 1500 т. Такой кран представляет собой мост на опорах-козлах, передвигающихся по рельсам вдоль построечного места. По мосту перемещаются грузовые тележки с гаком. Размер его пролета достигает 200 м и позволяет обслуживать построечное место и предстапельные площадки.

Закрытые построечные места в большинстве случаев оборудуются мостовыми кранами (рис. 5.9) грузоподъемностью до 100 т. Кран представляет собой пролет моста, имеющий на концах катки. Передвигается он по рельсовым путям, смонтированным на колоннах, расположенных вдоль построечного места или стенках цеха.

Для доставки крупногабаритных секций и блоков секции с других судостроительных предприятий при их кооперации применяют плавучие краны (рис. 5.26).

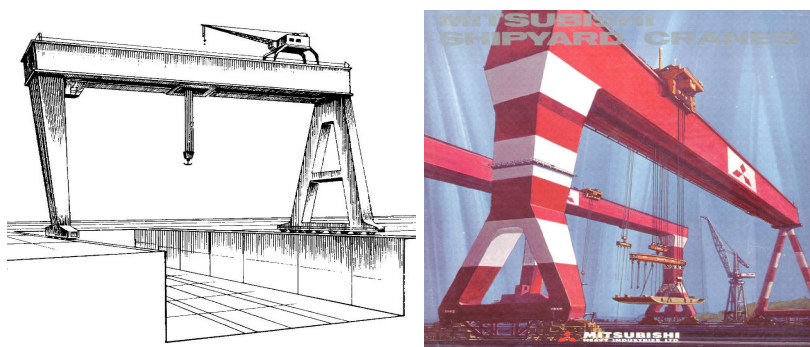


Рис. 5.25. Козловой кран



Рис. 5.26. Плавучий кран грузоподъемностью 3600 т

Строительные леса предназначены для обеспечения доступа на строящееся судно и к любой части корпуса, где необходимо выполнить работы. Кроме того, на лесах размещают магистрали трубопроводов, электрокабельную сеть, а также электросварочное и другое оборудование, предназначенное для обслуживания рабочих мест.

Строительные леса подразделяют на наружные, устанавливаемые с наружной стороны корпуса (рис. 5.27), и внутренние, используемые при работах в трюмах, отсеках и помещениях судна.

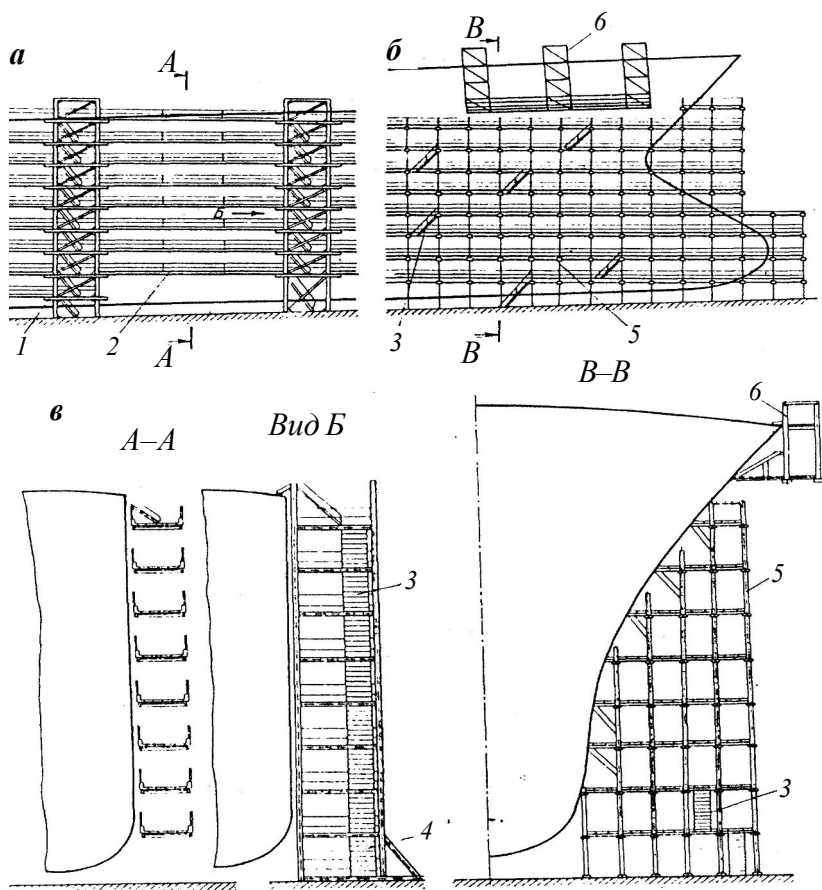


Рис. 5.27. Наружные строительные леса:

а – башенные; *б* – трубчатые и переносные;

1 – башня; *2* – рабочая площадка; *3* – ярусный трап; *4* – башня с маршевым трапом; *5* – стойки трубчатых лесов; *6* – навесные этажерки

На отечественных судостроительных заводах применяют наружные леса башенного типа. Они состоят из двух основных элементов: башен, отстоящих друг от друга на расстоянии 6...8 м, и рабочих площадок, перекрывающих пролет между башнями и устанавливаемых ярусами через 2,5 м. Башни, имеют выдвижные горизонтальные консоли, к которым крепятся рабочие площадки с леерными ограждениями.

Башенные леса имеют ряд недостатков: требуется большой расход материалов для их изготовления, места для хранения; они трудоемки в изготовлении и установке.

Поэтому более широко применяют трубчатые легкоразборные леса различных типов:

- стационарные по всей длине судна;
- из секций, прикрепляемых к корпусу судна в районах монтажных стыков бортовой обшивки судна;
- подвесные площадки (люльки);
- передвижные из отдельных секций;
- передвижные с телескопическими выдвижаемыми поворотными площадками.

При выборе типа и конструкции наружных лесов учитывают объем и характер предстоящих работ, зависящих от размеров судна, метода строительства и типа построечного места. Для доставки на строящееся судно людей применяют лифты и эскалаторы.

Конструкция внутренних лесов определяется в основном высотой трюмов и отсеков: при высоте помещения до 3,5 м устанавливают деревянные щиты на козлах; от 3 до 8 м – трубчатые леса со щитовым настилом; более 8 м – леса на кронштейнах, навешиваемых ярусами на переборки и борта на приварных кронштейнах или винтовых струбцинах (рис. 5.28).



Рис. 5.28. Внутренние строительные леса в трюме строящегося судна

На зарубежных верфях при строительстве крупнотоннажных судов с большой высотой борта применяют перемещающиеся по борту специальные площадки (рис. 5.29), при строительстве судов в сухом доке вместо строительных лесов используют площадки на колесном ходу (рис. 5.30).



Рис. 5.29. Перемещающаяся по борту площадка



Рис. 5.30. Площадки на колесном ходу при строительстве судов в сухом доке

Каждое построечное место оборудуется *системами энерго-снабжения*, в том числе:

- электроэнергией – переменным током напряжением 380 В для питания электродвигателей подъемных кранов и сварочных постов, напряжением 220 В для общего постоянного освещения и для питания электродвигателей вентиляторов, отсасывающих вредные газы при сварочных, зачистных, окрасочных и других работах, и напряжением 36 В для переносных ламп при работе на судне. Ток подается от трансформаторных подстанций на силовые щиты построечных мест. Для питания кранов ток подводится по гибким кабелям, уложенным в троллейных каналах вдоль рельсовых путей;

- сжатым воздухом под давлением 0,5...0,6 МПа для работы пневматического инструмента и краскораспылителей. Воздух подается по постоянным магистральным трубопроводам от компрессорной станции через влагомаслоотделители и отстойники на разделительные коробки, к которым присоединяют гибкие переносные шланги, соединенные с инструментом;

- кислородом и ацетиленом для газовой резки и строжки, для нагрева корпусных конструкций при их правке. Кислород и ацетилен подают по постоянно проложенным трубопроводам либо доставляют в баллонах к местам выполнения работ;

- углекислым газом и аргоном для сварки. Газ подается по трубопроводам или доставляют в баллонах;

- паром для отопления судовых помещений в холодное время года;

- водой для гидравлических испытаний корпусных конструкций на непроницаемость, в противопожарных целях и для других нужд.

Кабели и трубопроводы прокладывают вдоль всего построечного места с обеих сторон, а посты для подключения к магистралям энергосистем оборудуют на башнях лесов и площадках построечных мест.

5.2. Методы строительства и способы формирования корпуса судна

Наиболее важный период строительства любого современного судна связан с построечным местом, где формируется корпус, монтируется большая часть его механизмов, устройств, оборудования. Этот период в значительной мере определяет технико-экономические показатели строительства судна в целом, так как связан с использованием наиболее важной части основных фондов судостроительного предприятия – построечных мест и является весьма трудоемким.

Корпусные работы на построечном месте выделены в самостоятельный вид судостроительного производства корпусостроительное. Их продолжительность зависят от метода строительства судна, способа формирования его корпуса, технологии и организации выполнения корпусных работ. Вариант экономически целесообразной технологии и организации строительства судна выбирают с учетом его конструкции, серийности, производственных возможностей предприятия-строителя. Совокупность этих факторов закладывают в качестве исходных данных в технико-экономический расчет строительства судна. При этом должны быть обеспечены основные требования Заказчика минимальная стоимость строительства судна в запланированные сроки.

Способы формирования корпуса судна выбирают в зависимости от разновидности построечных мест, спусковых сооружений, конструктивно-технологических характеристик корпусных конструкций, из которых оно собирается и его размерений. Различают подетальный, секционный и блочный методы строительства судов, а также их комбинации. В последние годы получили распространение способы, основанные на модульном принципе, а при длине судна боль-

шей построечного места – строительства корпуса из двух частей с последующей стыковкой на плаву.

Подетальный метод предусматривает сборку корпуса судна на построечном месте из отдельных деталей обшивки и набора. В отличие от эпохи "клепаного" судостроения, когда данный метод был единственным, в современном судостроении его применяют при строительстве корпусов малых судов (катеров, яхт).

Секционный метод строительства заключается в формировании корпуса судна из объемных и плоскостных секций, узлов и деталей. Детали и узлы при этом устанавливают, в основном, только в районах пазов и стыков между соседними секциями на построечном месте и называют **забойными**. По мере формирования замкнутых помещений и отсеков в них после сварки выполняют монтаж насыщения, начинают работы по отделке и оборудованию помещений.

Секции, из которых собирают корпус судна, изготавливают в сборочно-сварочном цехе. В секциях в максимально возможном объеме устанавливают детали насыщения и частично выполняют достроечные работы – монтаж механизмов, электрооборудования, элементов судовых систем.

Секционный метод применяют при строительстве судов любого типа и размерений на построечных местах всех видов. Корпус судна при таком методе строительства может формироваться пирамидальным, островным и отсечным способами.

При **пирамидальном способе** (рис. 5.31) корпус судна последовательно формируют в длину и высоту из отдельных частей. Установленные эти части, куда входят все основные конструкции корпуса – днище, борта, переборки, палубы, по форме напоминают ступенчатую пирамиду, образованную отдельными секциями. Сборку корпуса на построечном месте

начинают с установки первой (**закладной**) днищевой секции первой пирамиды. Положение закладной секции по длине корпуса выбирают с учетом максимального сокращения продолжительности строительства судна и обеспечения принятой организации производства. Чаще всего закладную днищевую секцию располагают в районе МКО, где сосредоточен большой объем монтажных работ. Затем устанавливают, собирают и сваривают последующие секции по длине и высоте одновременно в нос и корму. После окончания сборочно-сварочных работ по первой пирамиде приступают к формированию корпуса в пределах второй пирамиды и т.д. При этом смежные пирамиды образуют наращиванием предыдущих пирамид в нос и корму судна.

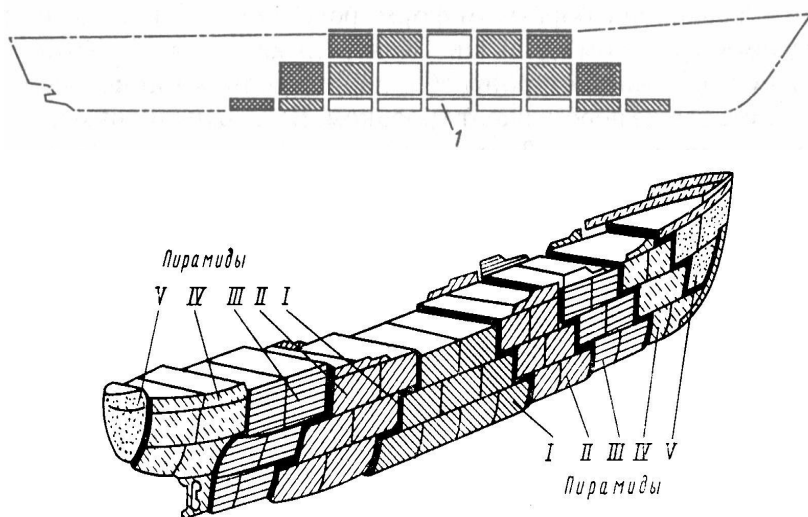


Рис. 5.31. Схема пирамидального способа формирования корпуса судна:

□ – первая пирамида; ▨ – вторая пирамида; ▩ – третья пирамида
I – закладная секция

Если секции (блоки секций) поступают на построечное место с припусками по монтажным кромкам, при формировании корпуса судна припуски должны быть ориентированы к закладной или предыдущей секции (блоку секций) (рис. 5.32).

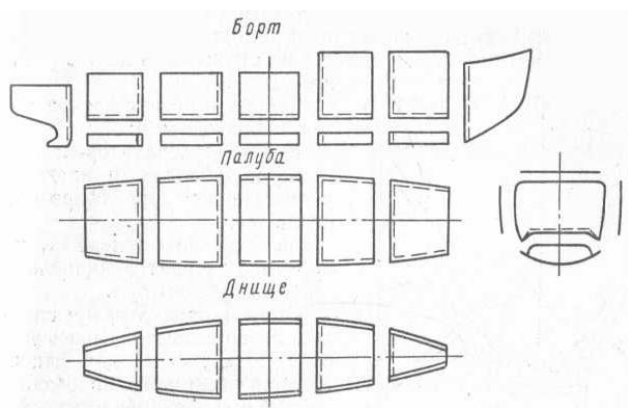


Рис. 5.32. Схема расположения монтажных припусков на секциях судна

Пирамидальный способ позволяет достаточно быстро формировать поперечное сечение корпуса по всей высоте при несколько замедленном формировании его по длине. Это позволяет, с одной стороны, быстро завершить работы по формированию соответствующих отсеков и помещений и раньше начать в них монтажные работы. С другой стороны, такой способ способствует уменьшению общего продольного изгиба корпуса при сварке.

Известно, что прогиб балки пропорционален квадрату ее длины. В данном случае прогиб собранной части корпуса от сварки можно упрощенно представить, как

$$f = ML^2 / 8EI,$$

где M – изгибающий момент, вызываемый усадкой сварных швов; L – длина собранной части корпуса; E – модуль нормальной упругости; I – момент инерции собранной части поперечного сечения корпуса. Следовательно, чем короче основание пирамиды и чем она выше, тем меньше прогиб данной части корпуса.

К недостаткам данного способа можно отнести: весьма ограниченный фронт работ в начале строительства судна на построечном месте; невозможность одновременно вести сборочно-сварочные работы более чем в двух пирамидах, что при сборке корпуса большой длины ведет к увеличению продолжительности строительства.

Островной способ (5.33) формирования корпуса судна разработан для устранения перечисленных недостатков. При данном способе корпус судна разбивают по длине на несколько самостоятельных районов (островов) и каждый из них формируют пирамидальным способом.

Число "островов" определяют, исходя из конкретных особенностей судна, условий предприятия-строителя, принятых сроков строительства и т.п. В процессе формирования корпуса судна "острова" могут перемещаться по построечному месту или оставаться неподвижными. Если сборка и сварка проводятся без передвижки, то между "островами", при необходимости, устанавливают забойные части (секции, узлы и отдельные детали). Если "острова" после окончания их формирования передвигаются с целью сближения для стыкования, то забойные части не нужны.

Островной способ обладает всеми преимуществами пирамидального и вместе с тем обеспечивает: значительное расширение фронта сборочно-сварочных и монтажных работ и вследствие этого сокращение продолжительности строительства судна; использование свободной части построеч-

ного места для строительства "острова" второго судна, чаще всего кормового.

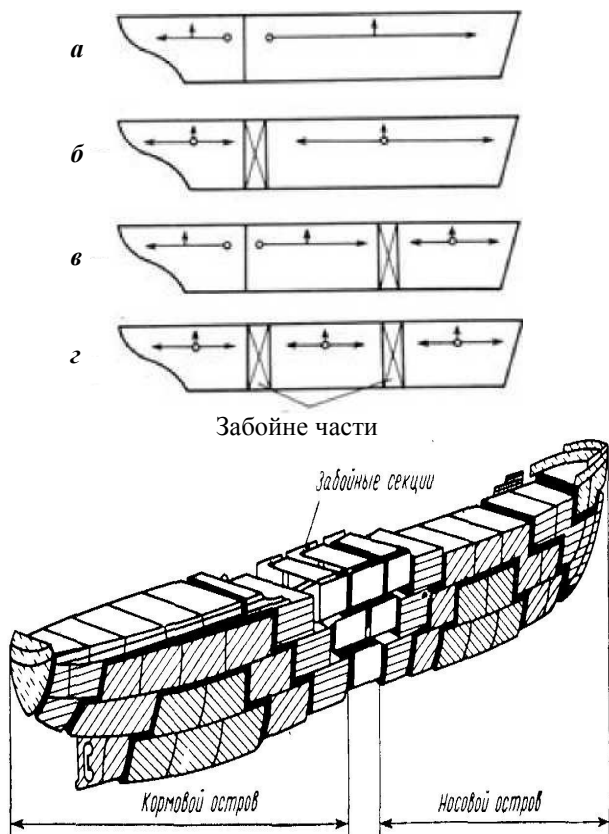


Рис. 5.33. Островной способ формирования корпуса судна:
а – при одновременном формировании корпуса судна из двух "островов" без забойных элементов; **б** – при одновременном формировании корпуса из двух "островов" с забойными элементами по монтажному стыку; **в** – при одновременном формировании корпуса из трех "островов" с забойными элементами по одному монтажному стыку; **г** – при одновременном формировании корпуса из трех "островов" с забойными элементами по двум монтажным стыкам

Разновидностью островного способа является *раздельный способ*, когда корпус судна разделяют по длине на две части, каждую из которых собирают отдельно на одном или разных построечных местах, а затем спускают на воду (рис. 5.34). Стыкуют части корпуса судна в доке или на плаву. Иногда при кооперированном строительстве корпусов судов его части изготавливают даже на разных верфях. Раздельный способ применяют, когда длина судна и его спусковая масса превышают размеры построечного места или спускового сооружения, или допускаемую на них нагрузку.



Рис. 5.34. Формирование корпуса судна из двух частей, отдельно спускаемых на воду

Стыкование частей корпуса судна на плаву (рис.5.35) выполняют с применением кессона (рис. 5.36) или специального шарнирного герметизирующего устройства (ШГУ). Кессон или ШГУ устанавливают в районе монтажного стыка и плотно прижимают к корпусу судна. Работы по сборке и сварке производят из рабочего туннеля кессона, из которого заранее откачивают воду.

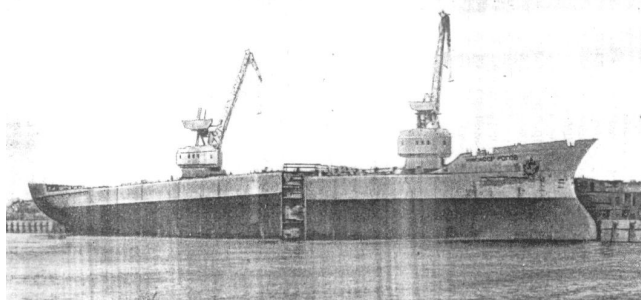


Рис. 5.35. Стыкование частей корпуса судна на плаву

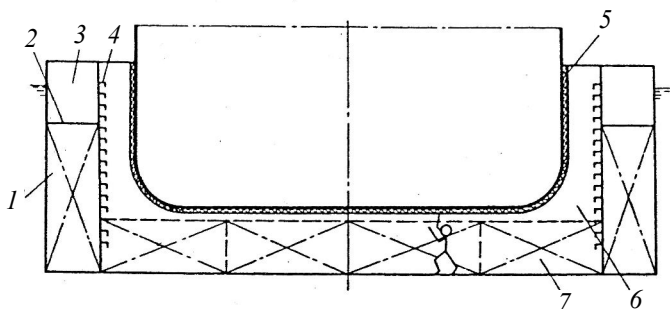


Рис. 5.36. Схема расположения кессона под монтажным стыком:

- 1 – бортовая цистерна; 2 – палуба безопасности кессона;
3 – сухой отсек; 4 – скоб-трап; 5 – уплотнение по контуру корпуса;
6 – рабочий туннель; 7 – днищевая цистерна

Отсечный способ отличается от островного тем, что длина каждой формируемой части корпуса ограничивается длиной одного отсека – части корпуса между двумя монтажными стыками секций. Сначала собирают первый отсек по верхнюю палубу, затем в нос и в корму от него смежные отсеки; одновременно ведут сварку стыков и пазов секций в пределах каждого отсека. После формирования двух смежных отсеков сваривают монтажный стык между ними. Нарращивание корпуса продолжается в том же порядке в нос и в корму.

Развитие секционного метода формирования корпуса судна в направлении увеличения размеров и массы секций, а также объема их насыщения механизмами, трубопроводами, элементами электрооборудования и судовых устройств, в определенной мере способствовали появлению **блочного метода** строительства судна (рис. 5.37). Данный способ основан на строительстве судна из предварительно собранных блоков в предназначенных для этой цели цехах или на открытых предстпельных (преддоковых) площадках, расположенных у построечного места. Строительство судна начинают с закладного блока, который выбирают в зависимости от типа судна, общей технологии его строительства и характера построечного места, исходя из условия ускорения монтажных работ.

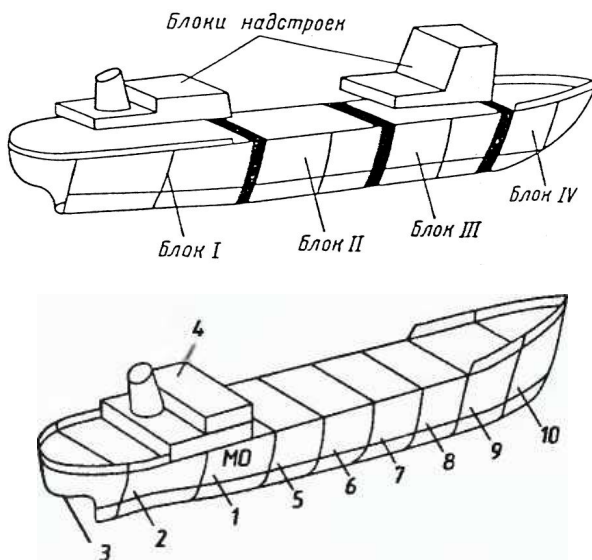


Рис. 5.37. Блочный метод строительства корпуса судна:
номера блоков в очередности установки

Блочный метод применяют для строительства различных типов судов и он является наиболее прогрессивным, так как при нем получаются минимальные сварочные деформации за счет сокращения числа и протяженности монтажных сварных швов. Данный метод также позволяет применить наиболее эффективную организацию производства на построечном месте с наименьшим временем нахождения на нем судна.

Совершенствование способов формирования корпусов судов имеет своей целью увеличение пропускной способности дорогостоящих построечных мест и спусковых сооружений в результате перенесения работ с построечного места в сборочно-сварочные цехи, цехи строительства блоков и на открытые предстпельные площадки. Оно идет по пути строительства судов из крупных унифицированных секций и блоков с полным их насыщением, которые можно было бы применять для корпусов судов аналогичных проектов.

Перспективным направлением совершенствования методов строительства судов является разработка и применение методов, основанных на *модульном принципе* проектирования судов. Сущность таких методов заключается в формировании корпуса из ограниченного числа конструктивных и функциональных модулей.

Конструктивный модуль – плоскостная или объемная, конструктивно и технологически законченная стандартная часть корпуса судна, одинаковая по габаритным размерам и типу конструкции для ряда судов различных размеров и назначений (модуль-секция, блок-модуль).

Функциональный модуль – конструктивно и технологически законченная стандартная сборочная единица, часть судна с насыщением системами, оборудованием, устройствами, предназначенная для выполнения определенных

функций. Принято различать большие функциональные модули (носовая оконечность судна с якорным и швартовными устройствами и оборудованием; кормовая оконечность с движительно-рулевым комплексом; надстройка в сборе с оборудованными помещениями и системами) и малые функциональные модули (модуль-помещения, модуль-агрегаты).

При **блочно-модульном методе** формирования корпуса судна модуль-блоки изготавливают из модуль-панелей, модуль-секций, насыщают их модуль-помещениями и модуль-агрегатами, а затем из них формируют корпус (рис. 5.38.).

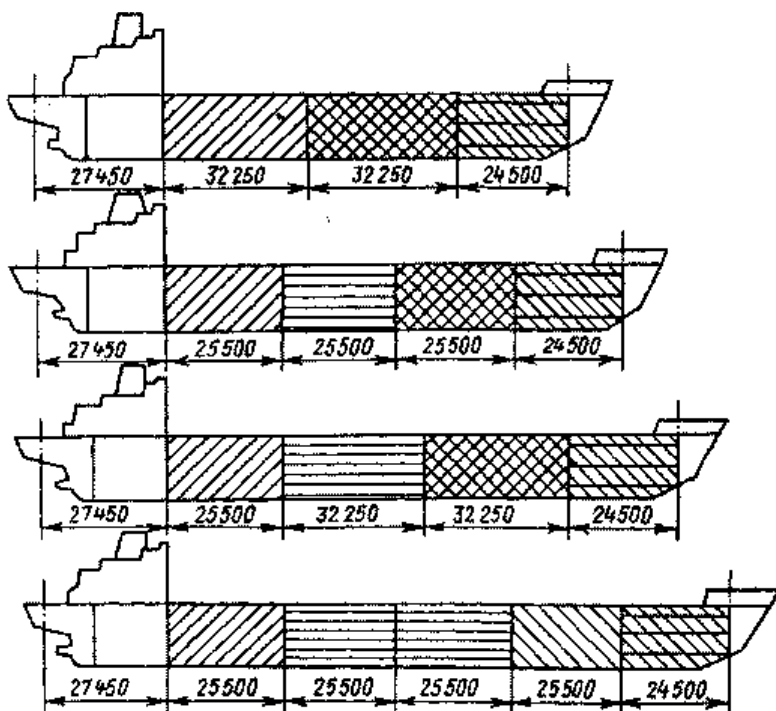


Рис. 5.38. Принцип блочно-модульного метода формирования корпусов судов фирмой "Блом унд Фосс" (Германия)

Разработан построечный комплекс для строительства танкеров в сухом доке с использованием модульного принципа (рис. 5.39). Комплекс позволяет полностью механизировать работы по изготовлению плоскостных секций, сборки и сварки из них бортовых блоков секций и конструктивных модулей с последующей подачей в док и сборку средней части корпуса судна из этих модулей.

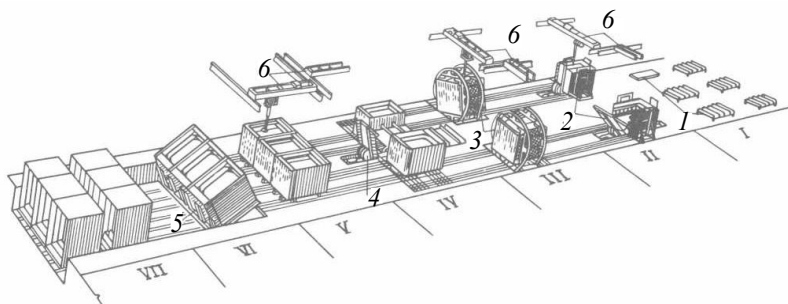


Рис. 5.39. Схема построечного комплекса для формирования корпусов танкеров в сухом доке с использованием модульного принципа:

I – плоскостные секции; *2* – агрегаты для сборки бортовых блоков секций; *3* – сварочные кантователи; *4* – агрегаты для сборки модулей; *5* – кантователи для подачи модулей в док; *6* – универсальные мостовые технологические агрегаты; *I* – склад готовых плоскостных секций; *II* – сборка бортовых блоков секций; *III* – сварка бортовых блоков секций; *IV* – сборка конструктивных модулей; *V* – сварка конструктивных модулей; *VI* – подача конструктивных модулей в док; *VII* – сборка корпуса судна из конструктивных модулей в доке

Новым направлением в строительстве судов является формирование корпусов транспортных судов различного назначения (танкеры, контейнеровозы, газовозы и др.) с использованием модулей кормовой и носовой оконечностей (рис. 5.40).

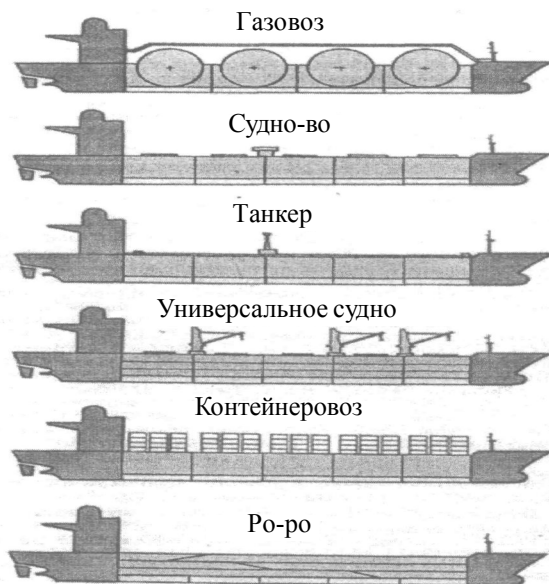


Рис.5.40. Формирование корпусов транспортных судов различного назначения с использованием модулей кормовой и носовой оконечностей

Такой способ формирования корпусов судов также возможен при кооперации судостроительных верфей, когда модули оконечностей изготавливают на одной верфи, а среднюю часть и полное формирование корпуса судна выполняют на другой.

На процесс строительства судна существенно влияет форма организации производства на построечном месте. В настоящее время в судостроении применяют три формы организации производства: позиционная, поточно-бригадная и поточно-позиционная.

При **позиционной форме** судно от закладки корпуса до спуска на воду находится на одном и том же построечном

месте. Бригады рабочих закреплены за данным судном на весь период его строительства и по мере выполнения работ в одном районе переходят для выполнения работ в другой район данного судна. Эту форму организации применяют при единичном строительстве судов.

Поточно-бригадную форму организации производства применяют при серийном строительстве судов. В этом случае специализированные рабочие бригады последовательно и ритмично переходят с одного судна на другое, выполняя на каждом судне одинаковые закрепленные за ними работы. Каждое судно остается на своем месте до спусковой готовности.

Поточно-позиционную форму организации производства также применяют при серийном строительстве судов. В этом случае строительство судов выполняют на поточной линии с их передвижением с одной позиции построечного места на другую через одинаковые отрезки времени, равные такту выпуска судов с этой линии. Специализированные бригады закрепляют за каждой позицией поточной линии.

5.3. Проверочные работы при строительстве корпуса судна

При строительстве корпуса судна на построечном месте выполняют широкий спектр **проверочных работ**, к которым относятся:

- нанесение базовых линий на стапельное место и контрольных линий от них;
- проверка положения элементов опорных устройств (кильблоков, клеток, тележек и т.п.);
- проверка положения корпусных конструкций (секций, блоков секций);

- причерчивание монтажных припусков по кромкам корпусных конструкций (по секциям, блокам секций, фундаментам и т.д.);
- проверка положения корпуса судна в целом в процессе его строительства;
- нанесение на корпус эксплуатационных линий и знаков (марок углубления, грузовых марок, ватерлиний и т. д.);
- проверка формы и размеров готового корпуса судна.

Исходными данными для проведения проверочных работ на построечном месте являются схема разбивки судна на блоки и секции, чертеж размещения опорных устройств на стапеле (или доковый чертеж), чертежи корпусных конструкций судна, а также информация, которая поступает с плаза в виде эскизов, шаблонов, реек, координат секций с плазовой книги.

На секциях и блоках секций, подаваемых на построечное место, должны быть нанесены три базовые плоскости судна: основная (ОП), диаметральная (ДП) и мидель-шпангоута (ПМШ) или контрольные линии от них (табл. 5.1).

Таблица 5.1. Перечень контрольных линий, наносимых на секции.

Тип секции	Линия ДП	Контрольная линия от ДП	Контрольная линия от ОП	Теоретическая линия шпангоута	Линия притыкания переборки	Линия притыкания палубы
Днищевая от борта до борта	+	+	+	+	+	-
Днищевая скуловая	-	+	+	+	+	-
Бортовая	-	-	+	+	+	+
Продольная переборка	-	-	+	+	+	+

Продолж. табл. 5.1

Тип секции	Линия ДП	Контрольная линия от ДП	Контрольная линия от ОП	Теоретическая линия шпангоута	Линия притыкания переборки	Линия притыкания палубы
Поперечная переборка	+	+	+	-	-	+
Палуба или платформа	+	+	-	+	+	-
Блок корпуса или надстройки	+	+	+	+	-	-

Для облегчения чтения нанесенных теоретических линий на секциях и на построечных местах их наносят красками разного цвета.

Проверочный и измерительный инструмент, применяемый при выполнении работ на построечном месте, может быть любого образца при условии обеспечения требуемой точности. Применяют: **теодолит** (рис. 5.41), **шланговый уровень** (рис. 5.42) – для горизонтального нивелирования, **отвес шнуровой** – для вертикального нивелирования, **щуп** – для проверки зазоров под сварку, **бухтиномер** – для измерения стрелок прогиба листовых и профильных элементов корпусных конструкций, **циркуль** – для проведения разметочных работ в районе монтажных шпаций и для причерчивания монтажных припусков.

Теодолиты применяют для горизонтального и вертикального нивелирования при подготовке построечного места, установке секций и блоков секций, контуровке секций и блоков. Они бывают следующих типов: Т2, Т5, Т15. Цифры

в обозначении соответствуют средней квадратичной погрешности измерения горизонтального угла в угловых секундах, т. е. $\pm 2''$; $\pm 5''$; $\pm 15''$, что соответствует в линейном измерении: $\pm 0,01$; $\pm 0,024$; $\pm 0,072$ мм/м.

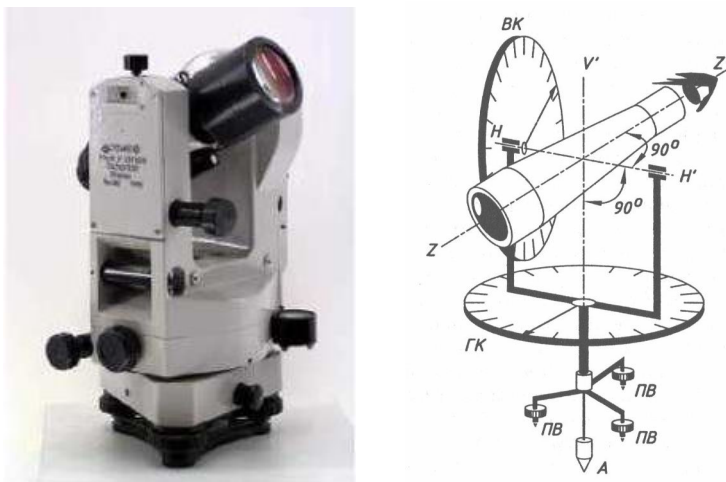


Рис. 5.41. Теодолит. Справа – геометрическая схема теодолита

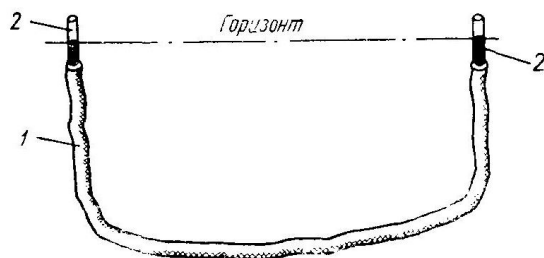


Рис. 5.42. Шланговый уровень:
1 – резиновый шланг; 2 – стеклянные трубки

Формирование корпуса судна начинают с **подготовки построечного места** к закладке первой секции или блока секций. Она заключается:

- в разбивке (расчерчивании) построечного места – нанесении следов ДП, ОП, ПМШ судна и контрольных линий от этих основных плоскостей;
- в расстановке элементов опорного устройства и проверке их по высоте и форме опорных поверхностей.

Для разметки и нанесения на стапеле базовых линий построечное место оснащается закладными планками, реперами-стойками, бортовыми стойками (рис. 5.43).

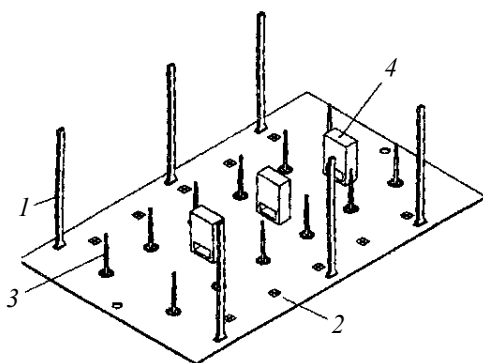


Рис. 5.43. Схема построечного места после разметки:
1 – бортовые стойки; 2 – закладные планки; 3 – реперные стойки;
4 – кильблоки

Наиболее простые разметка и проверка построечного места – с помощью рулетки, отвеса и шлангового уровня. Для строительства крупных судов используют оптические приборы, имеющие высокую точность измерений.

При нанесении линий основных плоскостей без теодолита используют так называемую световую линию. Световая линия располагается на расстоянии 700...1000 мм от ДП судна на высоте 800...1200 мм от основания построечного места. Для пробивки световой линии вдоль стапеля устанавливают стойки (рис. 5.44) с мишенями (регулируемыми

отверстиями по высоте и ширине). Стойки, обычно изготовленные из швеллеров, устанавливают на расстоянии 10...20 м друг от друга.

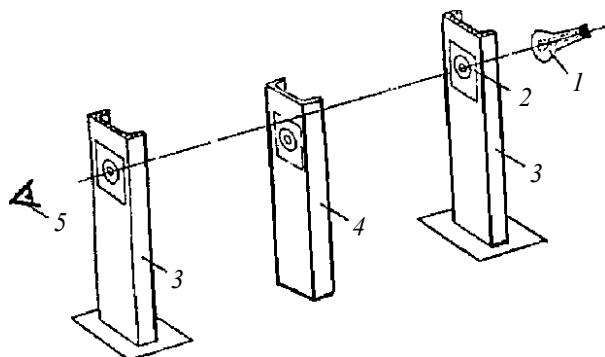


Рис. 5.44. Пробивка базовой линии на построечном месте с помощью светового луча:

1 – источник света; 2 – планки с отверстием 0,8...1,2 мм; 3 – крайние стойки; 4 – промежуточная стойка с регулируемой планкой; 5 – глаз наблюдателя

За одной из крайних стоек (носовой или кормовой) располагают источник света, луч от которого должен пройти через все регулируемые мишени, и яркая точка от источника должна появиться на противоположной крайней планке. После пробивки световой линии через все отверстия в мишенях протягивают струну (стеклинь), натягивают ее, с помощью отвеса фиксируют точки на закладных планках на стапеле и закрепляют кернением.

Подготовка построечного места с использованием теодолита начинают с пробивки линии ДП. С этой целью в носовой и кормовой частях построечного места намечают точки его оси симметрии. С помощью теодолита между намеченными точками пробивают линию ДП, фиксируя ее на метал-

лических планках, расположенных на опорной поверхности стапеля (рис. 5.45).

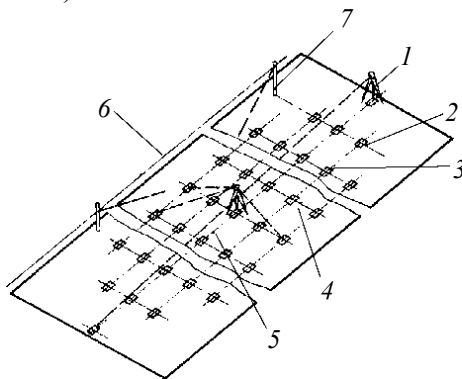


Рис. 5.45. Нанесение базовых линий на построечное место с помощью теодолита:

1 – теодолит; 2 – металлические планки на построечном месте;
3 – контрольные линии от ДП; 4 – линии шпангоутов; 5 – линия ДП;
6 – линия ОП; 7 – стапельные стойки

Применяя рулетку, наносят положение точек пересечения линии ДП с плоскостями мидель-шпангоута, носовым и кормовым перпендикулярами, а также промежуточные шпангоуты с определенной очередностью (например, через 5...10 шп.). Теодолит устанавливают над этими точками и пробивают перпендикуляры к ДП, фиксируя их на металлических планках.

Для удобства определения размеров по ширине судна таким же образом пробивают 2-3 контрольные линии от ДП с каждого борта. На стапельных стойках или стенках эллинга (дока) с помощью теодолита наносят линию ОП и контрольные от нее для дальнейших измерений высот.

Секции при установке на стапеле проверяют по длине, полушироте, высоте, крену и дифференту.

С точки зрения технологии проведения проверочных работ в корпусе судна можно выделить пять типовых секций: днищевые, бортовые, палубные, поперечные и продольные переборки. Положение каждой типовой секции проверяется либо с помощью теодолита, либо с помощью простых проверочных инструментов (шлангового уровня и отвеса).

При секционном способе формирования корпуса судна первой устанавливают *закладную днищевую секцию*. Проверку положения секции на построенном месте выполняют с помощью теодолита. Проверку по длине проводят путем совмещения теоретической линии среднего или крайнего шпангоута, нанесенного на наружной обшивке секции, с соответствующей линией на планках построенного места. С этой целью теодолит устанавливают сбоку от проверяемой секции (рис. 5.46).

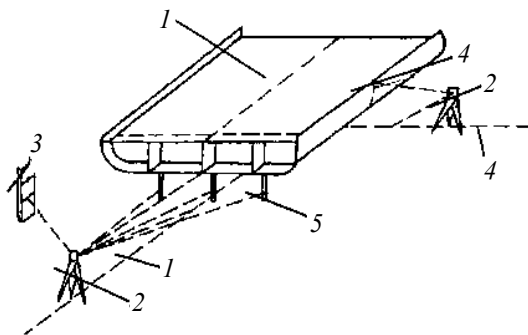


Рис. 5.46. Проверка положения днищевой секции:

1 – теоретическая линия шпангоута; 2 – теодолит; 3 – линия ДП;
4 – рейки; 5 – стойка с рискной высоты; 6 – риска основной базовой линии

Теодолит выравнивают и центруют. Трубу теодолита закрепляют для предотвращения вращения вокруг вертикальной оси. Она сможет вращаться только в плоскости среднего

шпангоута. Оптическую ось зрительной трубы совмещают с плоскостью среднего шпангоута по рискам на планках.

Зрительную трубу наводят на секцию и определяют положение днищевой секции по длине. Совмещение вертикального штриха зрительной трубы теодолита с линией среднего шпангоута секции достигается за счет перемещения секции вдоль построечного места.

Проверку положения секции по полушироте, высоте, крену и дифференту проводят с одной позиции теодолита. Лишь при проверке полушироты закладной секции теодолит устанавливают дважды (со стороны носа и кормы) или используют два теодолита.

Теодолит размещают на построечном месте в нос или корму от проверяемой секции на расстоянии не более 10 м. Трубу теодолита по высоте устанавливают ниже ОП. Теодолит устанавливают так, чтобы оптическая ось зрительная ось трубы совпала с осью построечного места, затем его центруют над линией ДП или над контрольной, параллельной ДП. Зрительную трубу закрепляют во избежание ее вращения вокруг вертикальной оси и вращают вокруг горизонтальной оси.

При проверке полушироты зрительную трубу теодолита наводят на риску ДП на обшивке у монтажного стыка секции. Совмещение вертикального штриха зрительной трубы с риской ДП на секции достигается перемещением секции по полушироте.

Для проверки установки секции по высоте, крену и дифференту теодолит устанавливают так, чтобы ось зрительной трубы совмещалась с плоскостью, параллельной ОП. Зрительную трубу теодолита закрепляют для устранения вращения вокруг горизонтальной оси и вращают в плоскости, параллельной ОП. Трубу теодолита наводят на стойку и намечают на ней риску положения плоскости (параллельной ОП) по

горизонтальному штриху сетки трубы. Размер, равный расстоянию между нанесенной рисккой и рисккой ОП на стойке, откладывают на рейках, которые установлены в точках пересечения крайних шпангоутов с ДП секции. Зрительную трубу теодолита наводят на указанные риски и секцию выравнивают по высоте и дифференту до совмещения перекрестия зрительной трубы с рисккой на рейке.

При проверке по крену рейки устанавливают в точках пересечения линий крайних шпангоутов с контрольными линиями на наружной обшивке днища или флорах секции по правому и левому бортам. Секцию выравнивают до получения одинаковых показаний на рейках правого и левого бортов.

Установку последующих днищевых секций выполняют с аналогичными проверками: совпадения ДП вновь устанавливаемых секций с ДП закладной секции, по полушироте, крену, дифференту и ОП (рис. 5.47).

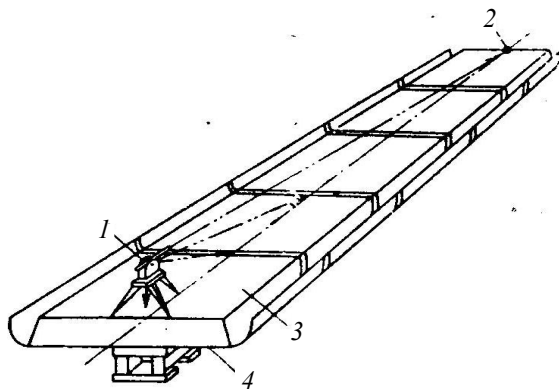


Рис. 5.47. Установка днищевых секций по полушироте с помощью теодолита:

1 – теодолит; 2 – риска в ДП на настиле второго дна;
3 – настил второго дна; 4 – наружная обшивка секции

Установку **секций поперечной и продольной переборки** выполняют с помощью простейшего проверочного инструмента – шлангового уровня и шнурового отвеса. На секциях предварительно наносят контрольные линии от ОП. Перед установкой секции **поперечной переборки** на лежащей ниже днищевой секции пробивают линию шпангоута, на котором будет установлена секция переборки, и контрольную линию от него на расстоянии 50...100 мм. Поперечную переборку устанавливают по разметке, совмещая линию ДП или контрольную линию от нее на переборке с соответствующей линией на нижележащей конструкции. Проверку переборки на вертикальность осуществляют с помощью отвеса, опуская его с верхней кромки секции на крайних стойках и в ДП (рис. 5.48).

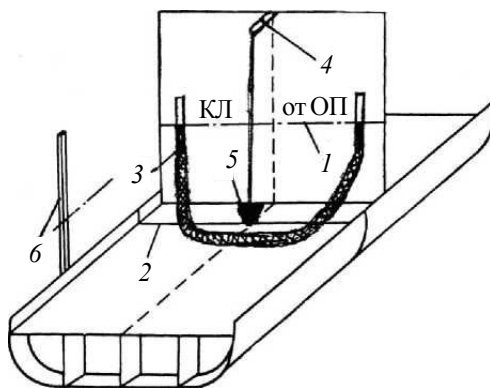


Рис. 5.48. Проверка положения поперечной переборки:

1 – контрольная линия от ОП; 2 – контрольная линия от шпангоута, на котором устанавливают переборку; 3 – шланговый уровень; 4 – рейка для проверки вертикальности; 5 – шнуровой отвес; 6 – стойка

Положение секции по крену определяют с помощью шлангового уровня в крайних точках горизонтальной контрольной линии, нанесенной на переборку на определенном

расстоянии от ОП. После выравнивания переборки по крену расстояние от ОП до контрольной линии, указанное на секции, откладывается на вертикальной стойке построечного места, а затем шланговым уровнем эта риска проецируется на переборку. Разница между риской на стойке построечного места и контрольной линией на стойке построечного места и контрольной линией от ОП на установленной секции и есть тот удаляемый монтажный припуск, который нужно нанести на нижнюю кромку переборки.

Проверку положения секции **продольной переборки** выполняют путем совмещения нижней кромки переборки с линией притыкания на нижележащей конструкции, а по длине – совмещением линии контрольного шпангоута на переборке с соответствующей контрольной линией на нижележащей конструкции. Установку секции по крену выполняют с помощью отвеса, опуская его с верхних точек крайних стоек переборки.

Установку секции по дифференту и высоте определяют с помощью шлангового уровня. При установке секции по дифференту шланговый уровень устанавливают в крайних точках по длине (носовой и кормовой) горизонтальной контрольной линии, нанесенной на переборку на определенном расстоянии от ОП. После выравнивания переборки по контрольной линии на стойке построечного места откладывают указанный на переборке отрезок от ОП. Эта риска шланговым уровнем проецируется на продольную переборку. Разница между риской на стойке построечного места и контрольной линией от ОП на установленной секции соответствует монтажному припуску, который подлежит удалению.

При установке **бортовой секции** проверку ее положения на построечном месте выполняют с помощью теодолита (рис. 5.49). Положение секции по длине проверяют на сов-

мещение теоретической линии среднего или крайнего шпангоута с риской этого же шпангоута на планке построечного места или нанесенного на нижележащей секции.

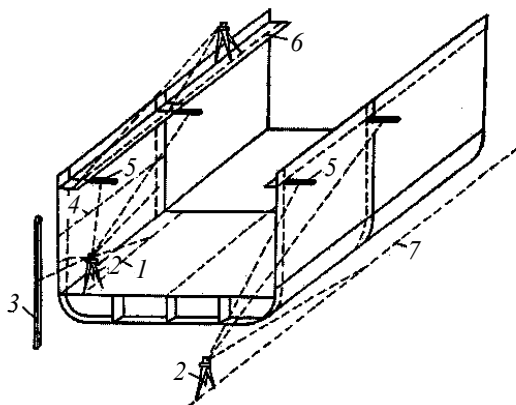


Рис. 5.49. Проверка положения бортовой секции:

- 1 – контрольная линия от ДП на днищевой секции; 2 – теодолит;
3 – стойка; 4 – горизонтальная контрольная линия (контрольная от ОП);
5 – марки (рейки); 6 – контрольная линия от ДП на бортовой секции;
7 – контрольная линия от ДП на построечном месте

Положение секции по полушироте может быть проверено одним из следующих способов.

Первый способ. На настиле второго дна заранее пробивают контрольную линию от ДП, а на бортовой секции в проверяемых точках устанавливают марки (рейки) с рисками той же контрольной линии от ДП. Теодолит устанавливают и центруют над контрольной линией. Оптическую ось зрительной трубы совмещают с контрольной линией от ДП на втором дне. Зрительную трубу последовательно наводят на марки бортовой секции. Совмещение вертикального штриха зрительной трубы теодолита с рисками на марках секции достигается перемещением верхнего конца бортовой секции.

Второй способ. След контрольной плоскости, параллельной ДП, наносят заранее на построечном месте. Марки с рисками полушироты контрольной плоскости устанавливают снаружи бортовой секции. Порядок выполнения операций при проверке такой же, как и при первом способе.

Для проверки положения секции по высоте и дифференту необходимо иметь базовую риску высоты (контрольная линия от ОП на рис. 5.48). Теодолит помещают на днище вблизи бортовой секции, его вертикальную ось устанавливают отвесом. Зрительную трубу приводят в горизонтальное положение и закрепляют. Затем определяют положение по высоте оптической зрительной трубы, для чего последнюю наводят на риску высоты и измеряют расстояние от риски до проекции горизонтального штриха сетки трубы.

Зрительную трубу наводят на бортовую секцию в районе ее крайних шпангоутов. Секцию выравнивают по дифференту до получения одинаковых расстояний от горизонтальной контрольной линии на секции до проекции горизонтального штриха сетки трубы. Затем определяют высоту секции путем измерения расстояния от проекции горизонтального штриха сетки до горизонтальной контрольной линии на секции и сопоставления его с расстоянием от проекции того же штриха до риски высоты на стойке.

Проверку положения **палубной секции** по длине осуществляют совмещением теоретических линий среднего или крайнего шпангоута с соответствующими линиями, нанесенными на наружной обшивке или палубном стрингере бортовой секции, или с линиями соответствующих шпангоутов на лежащей ниже палубе (на настиле второго дна).

Проверку положения палубной секции по полушироте, высоте и дифференту выполняют с одной позиции на ранее установленной палубной или днищевой секции.

При проверке по полушироте теодолит размещают и центруют над линией ДП или контрольной от нее. Оптическую ось зрительной трубы совмещают с плоскостью ДП или контрольной от нее и закрепляют во избежание вращения вокруг вертикальной оси. Зрительную трубу наводят на дальнюю от теодолита кромку устанавливаемой секции (контрольную линию ближайшей кромки совмещают с аналогичной линией на установленной секции), затем секцию перемещают по полушироте до тех пор, пока ДП (или контрольная от нее) секции не совместится с вертикальным штрихом сетки зрительной трубы.

Для проверки положения секции по высоте и дифференту необходимо иметь базовую риску высоты (на стойке вблизи проверяемой секции или ранее установленной конструкции). Оптическую ось зрительной трубы теодолита приводят в горизонтальное положение и закрепляют. Положение по высоте оптической оси зрительной трубы определяют, наводя трубу на стойку с риской высоты и измеряя расстояние от риски высоты до проекции горизонтального штриха сетки трубы. Проверку по высоте и дифференту осуществляют путем последовательного прикладывания рейки к проверяемым точкам пересечения крайних шпангоутов с ДП или контрольными от нее и наведением зрительной трубы на риски рейки. На рейку должны быть заранее нанесены риски, соответствующие высоте в каждой проверяемой точке с учетом установки зрительной трубы по высоте от ОП, погиби бимса на данном шпангоуте, разности толщин палубного стрингера и настила палубы в ДП, седловатости палубы и возможной разности толщин настила в носовой и кормовой частях секции.

5.4. Сборка и сварка корпуса судна

Сборка корпуса судна на стапеле. Очередность установки секций зависит от схемы формирования корпуса судна на

построечном месте. Последовательность выполнения работ можно представить в виде следующих комплексов приемов (рис. 5.50):

- подготовка, заключающаяся в нанесении контрольных линий, расстановке опорных устройств, проверке их поверхности, установке планок для фиксации положения секций, рымов для их раскрепления;
- подачи секции краном с грубым наведением на контрольные линии и временным раскреплением ее с помощью упорно-растяжных устройств;
- доводочное перемещение до полного совпадения с теоретически заданным положением;
- окончательная проверка положения секции и корректировка ее в случае необходимости;
- закрепление положения секции упорами, оттяжками, электроприхватками;
- совмещение кромок стыковых и тавровых соединений с обеспечением требуемых зазоров под сварку;
- стыкование концов балок набора или притыкание концов этих балок к листам обшивки;
- сдача собранных соединений под сварку.

При проведении сборочных работ на построечном месте наиболее трудоемки две операции: а) доводочное перемещение; б) подгонка сопряжений устанавливаемых секций. При этих работах широко применяют ручной и механизированный инструмент, различные приспособления (рис. 5.51–5.52).

Большинство монтажных соединений расположено в стесненных и труднодоступных местах, что делают механизацию сборочных работ невозможной. Поэтому чаще всего применяют механизированный сборочный инструмент. Среди них гидравлические талрепы и домкраты (рис. 5.53), приводимые в действие пневматическим насосом. При сбор-

ке монтажных соединений используют домкраты с усилием от 25 до 1000 кН и рабочим ходом в пределах от 50 до 100 мм. При выполнении монтажных сборочных работ талрепы и домкраты используются как самостоятельно, так и вместе с различными приспособлениями. Комбинированный привод основан на использовании сжатого воздуха низкого давления (до 0,6 Мпа) с преобразованием его энергии в высокое давление гидравлики.

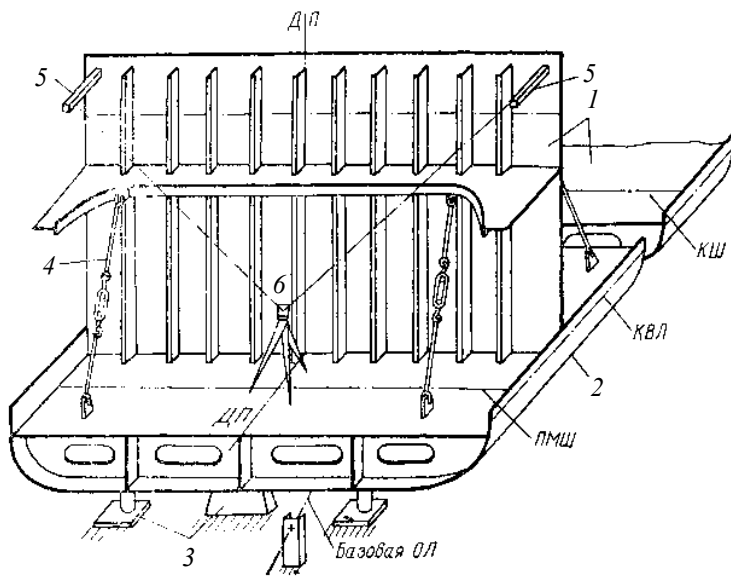


Рис. 5.50. Установка на стапеле днищевой секции и поперечной переборки.

1 – пригоняемые конструкции; 2 – базовая конструкция; 3 – опорные устройства; 4 – оттяжки; 5 – рейки для проверки переборки по дифференту; 6 – теодолит. ПМШ – плоскость мидель-шпангоута; КШ – конструктивный шпангоут.

С помощью пневмогидравлических механизмов и соответствующих приспособлений к ним выполняют ряд

операций: установочное перемещение корпусных конструкций, поджатие, разведение и совмещение собираемых элементов судовых конструкций.

При широком распространении пневмогидравлического инструмента ему присущи недостатки (усложненная конструкция, не надежны). Этих недостатков лишены механизмы на основе машин ударно-вращательного действия.

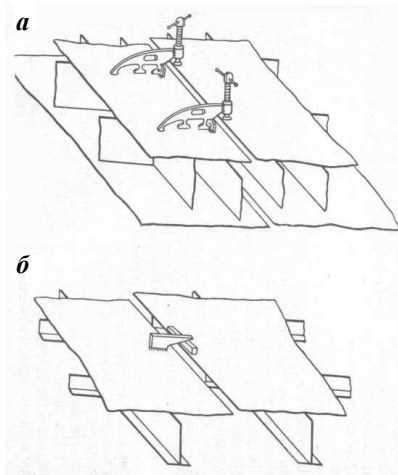


Рис. 5.51. Стягивание сопряжений с помощью приспособлений:
а – "рыбий хвост"; б – клин с планкой

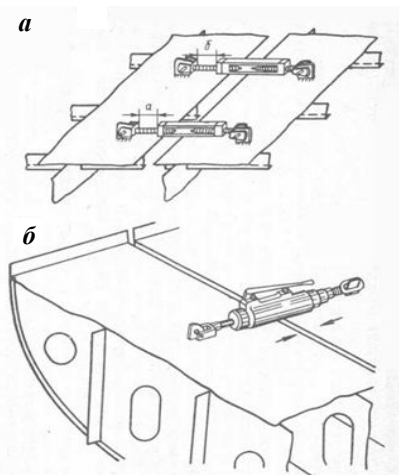


Рис. 5.52. Стягивание сопряжений секций с помощью стяжек (талрепов), закрепленных за приварные планки:
а – стяжки винтовые; б – стяжка гидравлическая

Принцип их действия заключается в импульсной передаче энергии от ведущего звена к ведомому, что обеспечивает большое передаточное число по усилию, а также минимальный реактивный момент. Основными частями этого инструмента является приводной ротационный пневматический

двигатель и вращательно-импульсный преобразователь, который превращает энергию непрерывного вращения на входе в периодические ударные импульсы на выходе. На этой основе созданы и применяются домкраты, стяжки-распорки, силовые приводы с рабочим усилием от 50 до 400 кН.

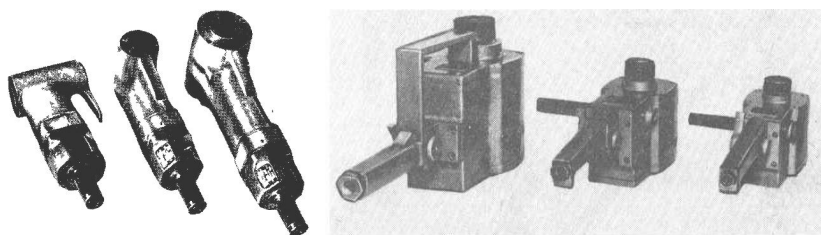


Рис. 5.53. Механизированный сборочный инструмент:
слева – пневмогидравлические домкраты;
справа – ударно-вращательного действия

Применение механизированного сборочного инструмента повышает производительность труда рабочих до 20% и облегчает их работу. Увеличение производительности труда возможно при повышении уровня механизации сборочных работ на основе применения более сложных механизмов и агрегатов. Такие агрегаты и устройства создаются применительно к условиям строительства судна и при большой серии судов.

В отечественном судостроении для строительства крупнотоннажных судов был спроектирован и применен агрегат "Океан", позволивший механизировать сборочные работы при формировании вертикальных монтажных стыков между блоками и обеспечить их механизированную сварку в среде CO_2 .

К еще более сложным устройствам, которые применяются при сборке и сварке бортовых, днищевых и палубных секций относятся так называемые корпусомонтажные

комбайны (рис. 5.54). Комбайны несут на себе различные средства механизации сборочных, сварочных и окрасочных работ и имеют варианты размещения агрегата как внутри корпуса судна, так и с его внешней стороны. Такой комбайн позволил обеспечить производительность труда при сборке и сварки монтажных соединений в 1,5–2 раза выше по сравнению с ручными методами выполнения технологических операций. Комбайн создан и применен на судостроительной верфи в Японии для строительства крупнотоннажных танкеров. Позже модифицированные комбайны появились на верфях Италии и Южной Кореи.

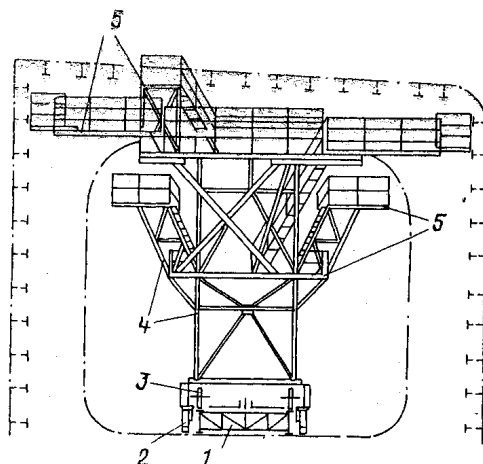


Рис. 5.54. Корпусомонтажный комбайн для выполнения работ на крупнотоннажном судне:

1 – опорная конструкция; 2 – домкраты; 3 – тележка;
4 – несущие фермы; 5 – выдвижная рабочая площадка.

Сварка корпуса судна на станеле. Сварка монтажных соединений между секциями и блоками секций весьма трудоемкий и сложный процесс. Монтажные швы сваривают

в различных пространственных положениях, протяжность швов одного размера относительно невелика. Многие швы располагаются в неудобных, стесненных местах. Все эти особенности делают применение автоматической сварки практически невозможной.

Для различных пространственных положений швов применяют полуавтоматическую сварку в среде защитных газов при обеспечении достаточно эффективной вентиляции помещений. И все же наибольшее распространение имеет ручная электродуговая сварка.

При формировании корпуса судна из секций сварку начинают после окончательной проверки их положения и закрепления монтажных соединений на электроприхватках и гребенках. Поскольку поперечный шов вызывает большую деформацию чем паз, то сначала сваривают стык с ранее установленной секцией, а затем сваривают пазы со смежными секциями. Секции сваривают несколько сварщиков одновременно симметрично относительно ДП. Отставание сварочных работ относительно сборочных должно быть минимальным – не более, чем по одной-двум секциям в каждом горизонтальном ряду.

Разделку кромок стыковых швов выполняют по палубам и второму дну вверх, а по днищевой обшивке и по скуле – внутрь корпуса, чтобы во всех случаях обеспечить сварку основных швов в нижнем положении.

Разделку кромок в бортовых секциях выполняют внутри корпуса судна (с неудобной стороны), чтобы сварить шов изнутри. Это позволяет облегчить разделку корня шва для наложения подварочного шва снаружи (с гладкой, удобной стороны). Сразу после выполнения первого прохода основного шва производят строжку подварочной канавки и вслед за этим – подварочный шов.

Перерыв по времени между выполнением основного и подварочного швов должен быть по возможности минимальным, чтобы исключить образование трещин, которые могут возникнуть, поскольку проварена лишь часть толщины сечения соединения. Затем приступают к сварке оставшихся недоваренных участков продольного и поперечного набора.

Если днище состоит из 2–4 секций по ширине, то сначала сваривают пазы между секциями, а затем стык с предыдущей секцией.

При наличии в составе корпуса продольных и поперечных переборок, сначала сваривают стыки продольных переборок, а затем поперечные переборки приваривают к продольным. После этого продольные и поперечные переборки приваривают к настилу второго дна, бортам и настилу палубы. Сварку секций выполняют одновременно несколько сварщиков симметрично относительно ДП.

При формировании корпуса судна из блоков секций со значительной протяженностью монтажного стыка между блоками для обеспечения более равномерного поперечного укорочения отдельных его участков монтажные стыки одновременно сваривают несколько сварщиков. Так, например, на танкерах типа "Крым" сварку монтажных стыков одновременно выполняли 36 сварщиков, каждому из которых был отведен участок протяженностью 3...4 м.

Последовательность сварки корпусных конструкций в районе монтажных стыков должна быть следующей:

- сварка с последующей подваркой стыков обшивки и палуб;
- сварка и подварка стыков набора, пересекающих стыки обшивки и палуб;
- приварка набора к обшивке и палубам в районе стыков.

Значительный объем монтажных сварочных работ может привести к нежелательному изменению килевой линии судна относительно его основной плоскости. С этой целью в процессе формирования корпуса на построечном месте периодически контролируют положение килевой линии с помощью специальных датчиков. Изменение положения килевой линии в процессе строительства корпуса судна возможно, благодаря корректировке последовательности выполнения сварочных работ.

Монтажные и сварочные работы относительно сложны, их часто выполняют, особенно на открытом построечном месте, в неблагоприятных условиях, поэтому к качеству сварных швов предъявляют повышенные требования. Так, для судов длиной 80 м и более Правила Регистра судоходства Украины устанавливают следующий объем контроля швов рентгено- или гаммаграфированием:

- для монтажных швов днища и верхней палубы – 10 % от длины соединений;
- для внутрисекционных стыков – 2,5 %;
- для монтажных соединений бортов – 5 %;
- для внутрисекционных стыков борта – 1 %.

5.5. Типовые технологические процессы при формировании корпуса судна на стапеле

При формировании корпуса судна на построечном месте выполняют: установку секций и блоков секций, проверку их положения, сборку и сварку монтажных стыков и пазов между ними, испытания на непроницаемость и герметичность. Шифры этапов и содержание работ при формировании корпуса судна на построечном месте приведены в табл. 5.2, а последовательность их выполнения – в табл. 5.3.

Таблица 5.2. Шифры этапов и содержание работ при формировании корпуса судна

Шифр этапов и работ	Наименование и содержание этапов и работ
1	2
1. Подготовка перед установкой секций	
11	Установить по разметке на построечном месте строительные опоры (тележки, кильблоки, клетки, опорные тумбы). Проверить положение опорных поверхностей строительных опор.
12	Выровнять подушки опорных устройств, в случае необходимости установить дополнительные устройства (центрирующие опоры, домкраты) для поддержания и установки секции при сборке. Установить под опорными поперечными балками судовозные тележки с центрирующими устройствами. В случае отсутствия на судовозных тележках встроенных домкратов установить вместо тележек домкраты с центрирующими опорами.
13	Разметить на ранее установленной секции места притыкания набора следующей устанавливаемой секции. Приварить ограничительные планки на ранее установленной секции для фиксации устанавливаемой секции, а также рымы для ее раскрепления
14	Закрепить на устанавливаемой секции рымы для фиксации и раскрепления секции. Закрепить к рымам верхние концы оттяжек.
15	Нанести на бортовой секции линию притыкания палубы. По линии разметки установить ограничительные планки для опирания палубы и выставить подставы или пиллерсы (иногда для опирания палубы на бортовую секцию приваривают кронштейны)
16	На устанавливаемой секции закрепить рымы для ее перемещения и фиксации
2. Установка и закрепление секций	
21	Установить секцию краном на опорные устройства (кильблоки, клетки и др.) с возможным совмещением линий практических шпангоутов и ДП (для днищевых секций от борта до борта или средних днищевых секций) или контрольных от нее с соответствующими линиями на построечном месте или ранее установленной секции

Продолж. табл. 5.2

1	2
22	Установить и закрепить рымы, направляющие планки и оттяжки. Прикрепить секцию с помощью тяг, тартелпов к построечному месту или секциям, которые установлены ранее.
23	Установить секцию краном на ограничительные планки, закрепленные к ранее собранным секциям, с возможным совмещением контрольной линии среднего шпангоута устанавливаемой секции с аналогичной линией на построечном месте
24	Закрепить секцию на оттяжках к рымам ранее собранной конструкции.
25	Установить секцию краном по разметке, нанесенной на ранее установленной конструкции, с возможным совмещением линии ДП или контрольной от нее или среднего шпангоута (для продольной переборки).
26	Раскрепить секцию на оттяжках, присоединив их нижние концы к рымам ранее установленной конструкции.
27	Установить секцию краном на ограничительные планки, набор окружающих конструкций, подставы или кронштейны с возможным совмещением линии среднего шпангоута и ДП или контрольной от ДП с аналогичными линиями, нанесенными на смежных секциях.
28	Закрепить рымы на окружающих конструкциях, раскрепить устанавливаемую секцию тарлепами, стяжками, домкратами
3. Проверка положения секции и удаление монтажных припусков	
31	Проверить положение секции в пространстве согласно требованиям разд. 4. Установить секцию с помощью элементов опорных устройств, тартелпов, домкратов и зафиксировать для причерчивания.
32	Причертить монтажные кромки листов и набора, закрепить линию реза.
33	Обрезать монтажные припуски по листам и набору. Разделить кромки под сварку согласно чертежу (при необходимости).
34	Подтянуть и выровнять ооконтурованную секцию с помощью тартелпов, стяжек, домкратов. Проверить размер монтажной шпации, совпадение стыкуемого набора, размер зазора под сварку.

Продолж. табл. 5.2

1	2
4. Сборка соединений по пазу	
41	Состыковать кромки наружной обшивки, полотнища, выполняя сборку в двух направлениях (от середины к концам) и закрепляя кромки на электроприхватках или гребенках.
42	Состыковать кромки рамного или высокого междудонного набора и закрепить на электроприхватках, прижав набор к обшивке и закрепить.
43	Состыковать кромки балок промежуточного набора, взять их на электроприхватки, прижать набор к обшивке и закрепить.
44	Зачистить монтажные кромки полотнища и набора под сварку.
5. Сборка соединений по стыку	
51	Состыковать кромки наружной обшивки, настилов, выполняя сборку в двух направлениях (от середины к концам) и закрепляя кромки на электроприхватках или гребенках.
52	Состыковать вертикальное соединение полотна поперечной переборки, борта, выполняя сборку в одном направлении (снизу вверх) и закрепляя кромки на электроприхватках.
53	Состыковать кромки высокого или рамного набора, закрепляя их на электроприхватках или гребенках. Прижать набор к обшивке или полотнищу и взять на электроприхватки.
54	Состыковать концы балок промежуточного профильного набора, закрепляя их на электроприхватках или гребенках. Поджать набор к обшивке или полотнищу и закрепить электроприхваткам.
55	Зачистить монтажные кромки листов и набора под сварку
6. Сдача монтажных соединений секций ОТК	
61	Сдать ОТК собранные соединения секций под сварку.
62	Сдать ОТК соединения секций под сварку.
63	Проконтролировать качество сварных соединений секций.
7. Сварка соединений наружной обшивки, настилов и набора по стыку	
71	Сварить соединения наружной обшивки и полотнища со стороны набора в направлении от середины к концам секций. Удалить с обратной стороны корень шва и заварить с этой стороны стык обшивки и полотнища в обе стороны от середины к концам секций.

5. 5. Типовые технологические процессы при формировании корпуса...

Продолж. табл. 5.2

1	2
72	Сварить соединения междудонного и рамного набора, выполняя сначала сварку поясков, а затем стенок (для тавровых балок).
73	Сварить соединения промежуточного набора, выполняя сварку сначала поясков, а затем стенок.
74	Приварить недоваренные участки балок набора к обшивке.
75	Сварить вертикальный шов снизу-вверх соединения обшивки или полотнища секции со стороны набора. Удалить с обратной стороны корень шва и заварить с этой стороны стык «напроход».
76	Сварить соединения высокого рамного набора, а затем промежуточного набора. Выполнить сначала сварку поясков, а затем стенок набора (для тавровых балок).
77	Приварить недоваренные участки высокого набора с обшивке.

8. Сварка соединений наружной обшивки, настилов и набора по пазу

81	Сварить от середины к концам пазовое соединение наружной обшивки со стороны набора. Удалить с обратной стороны корень шва и заварить с этой стороны паз от середины к концам секции.
82	Сварить соединения междудонного и рамного набора, выполняя сначала сварку поясков, а затем стенок (для тавровых балок).
83	Сварить соединения промежуточного набора, выполняя сварку сначала поясков, а затем стенок (для тавровых балок).
84	Приварить недоваренные участки балок набора к обшивке.
85	Подварить паз со стороны набора. Удалить корень шва и произвести сварку от середины к концам (если автоматическая сварка, то «напроход»).

9. Установка, сборка и сварка деталей и узлов россыпи

91	Разметить места установки деталей и узлов россыпи и установить их.
92	Закрепить детали и узлы россыпи с помощью электроприхваток.
93	Сдать под сварку.
94	Сварить соединения деталей и узлов россыпи с конструкциями секции.

Таблица 5.3. Последовательность выполнения работ при формировании корпуса судна на построечном месте

Характеристика секции	Последовательность выполнения работ
1	2
1. Днищевая секция от борта до борта	11, 12, 21, 22, 31, 32, 33, 34, 51, 53, 54, 55, 61, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 62, 91, 92, 93, 94, 63
2. Днищевая секция от ДП до борта	11, 12, 21, 22, 31, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 44, 51, 53, 54, 55, 61, 81, 82, 83, 84, 85, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 62, 91, 92, 93, 94, 63
3. Днищевая скуловая секция	11, 12, 21, 22, 31, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 44, 51, 53, 54, 55, 61, 81, 82, 83, 84, 85, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 62, 91, 92, 93, 63
4. Средняя днищевая секция	11, 12, 21, 22, 31, 32, 33, 34, 51, 52, 53, 54, 55, 61, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 62, 91, 92, 93, 63
5. Бортовая плоскостная секция	13, 14, 23, 24, 31, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 44, 51, 52, 53, 54, 55, 61, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 81, 82, 83, 84, 85, 62, 91, 92, 93, 94, 63
6. Бортово-палубная (или объемная) секция	13, 14, 23, 24, 31, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 44, 51, 52, 53, 54, 55, 61, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 81, 82, 83, 84, 85, 62, 91, 92, 93, 63
7. Секция поперечной переборки	13, 14, 25, 26, 31, 32, 33, 34, 51, 52, 53, 54, 55, 61, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 62, 91, 92, 93, 63
8. Секция продольной переборки	13, 14, 25, 26, 31, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 44, 51, 52, 53, 54, 55, 61, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 81, 82, 83, 84, 85, 62, 91, 92, 93, 63
9. Секция палубы или платформы от борта до борта	15, 16, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 44, 51, 52, 53, 54, 55, 61, 81, 82, 83, 84, 85, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 62, 91, 92, 93, 63

Продолж. табл. 5.3

1	2
10. Секция палубы или платформы от ДП до борта	15, 16, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 44, 51, 52, 53, 54, 55, 61, 81, 82, 83, 84, 85, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 62, 91, 92, 93, 63
11. Средняя секция палубы или платформы	15, 16, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 44, 51, 52, 53, 54, 55, 61, 81, 82, 83, 84, 85, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 62, 91, 92, 93, 63
12. Секция поперечной части комингса	13, 14, 25, 26, 31, 32, 33, 34, 51, 52, 53, 54, 55, 61, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 62, 91, 92, 93, 63
13. Секция продольной части комингса	13, 14, 25, 26, 31, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 44, 51, 52, 53, 54, 55, 61, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 81, 82, 83, 84, 85, 62, 91, 92, 93, 63

5.6. Испытание корпуса судна на непроницаемость и герметичность

Обязательным технологическим процессом при строительстве любого судна является испытание его корпуса на непроницаемость и герметичность. Под **непроницаемостью** в судостроении понимают способность конструкций не пропускать воду и другие жидкости, под **герметичностью** – способность не пропускать газы и аэрозоли. Требования непроницаемости и герметичности предъявляются как к судовым отсекам и помещениям, так и к отдельным конструкциям и их соединениям. Трудоемкость работ по испытаниям сравнительно невелика (как правило, не превышает 8...10 % от

общей трудоемкости корпусных работ на построечном месте). Однако методы их выполнения оказывают существенное влияние на технологию и организацию строительства судна в целом.

Испытанию на непроницаемость подвергают все конструкции корпуса судна, которые в условиях эксплуатации могут соприкасаться с жидкостью и не должны ее пропускать. Испытания на непроницаемость и герметичность выполняют согласно специальным чертежам, на которых указывают перечень и расположение всех испытываемых цистерн, отсеков, помещений и отдельных конструкций, а также способы и нормы их испытаний.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации все отсеки и корпусные конструкции, к которым предъявляются требования непроницаемости, подразделяют на две группы:

1-я группа – отсеки и цистерны, в которых в процессе эксплуатации судна временно или постоянно находится жидкость, а также форпики, ахтерпики, кингстонные ящики и т.п. Отсеки этой группы на головных судах испытывают наливом воды под напором, а на серийных -наливом воды пад напором или наддувом воздуха;

2-я группа – все прочие отсеки и конструкции, которые по условиям эксплуатации должны быть непроницаемыми. Такие конструкции в зависимости от назначения могут испытывать наливом воды без напора, поливом струей воды под напором или рассеянной струей, смачиванием керосином с одной стороны и меловым раствором с другой, обдувом струей сжатого воздуха.

Испытания на непроницаемость подразделяют на предварительные, основные (конструктивные) и контрольные. Предварительные испытания проводятся, как правило, сма-

чиванием керосином и меловым раствором отдельных сварных соединений при изготовлении узлов и секций корпуса. Такие испытания способствуют сокращению работ при последующих основных испытаниях данной конструкции. Если методы предварительных и основных испытаний совпадают, то предварительные испытания могут рассматриваться как основные. Основные испытания выполняют после окончания всех сборочно-сварочных работ в данном отсеке, цистерне или по данной конструкции. Метод испытания определяется принадлежностью конструкций к той или иной группе. Контрольным испытаниям подвергают только отсеки и цистерны 1-й группы после окончания в них всех монтажных работ. Такие испытания проводятся наддувом сжатым воздухом.

Подготовка конструкций к испытаниям наливом воды под напором включает в себя установку временных заглушек на возможные отверстия, высверливание воздушных отверстий диаметром 8...10 мм в настилах верхних перекрытий для выпуска воздуха из отсека в процессе заполнения его водой и сливных отверстий диаметром до 20 мм в нижних перекрытиях отсека для слива воды после окончания испытаний (воздушные и сливные отверстия по завершению испытаний заваривают). Для проведения испытаний задраивают люки, горловины, устанавливают измерительную и предохранительную аппаратуру.

Для создания в отсеке гидростатического напора на палубе, платформе или втором дне (на конструкциях, ограничивающих отсек сверху) устанавливают напорную трубу диаметром не менее 25 мм или резиновый шланг того же диаметра и достаточной жесткости (рис. 5.55). Допускается создавать давление, соответствующее заданному гидростатическому напору, с помощью механического или ручного

насосов. В этом случае необходима установка манометров. С целью предотвращения образования воздушных подушек предусматривают отводные отверстия или трубки. Как правило, для проведения испытаний применяют техническую пресную воду без загрязнений. Продолжительность нахождения отсека под давлением определяется временем, необходимым для его осмотра, но не менее 1 ч.

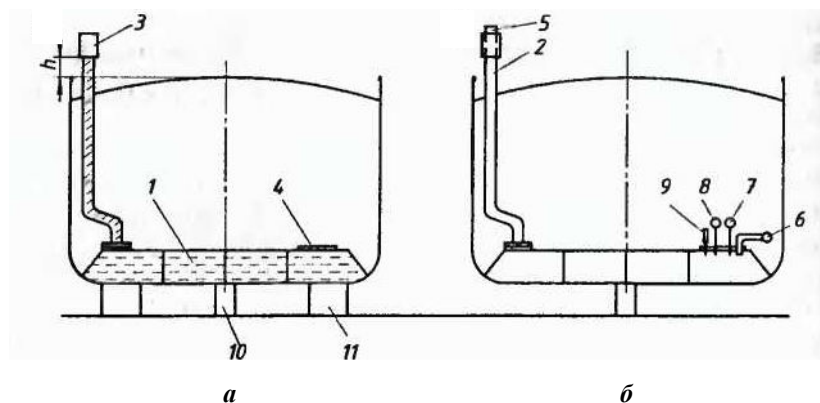


Рис. 5.55. Схемы испытаний цистерны 2-го дна на непроницаемость:

а – наливом воды под напором; *б* – наддувом воздуха под давлением;
 1 – цистерна; 2 – воздушная труба; 3 – воздушный гусак; 4 – горловина;
 5 – заглушка; 6 – магистраль сжатого воздуха; 7 – рабочий манометр;
 8 – контрольный манометр; 9 – предохранительный клапан

При отрицательной температуре окружающего воздуха испытания разрешается проводить только подогретой водой. Температура воды устанавливается с таким расчетом, чтобы в течение всего времени испытаний наружные поверхности испытываемых конструкций имели положительную температуру, не отпотевали, и чтобы проникающая через неплотности вода не замерзала.

При испытании наливом воды без напора отсек заполняют водой до определенного уровня. После окончания испытаний вода из конструкций удаляется при помощи откачивающих средств, штатных отверстий или заранее высверленных отверстий. Количество, размеры, расположение и последующее заваривание отверстий определяют по технической документации, согласованной с Классификационным обществом. Отверстия должны быть расположены в нижней точке конструкции на расстоянии не менее 100 мм от стенок близлежащих конструкций. После слива воды отверстия заваривают и испытывают на непроницаемость обдувом струей сжатого воздуха.

Конструкция считается непроницаемой, если на контролируемой поверхности не будут зарегистрированы течи в виде струй, потеков и капель, а также увлажнений.

Среди методов испытания конструкций 2-й группы наибольшее распространение имеют испытания смачиванием керосином. При испытании смачиванием керосином контролируемая сторона сварных швов покрывается меловым раствором. Смачивание керосином производят после высыхания мелового раствора с противоположной стороны испытываемого сварного шва. Ширина мелового покрытия чаще всего может быть 50 мм, при этом с каждой стороны сварного шва не менее 10 мм.

В основе этих испытаний лежит высокая проникающая способность керосина, особенно при прохождении через мельчайшие неплотности, где развивается большое капиллярное давление. Сущность метода состоит в нанесении керосина на поверхность испытываемого соединения и осмотре противоположной (контрольной) поверхности этого соединения через определенный промежуток времени.

Во время испытания на поверхности шва постоянно должен быть слой керосина. Для этого сварные швы по мере

стекания или высыхания керосина периодически смачивают снова. Время выдержки при испытании смачиванием керосином назначается в зависимости от толщины листа или катета шва. При испытаниях в условиях отрицательных температур меловой раствор наносят на прогретую до температуры 30 °С поверхность.

Меловой раствор готовят на незамерзающем растворителе (как правило, глицерине), не нарушающем белизны раствора, или на воде с просушиванием газовой горелкой.

Конструкция считается непроницаемой, если за время выдержки под действием керосина на контрольной поверхности сварных швов не появятся жировые пятна.

Испытания поливом воды струей под напором проводят с применением пожарного ствола или брандспойта, диаметр выходного отверстия насадки которого не менее 16 мм. Напор воды в шланге должен быть таким, чтобы высота струи, выбрасываемой вверх из ствола у места испытания, была не менее 10 м. Струю воды направляют перпендикулярно поверхности шва с расстояния от ствола до испытываемого участка не более 1,5 м. При испытании рассеянной струей ее подают на испытываемую конструкцию сверху.

Испытания поливом струей воды под напором проводят при положительной температуре окружающего воздуха. Если температура отрицательная, то используют воду, нагретую до температуры 40...70 °С, при этом испытываемые участки конструкций должны быть прогреты до температуры выше 0 °С.

Гидравлические испытания конструкций 1-й группы весьма просты и позволяют выявить возможные неплотности. Однако они имеют и ряд существенных недостатков:

- испытания проводятся до погрузки в соответствующие отсеки судна механизмов, оборудования, приборов и т.п., в результате чего задерживается начало монтажных работ;

- налив воды в большие отсеки приводит к значительным нагрузкам на корпус и требует установки временных подкреплений;

- испытания способствуют коррозии конструкций.

Отмеченных недостатков лишены испытания с использованием газообразных пробных сред и, в частности, сжатого воздуха. Применение таких сред предопределило необходимость создания методики назначения параметров испытаний, в первую очередь величины испытательного (избыточного) давления.

На практике в большинстве случаев испытательное давление сжатого воздуха принимают равным 0,03 МПа. Для измерения давления воздуха во время испытаний применяются манометры, чаще всего пружинные.

Распределение давления воздуха и воды по высоте испытываемых конструкций имеет различные закономерности. Давление воды на конструкции возрастает сверху вниз по закону треугольника, а воздух равномерно давит во все стороны. При этом верхние конструкции отсеков могут испытывать недопустимые по прочности нагрузки. Поэтому при назначении воздушных испытаний необходима расчетная проверка прочности испытываемых конструкций. При проведении самих испытаний, в целях исключения непредвиденного повышения давления воздуха сверх испытательного, требуется установка соответствующей предохранительной аппаратуры. Чаще всего это предохранительные клапаны различной конструкции.

Вторым параметром испытаний с применением сжатого воздуха в качестве газообразной пробной среды является допускаемая норма падения давления воздуха в испытываемой конструкции за время испытаний. Эта норма устанавливается с учетом назначения конструкций, а также условий

проведения испытаний и в большинстве случаев составляет не более 5 % от испытательного избыточного давления в течение одного часа.

При проведении таких испытаний на непроницаемость сварные швы и другие соединения смачивают мыльной эмульсией, которая состоит из мыла и воды в пропорции 1:25. Обмазывание швов производят так, чтобы стекающая пена или раствор не мешали осмотру расположенных ниже участков.

При отрицательной температуре наружного воздуха пенообразующий раствор готовят на незамерзающем и не загустевающем растворителе. К наиболее распространенным таким растворам относятся водные растворы хлористого натрия NaCl или хлористого кальция CaCl_2 с добавлением обычного хозяйственного мыла. В раствор также может добавляться глицерин или этиловый спирт. Созданы высокоэффективные полимерные пенообразующие составы, например, состав "Свалан", которые могут наноситься вручную или механизировано при положительных и отрицательных температурах наружного воздуха.

Осмотр швов выполняют дважды: непосредственно при обмазывании и после обмазывания всех швов испытываемой конструкции.

При испытании наддувом сжатым воздухом конструкции считают непроницаемыми, если на нанесенном на поверхность проверяемого соединения пенообразующем растворе не будет наблюдаться образование воздушных пузырей и падение давления воздуха за один час не превысит допустимое.

Испытания на непроницаемость обдувом струей сжатого воздуха проводят для местных проверок мест приварки деталей, участков исправления дефектов сварки, дверей, люков, комингсов и других конструкций, расположенных внутри корпуса и надстроек.

Струю воздуха, подаваемую из шланга под давлением не менее 400 кПа, направляют перпендикулярно к испытываемому соединению. Конец шланга снабжают ниппелем диаметром 10...20 мм. Расстояние от наконечника шланга до поверхности испытываемого соединения должно быть не более 50 мм. Одновременно и синхронно с обдувом струей сжатого воздуха испытываемого соединения производят смачивание противоположной (контрольной) поверхности этого соединения мыльной эмульсией или другим пенообразующим раствором.

При отрицательной температуре окружающего воздуха применяют незамерзающий и незагустевающий пенообразующий раствор, который не должен способствовать коррозии металла. Для удаления замерзшей влаги испытываемый участок перед обдувом воздухом просушивают нагревом газовой горелки до положительной температуры.

Конструкция считается непроницаемой при отсутствии воздушных пузырьков на контрольной поверхности.

Важным направлением совершенствования испытаний с применением газообразных пробных сред следует считать создание специальных приборов – *течеискателей* (рис. 5.56), работа которых основана на различных физических явлениях. Применение течеискателей способствует повышению эффективности испытаний и упрощению процесса обнаружения мест расположения неплотностей.

Весьма перспективны ультразвуковые течеискатели, основанные на использовании сжатого воздуха в качестве пробной среды. Здесь в первую очередь следует отметить ультразвуковые течеискатели. Действие этого прибора основано на улавливании его чувствительным микрофоном ультразвуковых колебаний, вызываемых струей воздуха, вытекающего из неплотности.



Рис. 5.56. Течеискатель

Испытания помещений и отсеков на герметичность проводятся после окончания в них всех работ, включая монтаж изоляции, установку всего оборудования и отделку. Эти испытания осуществляют наддувом сжатым воздухом. Величина испытательного давления воздуха для помещений принимается равной 2 кПа (0,02 кгс/см²). Допускаемая норма падения давления для помещений, граничащих с наружным воздухом, принимается равной 50 % от первоначального избыточного давления за время 15 мин и через 5 мин для остальных помещений.

Г Л А В А 6

СПУСК СУДОВ НА ВОДУ

6.1. Виды спуска судов и спусковых сооружений

Спуском судна на воду завершается стапельный период его строительства. Выбор способа спуска судна определяется типом построечного места, его расположением и спусковых сооружений, конструкцией корпуса и спусковым весом судна. Спуск судна тем сложнее, чем больше его размеры и спусковой вес. Обычно стремятся увеличить спусковой вес и степень его готовности, поскольку выполнять работы на судне, находящемся на плаву, всегда сложнее и дороже, чем на построечном месте. Вместе с тем, спусковой вес ограничен возможностями спускового сооружения. В практике судостроения были случаи, когда из-за ограниченных возможностей спусковых сооружений и длины стапеля на предприятии-строителе судно спускали частями, а затем их стыковали на плаву.

Существуют работы, которые обязательно необходимо выполнить до спуска судна на воду. К ним относятся: сварка корпуса судна; испытание сварных соединений; монтаж забортной арматуры; расточка линии валопровода; монтаж

дейдвуда, гребного вала, руля, винтов и подруливающего устройства; установка протекторов; окончательная окраска подводной части корпуса при отсутствии возможности постановки судна в док; монтаж элементов якорного, швартового и буксирного устройств и др.

Для проведения спуска необходимо обеспечить остойчивость недостроенного судна, имеющего малую осадку, и прочность его корпуса. Объемы подобных работ зависят от вида спуска и вида спускового сооружения, которое имеет предприятие-строитель.

В современной технологии строительства судов применяется несколько способов спуска. Условно их делят на две группы: управляемые и неуправляемые. К управляемым видам спуска судов относятся спуск всплытием и механизированный, к неуправляемым – спуск под действием собственной силы тяжести. Спуск судов всплытием может быть осуществлен в строительных, наливных и передаточных доках, в док-камерах, с помощью судоподъемника и крана. В большинстве спуск с применением перечисленных сооружений и средств осуществляется с горизонтальных стапелей. Преимуществами спуска судов всплытием являются безопасность спуска, отсутствие необходимости в изготовлении дорогостоящего специального спускового устройства и возможность приостановки процесса спуска. Для возможности всплытия судна в доке или док-камере оно должно подняться на высоту осадки судна в спусковом состоянии с запасом от 0,3 м до 0,5 м. Механизированные спуски судов осуществляются с помощью слипов. Неуправляемые спуски судов на воду производят с продольных и поперечных наклонных стапелей.

6.2. Управляемые спуски судов

При управляемом спуске можно активно управлять движением судна вплоть до его остановки. Управляемые спуски можно разделить на вертикальные, поперечные и продольные. **Вертикальный спуск** крупных судов осуществляют всплытием в сухих или наливных доках, в которых суда строятся. Средние и малые суда спускают всплытием в наливных док-камерах, с помощью передаточных плавучих доков и вертикальных судоподъемников. Малые суда также спускают плавучими или береговыми подъемными кранами. **Поперечный спуск** средних судов, завершающийся их всплытием, осуществляют на поперечных одноярусных или двухъярусных слипах, а **продольный** – на продольных слипах. Все спусковые сооружения для управляемого спуска обратимые: они позволяют не только спускать суда на воду, но и возвращать их на построечные места.

Сухой строительный док и спуск судна в нем показаны на рис. 6.1–6.3. Как отмечено в главе 5, он представляет собой железобетонную камеру с основанием ниже уровня акватории, закрытую от нее батопортом или поворачивающимся на горизонтальных осях затвором, который опускается или поднимается лебедками. Перед спуском док очищают от мусора; все предметы, обладающие плавучестью, в том числе кильблоки, клетки и упоры, крепят к док-палубе и загружают грузами; швартовные и буксирные тросы заводят на стенки дока и закрепляют без натяга. Док заполняют водой самотеком через клинкеты батопорта (затвора), судно всплывает за счет образования сил поддержания. Всплывающее судно удерживают от смещения к стенкам дока с помощью системы тросов и швартовно-тягового оборудования дока (лебедок, шпилей). В момент полного всплытия судна замечают

уровень воды в доке, после чего добавляют необходимое количество воды до уровня в акватории, отводят батопорт (открывают затвор) и приступают к буксировке его из дока. После вывода судна батопорт (затвор) вновь устанавливают на место и док осушается насосами собственной насосной станции.

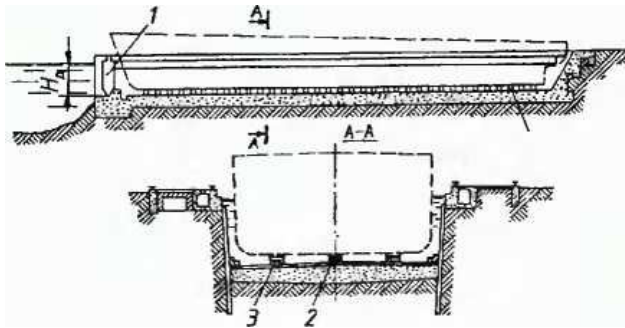


Рис. 6.1. Судно в сухом строительном доке:
1 – затвор; 2 – кильблок; 3 – клетка



Рис. 6.2. Верфь Jiangsu New Yangzi Shipbuilding Co., Ltd. (Китай)



Рис. 6.3. Спуск судна в строительном доке Dalian New Shipbuilding Navi Industry Co., Ltd. (Китай)

Спуск всплытием в док-камере имеет свои особенности и отличия от спуска в строительном доке. **Наливные док-**

камеры предназначены для продольного (рис. 6.4) и поперечного (рис. 6.5–6.7) спуска судна. Док-камера имеет две ступени: верхнюю площадку (выше уровня воды в акватории) – исходную спусковую позицию, куда судно накатывают судовозными тележками с построечного места, и нижнюю – шлюзовую часть камеры, в которую судно переводится по воде после заполнения док-камеры. Верхняя ступень отделена от территории герметичными воротами, а шлюзовая часть от акватории – воротами или батопортом.

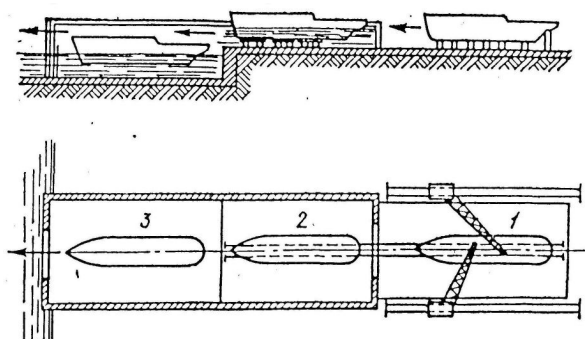


Рис. 6.4. Схема спуска судна в наливной продольной док-камере:
1 – построечное место; 2 – позиция всплытия; 3 – выводная позиция

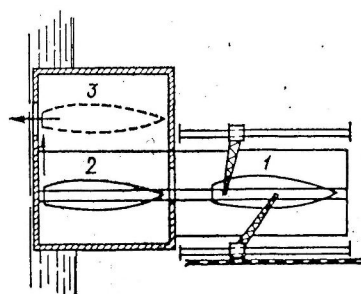


Рис. 6.5. Схема спуска судна в наливной поперечной док-камере:
1 – построечное место; 2 – позиция всплытия; 3 – выводная позиция

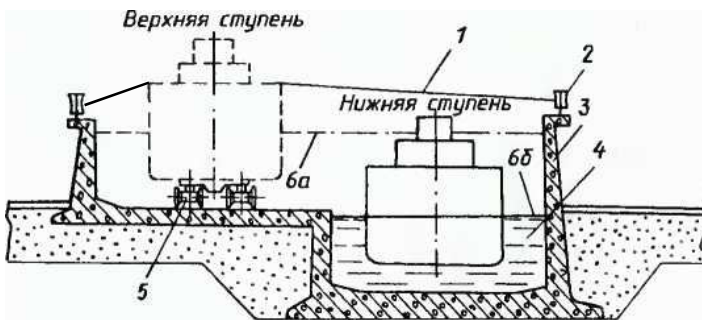


Рис. 6.6. Судно в наливной поперечной док-камере:
 1 – канат; 2 – шпиль; 3 – стенка док-камеры; 4 – шлюзовая часть;
 5 – судовозная тележка; 6 а – уровень воды после наполнения док-камеры; 6 б – уровень воды после перевода судна в шлюзовую часть для вывода из док-камеры



Рис.6.7. Наливная продольная док-камера на верфи Minaminippon Shipbuilding Co. Ltd. (Сингапур)

Судно, построенное на территории верфи, на судовозных тележках заводят на верхнюю площадку док-камеры через ворота головы камеры. Завезенное на исходную позицию судно пересаживают с тележек на стулья. Тележки выводят за ворота и ворота закрывают. Камеру насосами ее насосного отделения заполняют водой до всплытия судна. Всплывшее судно перемещают канатами в шлюзовую часть, осуша-

ют камеру самотеком до выравнивания уровней и давления воды внутри шлюзовой части и снаружи. После этого открывают ворота или отводят батопорт и буксирами выводят судно на акваторию.

Спуск судов всплытием с использованием **передаточных плавучих доков** (рис. 6.8) является безопасным и сравнительно недорогим. Плавучий док находится на акватории судостроительного предприятия. Когда док востребован для спуска судна, его подводят к стапелю и сажают на его выступы и береговые опоры.

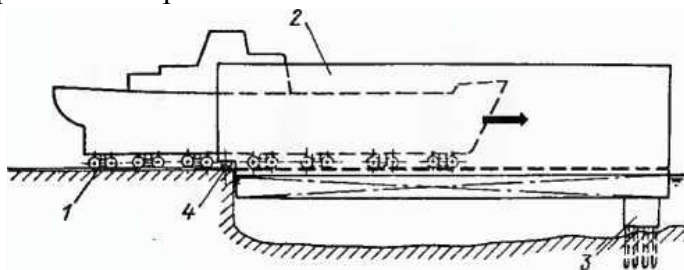


Рис. 6.8. Схема спуска судна с помощью передаточного плавучего дока:

1 – судовозная тележка; 2 – плавучий док; 3 – подводная опора дока;
4 – береговая опора дока

Рельсы дока стыкуют с рельсами стапеля. После посадки дока на опоры и фиксации в продольном направлении береговые судовозные пути и пути дока должны образовать единый непрерывный прямой путь. Судно на судовозных тележках накатывают на стапель-палубу дока. Схема заводки судна в передаточный плавучий док приведена на рис. 6.8.

В некоторых случаях судно пересаживают с тележек на кильблоки, установленные на док-палубе. Док с судном отводят на глубоководное место на акватории предприятия, где после заполнения цистерн док притапливается и судно

всплывает. На рис. 6.9 показан процесс погружения плавучего дока и всплытия судна.



Рис. 6.9. Спуск судна с помощью плавучего дока

Допускаемая на опоры дока нагрузка составляет 30–40 % его подъемной силы. Поэтому при спуске судов со спусковым весом, большим этой нагрузки, и особенно близким к величине подъемной силы дока, в ходе перемещения (наката) судна на док балласт, принятый для посадки дока на опоры, откачивают. Тогда опоры не будут перегружены.

Процесс наката судна и откачивание балласта рассчитывают, получая в итоге диаграмму наката. На практике осуществляют поочередную поотсечную откачку балласта "из под колес" при пошаговом накате судна. В этом случае судно накатывают с каждым шагом на расстояние, равное длине группы балластных отсеков, и оно простаивает на доке над каждой группой отсеков до откачки из них балласта. В каждом из положений судна рассчитывают реакции доковых опор (нагрузки на опоры). Реакции опор дока должны оставаться положительными вплоть до полного накатывания судна, что свидетельствует об отсутствии отрыва дока от опор до за-

вершения постановки судна в док (полного накатывания). Расчет завершают построением диаграммы наката, из которой видно, как изменяются нагрузки на опоры дока в процессе наката судна.

Помимо расчета реакций опор проверяют обеспеченность нормальной работы групповой системы питания маслом гидродомкратов судовозных тележек. Система работает нормально, если прогибы дока и судна в процессе его наката на док не превышают допустимого рабочего хода плунжеров гидродомкратов (100...120 мм), а напряжения в связях корпусов дока и судна не больше допускаемых.

При серийном строительстве малых и средних судов используют специальные механизированные сооружения – *продольные* или *поперечные* слипы, предназначенные для спуска судна на воду или его подъема из воды на тележках. Применение слипа при одновременном строительстве на построечных местах большого числа судов спуск каждого из них может производиться вне зависимости от степени готовности остальных судов. Спуск со слипа проходит более спокойно, он менее опасен и трудоемок. Недостатком продольного слипа является большая длина подводной части рельсовых путей, что затрудняет его устройство при ограниченных акваториях.

Механизированный спуск судов с использованием однорусных поперечных слипов осуществляется несколькими способами. Среди них спуск: на стапельных судовозных тележках, которые перед спуском разворачивают под судном на 90°; на слиповых судовозных тележках, на которые производится пересадка судна перед спуском со стапельных тележек; на многокатковых тележках, которые заводятся на предварительно подведенные под судно косяки или на многокатковых косяковых тележках.

На *одноярусных слипах* (рис. 6.10,*а*) суда с построечных мест на судовозных тележках перемещают в продольном направлении к спусковым путям слипа. Затем пересаживают на тележки для поперечного перемещения на спусковую позицию, где под судно подводят слиповые тележки, которые принимают его вес.

На *гребенчатом слипе* (рис. 6.10,*б*) наклонные спусковые пути имеют располагающиеся между горизонтальными судовозными путями начальные участки, по которым осуществляют перемещение судов в поперечном направлении. Для спуска применяют многокатковые косяковые тележки.

На *двухъярусных слипах* (рис. 6.10,*в*) используют трансбордеры, на которые суда с построечных мест заводят на выводных тележках продольного перемещения и спускают вместе с погружающимся в воду трансбордером без пересадки. Трансбордеры и спусковые рельсовые пути устроены так, что при переходе с горизонтального участка путей на наклонный и при движении по нему мост трансбордера, а следовательно, и судно, остаются горизонтальными (сечение А–А на рис. 6.10,*в*). Мористые колеса тележек трансбордера смещены относительно задних и движутся по крайним рельсам (поз. 8 на рис. 6.10,*в*).

Вертикальный судоподъемник, схема которого показана на рис. 6.11, представляет собой горизонтальные балки или состоящую из нескольких секций платформу, устанавливаемые в надводное положение на уровне береговой горизонтальной площадки. На платформу (балки) заводят судно на поперечных или продольных тележках по рельсовым путям. Затем платформу (балки) вместе с судном опускают в воду до его всплытия.

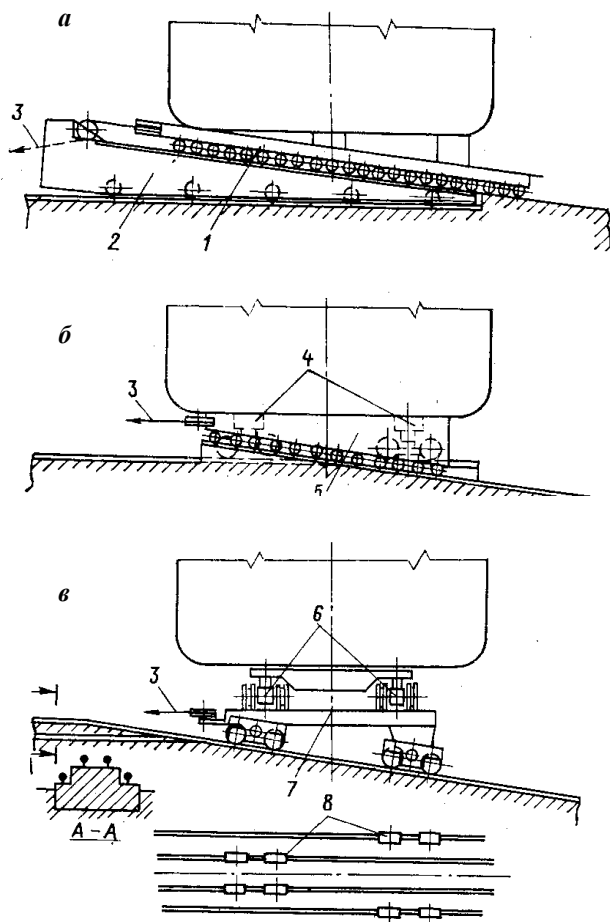


Рис 6.10. Спуск судов со слипов:

а – одноярусного с многокатковыми тележками;

б – гребенчатого с косяковыми многокатковыми тележками;

в – двухъярусного с трансбордером.

1 – многокатковая тележка; *2* – косяк; *3* – ходовой канат от лебедки;
4 – выводные тележки; *5* – косяковая многокатковая тележка; *6* – тележки
 продольного перемещения; *7* – трансбордер; *8* – колеса трансбордера

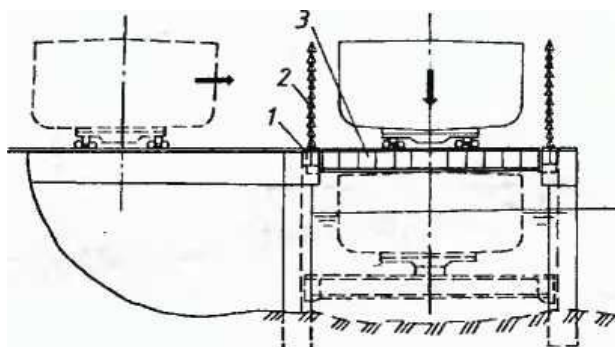


Рис. 6.11. Схема вертикального судоподъемника:
1 – подъемно-спусковой механизм; 2 – подъемная тяга;
3 – балка (платформа)

Подъемно-спусковое средство, осуществляющее механизированный подъем и опускание платформы (балок), может быть гидравлическим с длинноходовыми или короткоходовыми домкратами, механическим с электрическими лебедками или же на понтонах, которые притапливаются. Масса судна распределена по длине платформы неравномерно. Тросы, обеспечивающие движение платформы вверх-вниз вытягиваются также по-разному. Поэтому для плавного, без рывков, хода платформы используют особые лебедки, синхронно выравнивающие натяжение тросов независимо от их локального нагружения. Подъемники с такими устройствами получили название "Синхролифты". На рис. 6.12 показан спуск судна с помощью вертикального судоподъемника.

Механизированный спуск судов **кранами** (береговых или плавучих) при малых спускаемых массах является операцией перемещения груза краном с построечного места на воду. Спускоской вес судов, спускаемых плавучими кранами, обычно не превышает 200...300 т. При спуске краном необходимы точный расчет стропов, определение мест подведения их под

корпус судна и проверка прочности корпуса. При спуске двумя кранами необходимо правильно распределить нагрузку между кранами и обеспечить синхронность их работы. На рис.6.13 показан спуск судна автокраном, а на рис 6.14 – плавающим краном.



Рис. 6.12. Спуск судна с помощью вертикального судоподъемника на судостроительной верфи во Вьетнаме



Рис. 6.13. Спуск судна на подводных крыльях автокраном на волжской судовой верфи (Россия)



Рис. 6.14. Спуск подводной лодки плавучим краном на верфи в Китае

6.3. Неуправляемые спуски судов

Неуправляемый спуск осуществляют по наклонным продольным или поперечным спусковым дорожкам под действием силы тяжести судна после освобождения его от удерживающих устройств. В соответствии с этим спуски судов могут быть продольными или поперечными.

При **продольном спуске** судно движется по спусковым дорожкам, как правило, кормой вперед.

Продольный спуск можно разделить на четыре периода (рис. 6.15): первый – от момента страгивания судна до касания спусковыми полозьями горизонта воды; второй – от касания воды до начала всплытия; третий – от начала до полного всплытия после соскакивания с порога; четвертый – пробег по воде после всплытия.

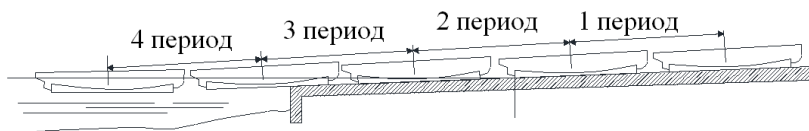


Рис. 6.15. Периоды спуска судна на воду

В первом и втором периодах судно скользит по спусковым дорожкам. Для самостоятельного страгивания и движения судна коэффициент статического трения скольжения f_c между полозьями и спусковыми дорожками должен быть меньше уклона дорожек или равен ему $-f_c \leq \tan \beta$ (рис. 6.16–6.17). Для уменьшения коэффициента трения перед спуском на дорожки наносят антифрикционное покрытие – насалку или в составе спускового устройства используют катучие средства. Если судно все же не страгивается после отдачи всех задержников, то применяют гидравлические толкачи.

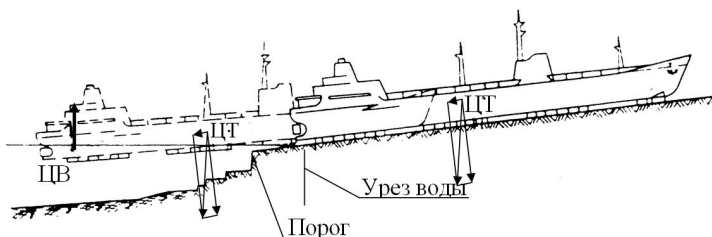


Рис. 6.16. Движение судна во втором периоде

В третьем периоде судно должно всплывать, поворачиваясь вокруг поперечной оси носовой опоры. Всплытие наступает тогда, когда момент силы плавучести γV погруженных в воду объема корпуса и спускового устройства M_V относительно поперечной оси носовой опоры становится равным моменту спускового веса судна и веса спускового устройства D_c относительно той же оси M_D (рис. 6.17).

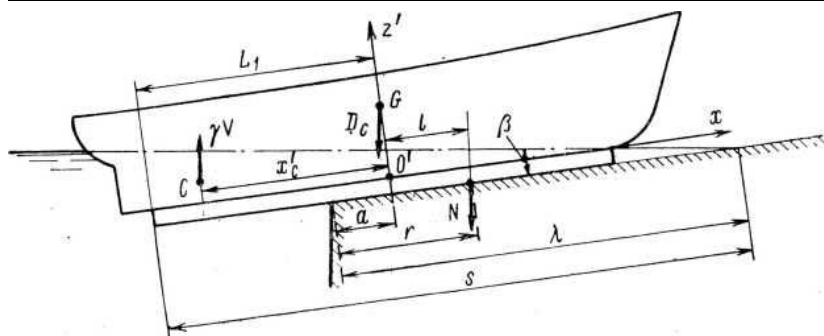


Рис. 6.17. Силы, действующие во втором и третьем периодах спуска судна

Если момент спускового веса судна и веса спускового устройства M'_D относительно ребра порога стапеля окажется больше момента силы плавучести погруженного объема корпуса и спускового устройства M'_V относительно ребра порога, то судно начнет опрокидываться на пороге и спусковые полозья в носовой части судна оторвутся от спусковых дорожек (рис. 6.18,б).

Под действием значительных масс двух частей судна, разделенных порогом, в палубе возникнут опасные растягивающие напряжения, что может привести к разрыву палубных связей. Сосредоточенное давление на порог может также привести к смятию днища корпуса и разрушению порога, а при всплытии погружающейся кормовой оконечности и обратном наклонении судна произойдет удар полозьями о спусковые дорожки. При этом возможны повреждения корпуса и выдавливание насадки (рис. 6.18,б).

Чтобы не допустить опрокидывания судна в третьем периоде спуска, недостаток силы плавучести кормовой оконечности компенсируют установкой и креплением к ней понтона или крыла. Благодаря этому, возникает дополнитель-

ная сила плавучести или соответствующая подъемная сила крыла, исключаяющие опрокидывание.

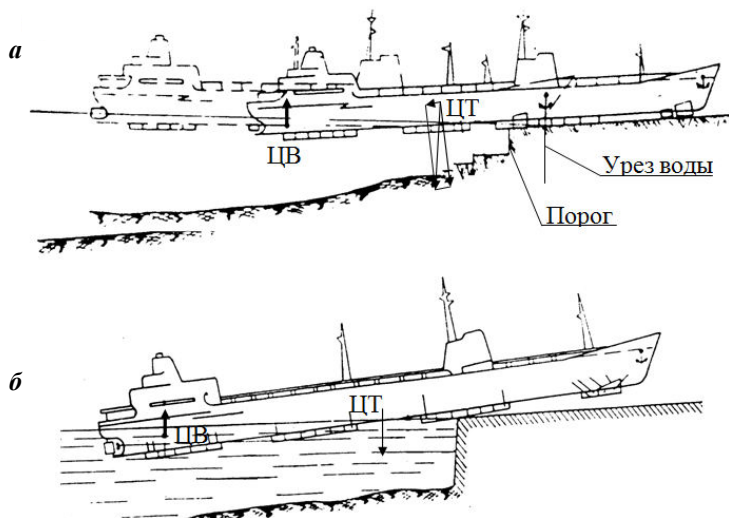


Рис.6.18. Движение судна в третьем периоде спуска:
 а – нормальный спуск; б – спуск с опрокидыванием

В момент начала всплытия и поворота судна в районе оси носовой опоры возникает баксовое давление N_6 , равное разности суммы спускового веса судна и спускового устройства и образовавшейся силы плавучести судна. Это давление может оказаться значительным и вызвать местное смятие корпуса, а также выдавливание насалки со спусковых дорожек. В результате резко возрастет коэффициент динамического трения f_0 между полозьями и дорожками, скорость судна начнет резко снижаться и оно может остановиться до схода в воду. Чтобы не допустить этого, баксовое давление разносят по каждому борту на возможно большую площадь спусковых дорожек специальным устройством – поворотным

копылом, в состав которого входит баксовый полоз, распределяющий нагрузку на спусковую дорожку и насалку.

В четвертом периоде набравшее скорость и соскочившее с порога судно движется по акватории. При недостаточной глубине воды в районе порога судно может удариться носовой оконечностью о дно акватории, а в случае, если оно спускается в ограниченную акваторию, – винтами или кормой о берег. Чтобы не допустить удара оконечности судна, дно в районе порога углубляют. Если углубление предельно, то в носовой оконечности судна устанавливают понтон, создающий дополнительную силу плавучести, что уменьшает погружение оконечности в момент соскакивания. Скорость судна в четвертом периоде гасят специальными тормозными устройствами, сокращая пробег после спуска, чтобы не допустить удара винтами или кормой о берег.

В отечественном судостроении чаще всего применяют минеральные насалки: парафино-вазелиновую и реже парафино-петролатумную, а также комбинированную насалку – мыльную. Насалка состоит из основного слоя (толщиной 4...10 мм), переходного слоя (2...5 мм) и смазки (2...3 мм), наносимых последовательно на надводную и подводную части спусковых дорожек. На полозья наносят противослой (1...2 мм; и смазку (1...1,5 мм). Основной слой упрочняет насалку. Переходный слой в холодное время года предохраняет основной слой от растрескивания и за счет своей деформации способствует равномерному распределению спусковой нагрузки. Смазка уменьшает трение. Применяют и упрощенную схему слоев насалки. На полозья наносят подслой сцепления (0,5...1,0 мм) и основной слой – слой давления (1,5 мм), а на надводную часть дорожек – только смазку – слой скольжения (3,0 мм). В этом случае на подводную часть спусковых дорожек насалку не наносят.

Существует схема, при которой полозья подшивают листами из алюминиево-магниевого сплава, а на дорожки наносят основной и переходный слои и смазку.

Процентное содержание входящих в состав насалки компонентов зависит от времени года, а толщина слоев – от удельного давления веса судна. Например, в летний период в основном слое количество парафина, придающего насалке твердость, увеличивают до 65 %, а вазелин составляет 35 %. Для зимней насалки количество парафина составляет 40 %, а для весенне-осенней – 50 %. Каждый слой насалки, за исключением смазки, варят в отдельном котле. Смесь нагревают до 90...150 °С, а затем ею покрывают дорожки, предварительно хорошо высушенные от влаги. Разработана насалка в виде парафиновой композиции улучшенных прочностных и пластичности (рис. 6.19).

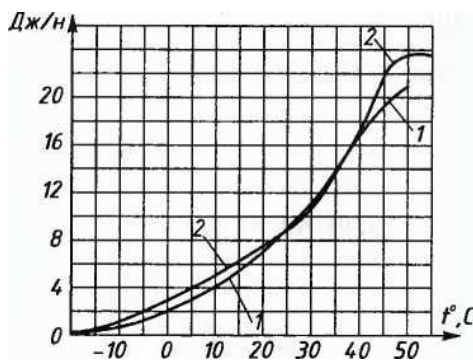


Рис. 6.19. Зависимость между температурой и теплосодержанием насалок

Состав 1 – 40 % парафина, 60 % вазелина;
состав 2 – 65 % парафина, 35 % вазелина

Среднее удельное давление на насалку $p_{cp} = D/b \cdot l$, где b – суммарная ширина полозьев; l – суммарная длина полозьев, D – спусковой вес судна.

Из опыта установлено, что для минеральных и комбинированных насалок начальное среднее удельное давление, обеспечивающее нормальные условия спуска, не должно превышать $0,3 \dots 0,5$ МПа ($3 \dots 5$ кгс/см²), на пороге максимальное давление не должно превышать $1,0$ МПа (10 кгс/см²), а баксовое давление – $1,5$ МПа (15 кгс/см²).

Любая насалка с момента нанесения ее на дорожки и в процессе спуска судна не должна расплавляться, подгорать и спекаться под воздействием тепла, выделяющегося при трении полозьев о насалку. Минимальная толщина h основного слоя давления насалки должна определяться из условия, что теплота, необходимая для ее расплавления, равна эквивалентному количеству работы сил трения. Объем V слоя давления насалки, соответствующий квадратному метру площади скольжения, $V = 1 \cdot h$, м³. Вес насалки такого объема $\gamma_n \cdot V = \gamma_n \cdot h$, Н/м². Количество теплоты, расходуемое на нагревание и расплавление насалки $Q = \Delta H \cdot \gamma_n \cdot h$, Н/м³.

Для сокращения трудоемкости и облегчения работ насалку иногда наносят на фанерные щиты толщиной 10 мм, которые перед спуском укладывают и закрепляют на спусковых дорожках. Щиты можно использовать без их демонтажа для нескольких спусков в течение года.

Применяют также отечественный антифрикционный пластмассовый материал в виде щитов толщиной 25 мм (рис. 6.20), имеющий коэффициент трения скольжения $f_c = 0,035$ и стабильные антифрикционные свойства при температуре окружающего воздуха от -30 °С до $+40$ °С и атмосферных осадках.

Щиты крепят к дорожкам планками на шурупах, а спусковые полозья подшивают алюминиевыми листами. Для стабилизации коэффициента статического трения на материал наносят тонкий слой смазки. Разработана насалка в виде парафиновой композиции улучшенных прочности и пластичности.

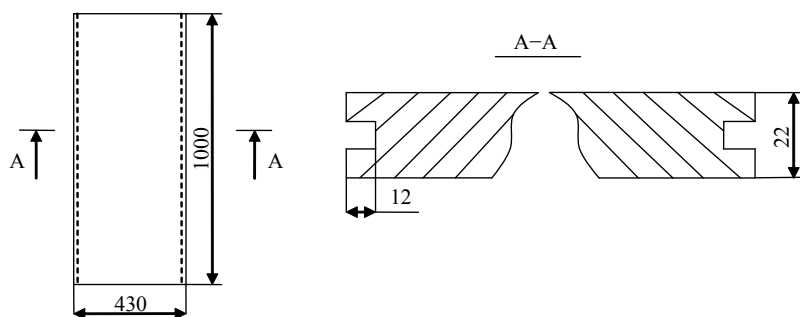


Рис. 6.20. Щит из антифрикционного
пластмассового материала МДСК

Для продольного спуска судов вместо насалки иногда применяют шары (рис. 6.21) или ролики.

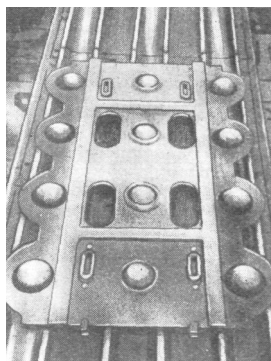


Рис. 6.21. Рама с шарами, установленная
на спусковых дорожках

Чтобы спустить судно на воду по дорожкам и передать на них его вес, необходимо между корпусом судна и дорожками установить специальное спусковое устройство. Элементы, из которого оно состоит, показаны на рис. 6.22. Вес спускового устройства составляет от 2 до 10 % спускового веса

судна, а длина спускового устройства – от 40 до 100 % длины судна. Спусковое устройство может состоять из специально разработанных или из унифицированных элементов. Полозья, скользящие по дорожкам, могут быть установлены без промежутков (сплошные устройства) или с промежутками (секционные устройства) в зависимости от величины удельного давления на насалку.

Спусковые дорожки, по которым скользят полозья, состоят из надводной и подводной частей, представляющих наклонную плоскость с постоянным уклоном. Иногда поверхность дорожек выполняется по дуге окружности большого радиуса (5...25 тыс. м), что создает большее заглубление порога. В результате происходит погружение большего объема корпуса до того, как центр тяжести судна пересечет порог, и тем самым позволяет избежать опрокидывания судна на пороге без установки понтона или крыла в его оконечности. Спуск судов чаще всего осуществляют по двум дорожкам (рис. 6.23).

Обычные спусковые полозья состоят из трех по высоте сплошных рядов сосновых брусьев размером 200×200 или 300×300 мм, скрепленных между собой стяжными болтами и подшитых твердой досчатой древесиной. Длина секций полозьев от 6,5 до 10 м, ширина от 500 до 2400 мм. Часто полозья изготавливают сварными из стальных листов, что обеспечивает им плавучесть и возможность притопления при демонтаже. Стальные полозья подшивают деревом или листами из алюминивно-магниевого сплава (рис. 6.24). При малых промежутках полозья соединяют между собой разъемными планками или тросами. При больших поперечных расстояниях полозья не соединяют, а крепят лишь к корпусу найтовыми с встроенными талрепами для создания натяга. Найтовы предотвращают смещение полозьев и копыльев, удерживают их после спуска от затопления. Найтовы изготавливают из отдельных полос и приваривают к корпусу и к спусковому устройству.

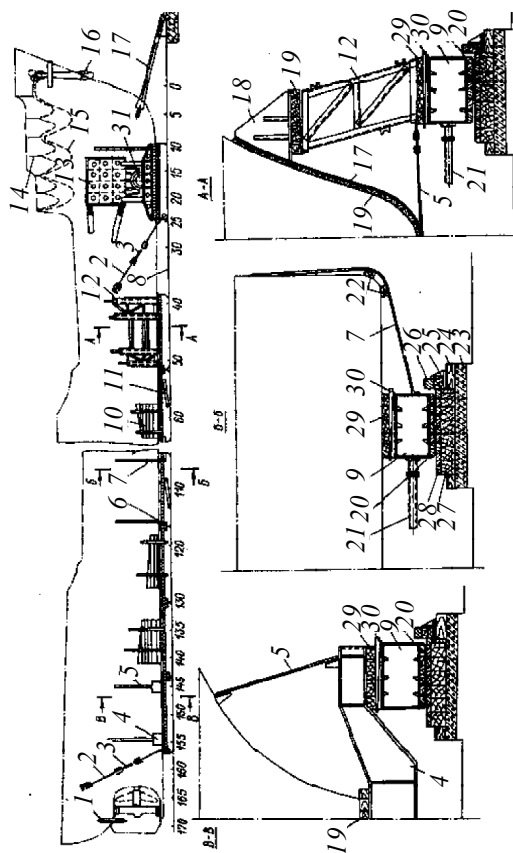


Рис. 6.22. Состав спускового устройства для продольного спуска судов:

- 1 – временное крепление руля; 2 – наитовы; 3 – талреп; 4 – подкильная балка; 5 – стяжки из полос;
 6 – шарнирное соединение полозьев; 7 – стальное полотно; 8 – плоскость скольжения полозьев;
 9 – полоз сварной коробчатый; 10 – деревянный наборный копыль; 11 – спусковые стрелы; 12 – металлический копыль; 13 – баксовый шарнирный копыль; 14 – разрывные стопоры; 15 – якорная цепь;
 16 – якорь; 17 – металлический перерезаемый задержник; 18 – башмак копыла; 19 – подушка; 20 – подшипка
 полоза; 21 – трубчатый распорный брус; 22 – прокладка; 23 – бетонная подушка; 24 – подкладной брус;
 25 – кница; 26 – рыбина; 27 – спусковая дорожка; 28 – подшипка; 29 – подбрюшник; 30 – клинья;
 31 – ось шарнирного копыла.



Рис. 6.23. Спуск танкера с наклонного продольного стапеля на Черноморском судостроительном заводе (г. Николаев)



Рис. 6.24. Стальные спусковые полозья, подшитые листами из алюминиево-магниевого сплава (в перевернутом положении)

Для восприятия и передачи веса судна на полозья под корпусом устанавливают подбрюшники из одного ряда продольных сосновых брусьев размером 200×200 или 250×250 мм, стянутых поперечными стяжными болтами. Подбрюшники подклинивают к корпусу деревянными клиньями. При больших просветах между корпусом и подбрюшниками на них устанавливают копылья – скрепленные металлическими скобами пакеты деревянных брусьев, передающие вес судна на подбрюшники. Если корпус судна строят на гидравлических

кильблоках и клетках, то клинья не применяют. Вес судна в этом случае передают на копылья и полозья, опуская плунжеры домкратов кильблоков и клеток. В районах килеватых и острых обводов корпуса судна в плоскостях поперечных связей устанавливают и подгоняют по обводам подушки из отдельных сосновых брусьев. В оконечностях на подбрюшники устанавливают стальные копылья – жесткую сварную объемную раму, упирающуюся в приваренный к корпусу башмак. Копылья двух бортов стягивают полотенцем из стальной полосы или стальным канатом, что препятствует их раздвижке.

Во избежание сдвига и схождения полозьев в процессе спуска между ними устанавливают сосновые распорные брусья круглого или квадратного сечения (иногда стальные трубы). Расхождению полозьев препятствуют струны (стяжки) из стальных полос. Иногда устанавливают только трубчатую распорную балку, жестко закрепляя ее на фланцах со спусковыми полозьями. В этом случае она служит и стяжкой.

Применяют баксовые носовые копылья, поворачивающиеся на полушарнирном устройстве, на сминающихся прокладках, по закругленной опорной поверхности брусьев, скрепленных с баксовыми полозьями, или поворачивающиеся на их закругленных концах. Прокладки из мягких пород дерева (сосна, осина, ель, пихта), сминаясь, препятствуют возникновению местных сосредоточенных давлений, исключая тем самым возможность возрастания удельных нагрузок на корпус и дорожки.

Удержание судна после пересадки с опорного на спусковое устройство до момента страгивания производится задерживающими устройствами, в частности, различными рычажными курками. Один конец курка, вращающегося вокруг горизонтальной оси, упирается в курковый полоз, находясь

в его коробке (нише) в нижней прилегающей к дорожкам части полоза. Другой конец удерживается каким-либо промежуточным легкоотдающимся за счет пневматики или гидравлики элементом – рычагом, тросом и т.п. Курки дублируют спусковыми стрелами – деревянными брусками, упираемыми в полз и в гнездо и стапеле. Эти стрелы выбивают непосредственно перед спуском. Дублирующий задерживающий элемент – носовой задержник – стальная полоса, приваренная одним концом к форштевню, а другим надежно закрепленная в стальной колонне, забетонированной в стапель. Задержник перед спуском разрезают последним, перерезая его вручную газовым резаком.

Для гашения скорости судна после соскакивания с порога применяют торможение якорями, канатными задержниками, цепными драгами или щитами. Якоря сбрасывают с судна либо предварительно укладывают на грунт акватории. Якорные цепи укладывают в цепной ящик и закрепляют с помощью штатного крепления или подвешивают вдоль бортов на стальных или органических канатах – стопорах, легко разрывающихся по мере вытягивания судном подвешенных участков цепей.

Канатные задержники представляют собой некоторое количество пеньковых канатов, стальных тросов или цепей, подвешенных участками по бортам судна на коротких канатах-стопорах и уложенных петлями на берегу или на дне водоема. Один конец задержника крепят к судну, другой – к берегу или к мертвому якорю на дне акватории. По мере движения судна петли разматываются, участки задержников натягиваются, стопоры разрываются и гасится скорость судна. Цепные драги укладывают на стапеле в форме подковы, вогнутой частью обращенной в сторону движения судна. Драги тросами (перлинями) связывают с судном. По мере его движения драги, плавно вступая в действие, переворачиваются и тормозят движение судна силой трения о стапель.

Щиты парами устанавливают чаще всего в кормовой части корпуса, что увеличивает лобовое сопротивление воды движению судна (спуск идет кормой вперед).

Подготовку стапеля, изготовление спускового устройства и его монтаж начинают за один-два месяца до спуска судна. Сначала подбирают все элементы спускового устройства, заготавливают деревянные брусья, металлические части и подгоняют их по месту. Если судно до сдачи не ставится в док, то подводную часть корпуса окрашивают по полной схеме до спуска. За несколько дней до спуска собирают спусковое устройство. Для этого очищают спусковые дорожки от грязи и использованной старой насалки, осматривают все элементы дорожек и устраняют выявленные в них дефекты. Затем в котлах варят насалку и наносят ее поливом и пеньковыми кистями на тщательно просушенные дорожки или устанавливают и закрепляют щитовую насалку. На дорожки через каждые 3...5 м устанавливают стальные полосы – слизни, толщиной 16...20 мм, на которые затягивают полозья, чтобы преждевременно не воздействовать на насалку. Для этого же поверх слизней по краям дорожек укладывают два продольных ряда досок толщиной 20..25 мм, покрытых слоем скольжения.

Стапельными кранами или лебедками через канифас-блоки на дорожки затягивают полозья с установленными на них клиньями и подбрюшниками, устанавливают распорные брусья и стяжные струны, а также найтовы. По мере затягивания полозьев доски убирают и полозья остаются на слизнях, препятствующих прогибу полозьев до спуска судна и давлению веса спускового устройства на насалку. На подбрюшниках набирают подушки и устанавливают копылья в оконечностях. Монтируют задерживающие и тормозные устройства. За несколько часов до спуска через специальные отверстия в полозьях на дорожки наносят дополнительный

слоей смазки. Лебедкой или стапельным краном через канифас-блок вытаскивают слизни. Затем приступают к пересадке судна с опорного на спусковое устройство. Для этого переносными деревянными или стальными ударными брусками на катках – романами, установленными в направляющих желобах, вручную ударами по клиньям, расположенным между подбрюшниками и полозьями, подклинивают подбрюшники к корпусу судна.

После подклинки подбрюшники скрепляют с полозьями строительными скобами. В случаях применения кильблоков и клеток со встроенными в них гидравлическими домкратами передачу веса судна на спусковое устройство осуществляют стравливая масло из гидродомкратов. Затем производят обтяжку талрепами струн и найтовов.

После приемки спускового устройства спусковой комиссией приступают к операциям спуска. Их выполняет специальная бригада рабочих под руководством командующего спуском. Сначала разбирают и удаляют строительные кильблоки, подставы, клетки и упоры, а также строительные стрелы. По командам, подаваемым с пульта управления, выбивают и убирают спусковые стрелы, отдают курки и задержники, после чего судно страгивается с места и движется по дорожкам. После спуска визуально проверяют непроницаемость отсеков и доннозабортной арматуры, а также демонтируют спусковое устройство, поднимая его элементы из воды на сушу для осмотра и использования при спуске следующего судна.

Описанный выше традиционный процесс подготовки судна к спуску на воду с наклонных продольных стапелей является очень сложным, продолжительным, трудоемким и требует привлечения значительных трудовых ресурсов.

Одним из **инновационных** способов спуска судов с наклонных продольных стапелей является **спуск на пневмати-**

ческих баллонах, представляющий собой движение судна в воду на специальных вращающихся баллонах (рис. 6.25).



Рис. 6.25. Спуск судов на пневматических баллонах с наклонных продольных стапелей (Китай)

Применение этого способа позволяет сэкономить время и средства на изготовление и монтаж спусковых устройств, упростить подготовительные работы, связанные с технологическим процессом спуска, ликвидировать загрязнение акватории судостроительного предприятия. Для проведения спуска таким способом достаточно создать плоскую наклонную поверхность стапеля из металла, дерева, бетона, мелкого щебня или крупного песка.

На существующих наклонных продольных стапелях судостроительных предприятий между спусковыми дорожками находится углубление и спускать суда по ним на баллонах невозможно. Для использования этих стапелей при спуске судов на пневматических баллонах в углублении между спусковыми дорожками устанавливают съемные проставки, создающие плоскую поверхность на уровне дорожек. Проставки могут быть изготовлены в виде железобетонных плит или металлических конструкций, аналогичных конструкциям корпуса судна. При этом несущая способность стапеля должна

быть в два раза больше рабочего давления в пневматических баллонах.

Пневматические баллоны состоят из основного тела цилиндрической формы и полусферических головок на обоих концах (рис 6.26–6.29). Основное тело состоит из внешнего слоя резины и слоя синтетического армирующего корда.

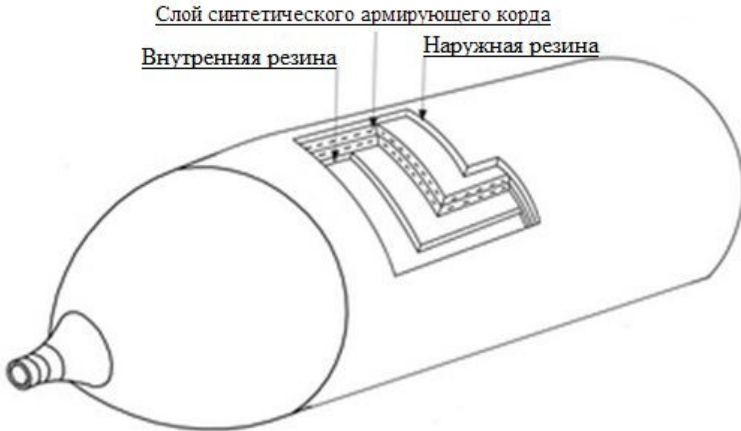


Рис. 6.26. Конструкция пневматического баллона

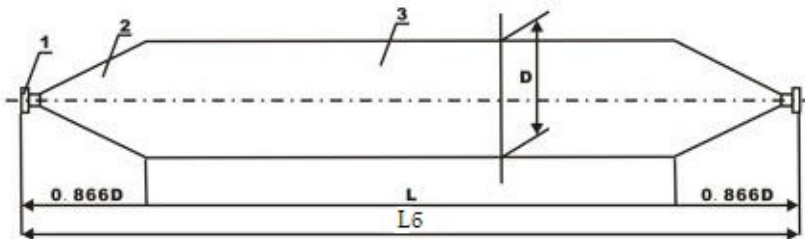


Рис. 6.27. Конструкция пневматического баллона:

1 – устье; 2 – головка; 3 – тело

Наружный слой резины, покрывающий внешнее тело спусковых баллонов, защищает слой синтетического армирующего корда от царапин и других внешних сил. Такая кон-

струкция обеспечивает гибкость и прочность на разрыв при любых погодных условиях и жёстких условиях эксплуатации.



Рис. 6.28. Пневматические баллоны в надутом состоянии

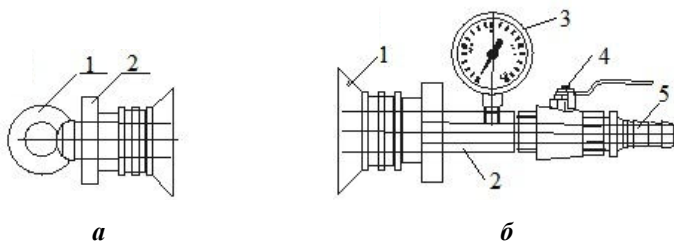


Рис. 6.29. Концевое соединение:

- а** – тяговое звено герметизирующего конца: 1 – тяговое звено;
2 – газонепроницаемый вертлюг;
б – концевая арматура для закачки воздуха: 1 – концевой стальной элемент; 2 – трёхходовая труба; 3 – манометр; 4 – клапан;
5 – штуцер для соединительного шланга

Слой синтетического армирующего корда, сделанный из синтетических кордных нитей, широко используемых в шинах, расположен под определенными углами, чтобы удерживать внутреннее давление, распределить равномерно внутренние напряжения и таким образом обеспечить необходимую прочность баллона.

Концевые соединения включают газонепроницаемый вертлюг и защитный клапан поступающего в пневматический баллон воздуха (рис. 6.27 и 6.28).

Пневматические баллоны выпускают с максимальной длиной $L_6 = 7 \dots 21$ м, рабочей длиной $L = 6 \dots 18$ м, диаметром $D = 0,8 \dots 2,0$ м (рис. 6.27). Баллоны рассчитаны на рабочее давление $0,1 \dots 0,24$ МПа. Допускаемая нагрузка на единицу эффективной длины в зависимости от его диаметра и рабочего давления составляет $125,75 \dots 251,55$ кН/м. Выбираемый диаметр пневматических баллонов зависит от высоты кильблоков под спускаемым судном.

Число пневматических баллонов для спуска судна определяют по формуле

$$N = K_1 \frac{Q \cdot g}{C_b \cdot R \cdot L_d} + N_1,$$

где K_1 – коэффициент запаса, $K_1 = 1,2 \dots 1,3$; Q – спусковая масса судна, кН; g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²; C_b – коэффициент общей полноты спускаемого судна; R – допустимая нагрузка на единицу длины баллона, $R = 113,21$ кН/м; L_d – длина соприкосновения между днищем судна и баллоном на миделе, м; N_1 – число пневматических баллонов между порогом стапеля и кормовым перпендикуляром, $N_1 = 1$.

При ширине судна меньшей или равной рабочей длине пневматических баллонов под ним устанавливают один ряд баллонов (рис 6.30,*а*), при ширине судна большей рабочей длины баллона – два ряда (рис 6.30,*б*). Расстояние между рядами баллонов должно быть не меньше 0,5 м.

До подготовки к спуску судна пневматические баллоны находятся в сложенном состоянии на складе судостроительного предприятия (рис. 6. 31). Баллоны подают на стапель, раскладывают под судном так, чтобы их ось была перпендикулярна диаметральной плоскости судна (рис. 6.32).

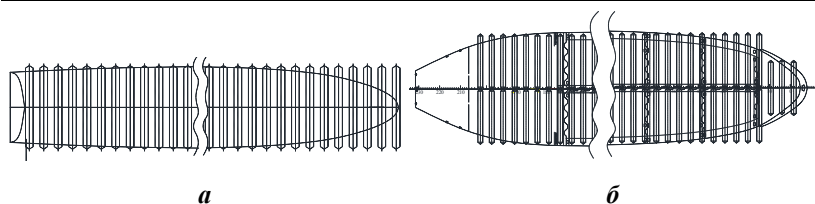


Рис. 6.30. Схема установки пневматических баллонов под судном:

а – в один ряд; *б* – в два ряда



Рис. 6.31. Баллоны в сложенном состоянии на складе



Рис. 6.32. Установка баллонов под судном

Разложенные под судном баллоны, накачивают сжатым воздухом от заводской магистрали (рис. 6.33–6.34), приподнимают судно на небольшую высоту над опорными устройствами и вытаскивают их из под судна. После отдачи всех держащих устройств судно перекачивается на баллонах и сходит на воду.

После спуска судна плавающие баллоны доставляют на берег, спускают воздух, складывают и отправляют на склад. Пневматические баллоны могут использоваться при спуске около 50 судов.

Спуск судов на пневматических баллонах может проводиться как под действием собственной силы тяжести

(неуправляемый спуск), так и с помощью лебёдки и тросов, которые обеспечивают невысокую скорость движения судна по стапелю (контролируемый спуск).

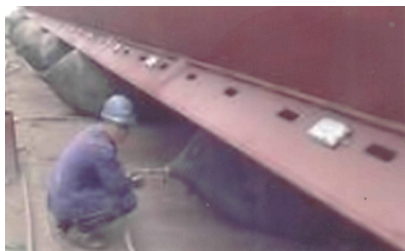


Рис. 6.33. Накачка баллонов сжатым воздухом



Рис. 6.34. Судно на баллонах готово к спуску на воду

К преимуществам этого способа спуска судов также относится то, что благодаря гибкости пневматических баллонов, при всплытии кормы их рабочая высота уменьшается за счет создаваемого на них давления и судно плавно входит в воду, что способствует значительному снижению баксового давления. Эта особенность баллонов имитирует использование поворотного копыла в носовой части судна и дает ему возможность не только поворачиваться, но и свободно всплывать носовой оконечности при погружении в воду.

Поперечный спуск выполняют по поперечным наклонным спусковым дорожкам. Поперечный спуск может быть нормальным, прыжком или броском (рис. 6.35). Нормальный спуск происходит, если судно, достигнув определенной осадки, всплывает над дорожками до их порога (рис. 6.35,*a*). Спуск прыжком в воду происходит при относительно коротких дорожках и невысоком их пороге, расположенном над горизонтом воды или несколько заглубленном под воду (рис. 6.35,*b*). Спуск броском происходит при относительно высоком пороге (рис. 6.35,*c*).

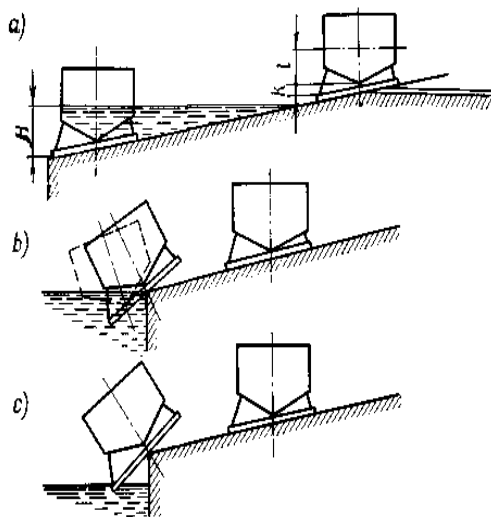


Рис. 6.35. Поперечный спуск судна на воду:
a – нормальный; *b* – прыжком; *c* – броском

Поперечный спуск броском можно разделить на четыре периода, показанных на рис. 6.36. В I периоде судно скользит по дорожкам. Во II периоде судно, поворачиваясь вокруг порога, начинает соскальзывать с него, не касаясь корпусом воды. В III периоде судно продолжает поворачиваться вокруг порога и соскальзывать с него, погружаясь в воду. В IV периоде судно, соскочив с порога, движется лагом по акватории. Если высота порога велика, то судно соскакивает с порога в III периоде и падает свободно в воду (спуск броском). В I периоде возможен занос оконечности судна.

При спуске прыжком и особенно броском существует опасность опрокидывания судна в IV периоде из-за недостатка устойчивости. Возможен также удар передними концами полозьев о дно акватории при недостаточной ее глубине и бортом судна о порог дорожек при обратном наклонении.

Чтобы избежать этого, траекторию движения судна перед спуском тщательно рассчитывают или определяют моделированием. При необходимости принимают меры, предотвращающие возможность неблагоприятного исхода спуска, приемом балласта в оконечности судна перемещают центр тяжести судна в плоскость равнодействующей сил трения, что снижает возможность заноса оконечностей. Приемом балласта понижают также, а иногда и смещают к борту центр тяжести судна, что увеличивает его остойчивость. Углубляют дно акватории, на борт судна навешивают кранцы.

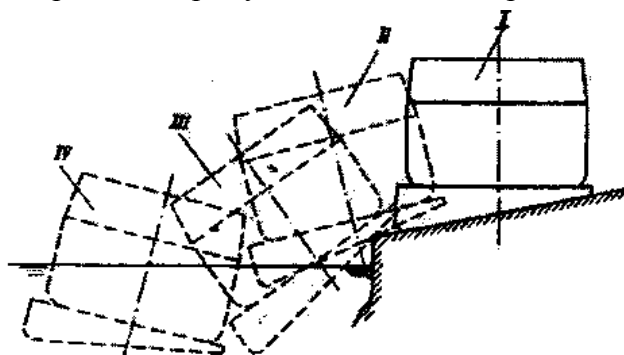


Рис. 6.36. Периоды поперечного спуска судна броском

Спускосное устройство для поперечного спуска состоит из полозьев, подбрюшников, клиньев, копыльев, подушек и найтовов, показанных рис. 6.37.

С помощью клиньев массу судна передают на полозья, как и при продольном спуске. Число спусковых дорожек зависит от спускового веса и длины судна и может для крупных судов достигать до двадцати. Малые суда спускают по двум дорожкам, их ширина – 0,6...1,5 м. Встречаются дорожки с круговым профилем, обеспечивающим нормальный спуск при их укороченной длине. Полозья коробчатой конструкции

сваривают из листовой стали и подшивают деревом. В качестве задерживающих устройств используют механические, гидравлические и пневматические курки, а также спусковые стрелы.

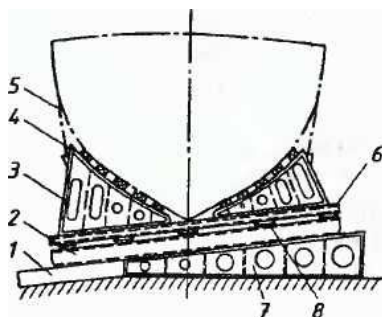


Рис. 6.37. Спусковое устройство для поперечного спуска судов:

1 – спусковая дорожка; 2 – полоз; 3 – металлические копылья;

4 – подушка; 5 – найтов; 6 – подбрюшник; 7 – клинья;

8 – металлический косяк

Поперечный спуск судов на воду применяют на судостроительных предприятиях, имеющих небольшую площадь и ограниченную акваторию (рис. 6.38). Он является более опасным, чем продольный. При соскакивании с порога судно наклоняется в сторону акватории и может зачерпнуть воду, остаться с креном или перевернуться (рис. 6.39). При обратном наклонении оно может удариться бортом о порог стапеля и повредить его и свой корпус. Поэтому при подготовке к поперечному спуску проводят тщательные его расчеты.

Для безопасности поперечного спуска иногда применяют спусковые дорожки специальной конструкции – шарнирные или с плавучей опорой, показанные на рис. 6.40.

Основное их преимущество состоит в отказе от обычных, капитальных, заглубленных под воду дорожек, сооружение

которых требует сложных и дорогостоящих гидротехнических работ. Применяемые шарнирные стапель-балки служат одновременно как спусковыми дорожками, так и построечными опорами. Судно закладывают в начале постройки на шарнирных стапель-балках с некоторым смещением центра тяжести относительно оси шарниров в мористую сторону. После разборки опорных строительных клеток и отдачи курков судно поворачивается вместе с шарнирными стапель-балками, а затем скользит по ним, как по дорожкам при обычном поперечном спуске.



Рис. 6.38. Поперечный спуск судна



Рис. 6.39. Поперечный спуск судов

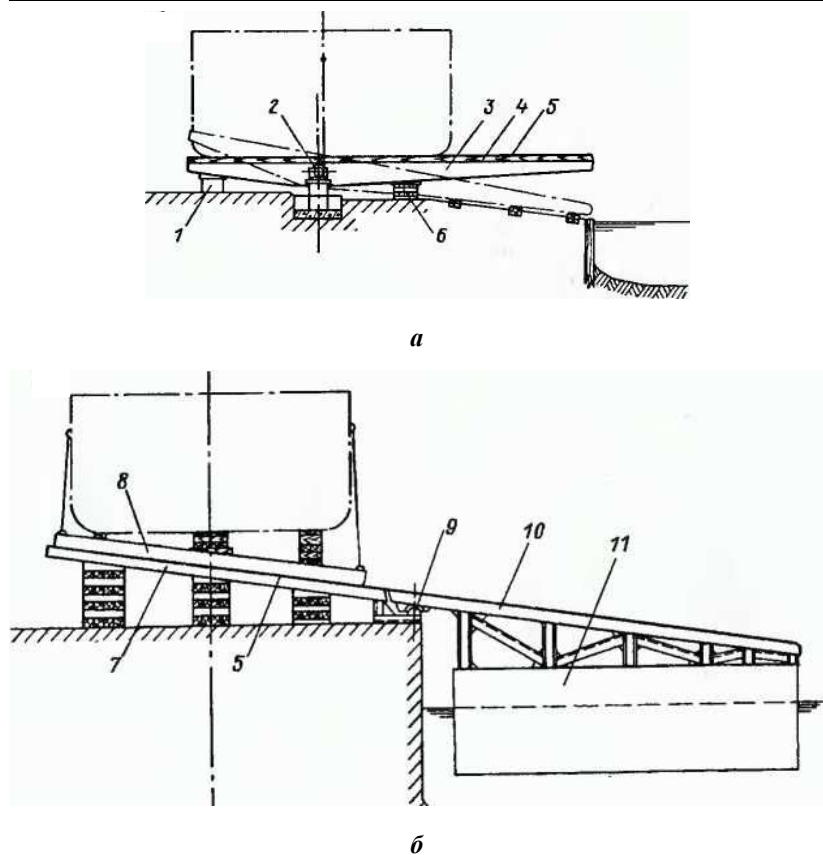


Рис. 6.40. Специальные спусковые устройства для поперечного спуска судов:

- а* – с шарнирными стпель-балками; *б* – с плавучей опорой;
 1 – порная тумба; 2 – шарнирная опора балки; 3 – стпель-балка;
 4 – деревянный настил; 5 – асалка; 6 – разборная опорная клетка;
 7 – береговая спусковая дорожка; 8 – полз; 9 – береговая шарнирная опора; 10 – спусковая дорожка на понтоне; 11 – понтон

Дорожки, опирающиеся на плавающий понтон и береговые опоры, применяют при большой глубине акватории

и значительном возвышении построечных мест над уровнем воды в ней. Применение одного понтона может обеспечить спуск нескольких судов, строящихся на параллельных построечных местах. По мере готовности судов к спуску понтон с дорожками перемещают вдоль стенки набережной к каждому построечному месту. Спускаясь, судно притапливает понтон, дорожки вначале поворачиваются вокруг оси полусферических береговых опор, а затем при значительном накренивании понтона отрываются от них. Достигнув порога дорожек, судно соскакивает с понтона в воду, а понтон возвращается в первоначальное положение.

Насалки, применяемые для поперечного спуска, операции по подготовке, монтажу и демонтажу спускового устройства аналогичны применяемым для продольного спуска судов.

Г Л А В А 7

КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ В СУДОСТРОЕНИИ

7.1. Основные принципы и методы контроля качества при корпусостроительных работах

Качество – это совокупность характеристик продукции, относящихся к ее способности удовлетворять установленные или предполагаемые потребности в соответствии с назначением. Под продукцией понимаются детали, узлы, секции, блоки секций, судно в целом.

Характеристики или показатели качества связаны с технологическими процессами и экономическими показателями, такими как материалоемкость, энергоемкость, себестоимость, а также с уровнем стандартизации и унификации элементов изделия.

Определение показателей качества лежит в основе **технического контроля**. В процессе строительства судна организацию контроля качества осуществляет специальная служба судостроительного предприятия – отдел технического контроля (ОТК). На всех стадиях строительства судна в техническом контроле качества и приемке продукции участвуют инспекторы классификационного общества (например, Регистр судоходства Украины) и представители заказчика.

Суть контроля заключается в получении информации о состоянии объекта контроля и сопоставлении полученных результатов с установленными требованиями, зафиксированными в чертежах, стандартах, технических условиях (ТУ) и других документах. Объект контроля, метод контроля, средства измерений, исполнители контроля отражаются в соответствующей документации.

Виды контроля в судостроении можно классифицировать следующим образом.

По этапу процесса проведения:

- входной;
- операционный;
- приемочный.

По полноте охвата контролем:

- сплошной;
- выборочный;
- непрерывный;
- периодический.

В зависимости от уровня технической оснащенности:

- ручной;
- механизированный.

По структуре организации:

- самоконтроль;
- одноступенчатый;
- многоступенчатый.

В зависимости от возможности использования по назначению:

- разрушающий;
- неразрушающий.

Входному контролю подвергают партии материалов, поступающие на судостроительное предприятие, а также изделия, прошедшие предыдущий этап изготовления на данном

предприятия (например, детали, поступившие в сборочно-сварочный цех).

Операционному контролю подлежит продукция по окончании определенной технологической операции (например, резки, гибки, правки, сварки).

Приемочный контроль выполняют на окончательной стадии изготовления продукции (например, испытание отсеков на непроницаемость и герметичность).

Сплошному контролю подлежат не все изделия корпусостроения, а лишь те, от которых зависят характеристики судна в целом (например, форма корпуса судна, его размеры).

Большая часть изделий и их послеоперационный контроль проходят выборочно. При **выборочном** контроле с помощью статистических методов по выборке решаются основные задачи:

- устанавливается закон распределения случайной величины (показателя качества);
- проверяется статистическая гипотеза о закономерности распределения случайной величины (показателя качества).

Выборочный контроль наиболее дешевый, позволяет в более короткие сроки получить ответ на вопрос: данное изделие "пригодно" или "не пригодно"? В корпусостроении наиболее часто применяют выборочный контроль при определении размеров и геометрических погрешностей формы корпусных изделий и дефектов сварных соединений. Сварочные дефекты в основном носят технологический характер и могут быть смоделированы и проанализированы с помощью выборочного контроля.

Непрерывному контролю подвергают изделие (процесс) в течение всего происходящего периода (например, давление сжатого воздуха внутри отсека при испытании его на непроницаемость).

Периодический контроль осуществляют через определенное время при создании объекта (например, контроль килевой линии судна при строительстве на стапеле).

Самоконтроль осуществляется исполнителем в процессе технологической операции или изготовления объекта – после окончания техпроцесса.

Одиночный контроль изделия выполняет исполнитель и контролер ОТК.

Многоступенчатый контроль выполняет исполнитель + контролер ОТК + инспектор Регистра + заказчик.

В корпусостроении **разрушающему** контролю, как правило, подвергают выборочно сварные соединения. Такой контроль также позволяет оценить прочность и надежность соединения. Испытания проводят выборочно с последующим статистическим анализом полученных результатов.

Неразрушающий контроль включает внешний осмотр изделия и оценку качества поверхности, проверку его формы и размеров, наличие внешних дефектов в нем, различные виды дефектоскопии и определение свойств материала конструкции физическими методами для выявления внутренних дефектов.

Технический контроль показателей качества строящегося корпуса и испытание корпуса судна – процессы достаточно продолжительные, трудоемкие и взаимосвязанные. С этой целью проектант разрабатывает "Перечень обязательных приемок", согласованных с классификационным обществом, заказчиком и предприятием-строителем судна. Окончательная приемка работ оформляется документом, который называется "удостоверением" особой формы. В зависимости от типа и размеров судна таких обязательных приемок (удостоверений) может быть от нескольких десятков до более тысячи.

Все приемки (удостоверения) делятся на три блока: построечные, швартовные и ходовые.

В построечные приемки входят контроль качества и испытания в достпельный и стапельный периоды, включая спуск судна на воду.

В достпельный период по корпусу судна проверяют все материалы, обеспечивающие прочностную безопасность конструкций (металлопрокат, сварочные материалы), качество изготовления деталей, сборку и сварку секций и блоков, проверку их на конструктивность, подготовку к окраске и окраску секций.

В стапельный период строительства судна контролируется и сдается следующее:

- установка секций и блоков на построечном месте;
- подготовка монтажных стыков и пазов под сварку;
- качество сборки, сварки и правки монтажных стыков и пазов;
- установка и проверка деталей корпусного насыщения, расположенного в районе монтажных стыков;
- конструктивный и внешний вид судна;
- испытания конструкций и отсеков на непроницаемость и герметичность;
- подготовка наружной поверхности судна под окраску;
- окраска наружной поверхности судна;
- подготовка судна к спуску на воду;
- спуск судна на воду.

На всех этих этапах предусматривается многоступенчатый контроль и закрытие соответствующих удостоверений.

7.2. Система менеджмента качества на судостроительном предприятии

Качество не может быть гарантировано только путем контроля готовой продукции. Оно должно обеспечиваться гораздо

раньше – на стадии проектных и конструкторских разработок, при выборе материалов и комплектующих изделий, на всех стадиях производства, а также при реализации готовой продукции.

Качество продукции зависит от целого ряда процессов (и не только технологических), которые осуществляются в организационно-управленческой системе предприятия и отражают степень его совершенства. Это один из известных в менеджменте принципов – принцип отражения (рис. 7.1).

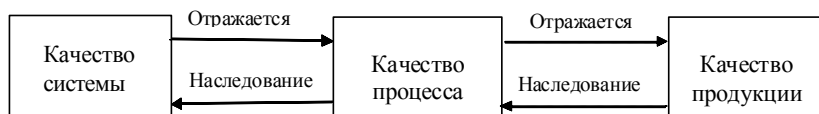


Рис. 7.1. Отражение качества производственной сферы в качестве продукции

Предприятия, в менеджменте которых не находится место качеству, обречены на неуспех и выживание.

На современных предприятиях в рамках международных стандартов ИСО серии 9000 создаются **системы менеджмента качества** (СМК). СМК – это совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для осуществления общего руководства качеством.

Под созданием СМК понимают ее разработку и внедрение в деятельность предприятия. Если раньше на предприятии занимались поиском и устранением обнаруженных дефектов, то теперь работы ведутся в направлении обнаружения причин ошибок, их устранения и предупреждения повторений.

СМК является неотъемлемой частью общего руководства предприятия. Она разрабатывается с учетом конкурентной деятельности предприятия, но в любом случае она охваты-

вает все стадии жизненного цикла продукции от проектирования до утилизации.

Создание СМК выполняется поэтапно:

- формируется служба качества (обычно в нее включают работников ОТК, ОГК, ОГТ, метрологической службы), которая подчиняется непосредственно первому лицу предприятия;

- оценивается роль и значение системы для обеспечения деятельности предприятия;

- сравнивается существующая организация по контролю и управлению качеством с соответствующими рекомендациями международных стандартов;

- разрабатывается структурная схема СМК и принципы ее формирования;

- определяются обязанности и ответственности в созданной СМК;

- разрабатывается документация СМК.

Структурная схема СМК дает возможность показать состав и взаимосвязь всех структурных подразделений судостроительного предприятия в этой системе и ее управляющее ядро – службу качества.

Стандарт ИСО 9000:2008 содержит рекомендации, как выбрать модель СМК и те ее элементы, которые необходимы для каждой модели.

При выборе варианта системы производится оценка и трактовка каждого ее элемента. Все элементы СМК можно разделить на 3 группы.

К первой группе относятся элементы, которые определяют и устанавливают руководители предприятия:

- политика в области качества;
- организационная структура и организация работ;
- критерии оценки СМК;
- обучение всех работающих на предприятии.

Вторая группа – это элементы системы, охватывающие все этапы строительства судна, все подразделения предприятия, связанные с самой СМК и с общими проблемами предприятия.

К общим проблемам предприятия относятся:

- контроль документации;
- ведение регистрации по качеству на всех стадиях строительства судна;
- применение статистических методов при контроле;
- хранение и транспортировка изделий;
- контроль средств измерений;
- работа с дефектными изделиями;
- контроль качества.

К третьей группе относятся элементы системы, специфичные для определенных этапов строительства судна:

- проверка контрактных условий;
- обеспечение качеств на различных стадиях жизненного цикла продукции (от проектирования до использования по назначению).

Структуру СМК на судостроительном предприятии можно представить в виде трехуровневой иерархии документов (рис 7.2).

Руководство по качеству (иногда называют "Справочник") содержит сформулированную руководством предприятия политику в области качества, цели по качеству, утвержденную организационную структуру производства. Этот документ содержит описание процессов, правил, процедур и методов по обеспечению стабильного качества продукции на этапах строительства судна. Руководство является главным документом СМК на продукцию или несколько видов однотипной продукции (например, проекты строящихся танкеров различной грузовместимости).



Рис. 7.2. Иерархия документов СМК

Руководство по качеству (первый уровень) устанавливает необходимый объем обязанностей и ответственности участников процесса обеспечения качества и демонстрирует их внешним организациям-заказчикам, классификационным обществам или сертификационному органу.

Второй уровень составляют методические документы общего характера, мероприятия и последовательность операций по обеспечению качества.

Третий уровень представляет собой набор рабочих инструкций для исполнителей. Все эти документы охватывают следующие сферы деятельности предприятия:

- организационная работа;
- проектирование и конструирование;
- документация;
- материально-техническое обеспечение;
- производство (изготовление);
- испытание и приемка продукции;
- корректирующие действия при отклонениях;
- надзор;
- связь с заказчиком;
- хранение и транспортировка.

В рамках СМК на судостроительном предприятии внедряют:

- планирование качества как процессный подход (рис. 7.3);
- заводскую аттестацию качества;
- заводскую стандартизацию технологических процессов;
- прогрессивные методы контроля качества;
- статистические методы обработки полученных результатов;
- повышение квалификации всех категорий, работающих от руководителя предприятия до рядового персонала.

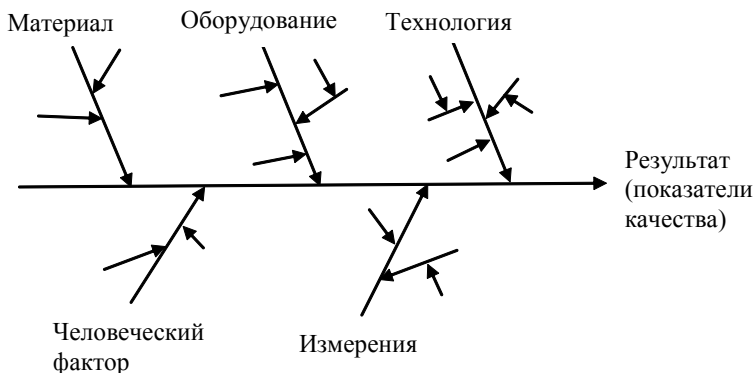


Рис. 7.3. Причинно-следственная связь (диаграмма Исикавы)

На рис. 7.3. показан процессный подход к планированию качества продукции и показана взаимосвязь между характеристиками (свойствами) и факторами. Изменяя факторы в левой части диаграммы, можно управлять свойствами.

Главными факторами (на рис. 7.3 они показаны крупными стрелками), влияющими на качество судокорпусной продукции, являются: материал, оборудование, технология, средства измерения, человеческий фактор. Ко вторичным факторам управления качеством (на рис. 7.3 они показаны мелкими стрелками) на стадии изготовления деталей, например, можно отнести следующие:

- для материала – сталь или сплав алюминия, марка материала, вид проката;
- для оборудования – разметочно-маркировочные машины, станки для холодной и тепловой резки, вальцы для гибки и правки, прессы, их модели, и характеристики;
- для технологии – разметка, маркировка, резка, правка, гибка; способы выполнения операций, оснастка;
- для средств измерения – приборы, установки, инструмент, их марки и модели; способы измерений, класс точности, методика обработки результатов;
- для человеческого фактора – рабочие специальности, квалификация, стаж работы, дисциплина, режим работы, зарплата, отпуск, льготы.

Разработанную СМК, как правило, сертифицируют, поскольку сертификация системы – это высокоэффективный рыночный инструмент. Сертификат, выданный авторитетной организацией, признается как свидетельство качества производства, которого вправе ожидать заказчик (потребитель). Наличие сертификата на СМК избавляет предприятие от процедуры бесчисленных его проверок со стороны потенциальных заказчиков.

Г Л А В А 8

НОРМИРОВАНИЕ КОРПУСОСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

8.1. Общие сведения о трудоемкости работ в судостроении

Под трудоемкостью строительства судна понимают затраты труда производственных рабочих за весь период строительства (изготовление деталей и конструкций; формирование корпуса; насыщение его механизмами, устройствами, дельными вещами; выполнение достроечных работ; испытания и сдача). Измеряют ее в нормо-часах (н-ч). В практике отечественного судостроения применяется несколько видов трудоемкости в зависимости от целей ее использования.

На стадии разработки проекта судна определяется, как правило, ***проектная трудоемкость*** – норма трудоемкости строительства головного и серийных судов, которая включает затраты труда основных производственных рабочих, необходимые для выполнения работ по строительству судна. В эту норму входят дополнительные работы, связанные с конструктивными изменениями в процессе строительства, а также дополнительные затраты труда, обусловленные изменениями

технологических процессов и отклонениями от нормальных условий труда. Чаще всего на момент определения нормы трудоемкости еще отсутствуют рабочие чертежи конструкций, поэтому используют лишь общие проектные данные о судне, а также статистические данные о трудоемкости строительства аналогичных судов в течение последних 5...10 лет в соответствующих производственных условиях.

Норму трудоемкости используют при технико-экономических расчетах, в том числе, при определении продолжительности цикла строительства судна, необходимых производственных мощностей, числа рабочих и др.

Следующий вид трудоемкости – **плановая**. Это условно постоянный трудовой норматив на обусловленный период – период строительства головного судна, строительства нескольких серийных судов и т.п.

Плановая трудоемкость предназначена для планирования производства на судостроительном предприятии и рассматривается как базовая, которая не меняется в течение заданного периода. Для головного судна плановая трудоемкость и норма трудоемкости совпадают, так как их определяют по одной методике, а для последующих судов они в большинстве случаев имеют разные значения, поскольку в течение заданного периода норма трудоемкости снижается, а плановая остается неизменной.

Также используют такой вид трудоемкости, как **технологическая трудоемкость**. Она включает в себя затраты труда основных производственных рабочих, необходимые для выполнения работ по постройке судна. Расчет такой трудоемкости выполняется согласно технологическому процессу формирования корпуса на построечном месте. Эта трудоемкость используется при определении нормы трудоемкости постройки судна, а также нормировании работ по отдельным

технологическим процессам и оформлении рабочих нарядов, постройки графиков и т.п.

Технологическую трудоемкость отдельных технологических процессов определяют на основе рабочих чертежей с использованием укрупненных трудовых нормативов или рассчитывают по отдельным операциям, входящим в заданный технологический процесс. В первом случае технологическую трудоемкость определяют с использованием ее удельных значений, в качестве которых могут быть трудоемкость, приходящаяся на единицу массы конструкции (например, на 1 т), при изготовлении узлов и секций – на единицу площади конструкции, например, при нанесении изоляции или окраске помещений и т.д.

Во втором случае в основе определения технологической трудоемкости лежит техническое нормирование. Под техническим нормированием понимают определение затрат рабочего времени, то есть нормы времени на выполнение операций технологического процесса в определенных производственных условиях.

В процессе строительства судна выполняется огромное число разнообразных технологических операций с использованием различного оборудования и оснастки. Рассчитать все технические нормы времени по ним достаточно сложно, хотя и существуют отраслевые справочники по этим нормам. Для облегчения выполнения расчетных работ по определению технологической трудоемкости используют системы автоматизированного нормирования трудовых затрат (САНТ).

Выполнение расчетов норм времени на ЭВМ не только позволяет сократить их трудоемкость, но и улучшить качество и точность норм, освободить технологов и нормировщиков от механической расчетной работы и дает им возможность сосредоточить внимание на совершенствовании организации нормирования труда.

Системы автоматизированного нормирования труда представляют собой совокупность организационных и математических методов реализации задач технического нормирования на ЭВМ. Эти системы обеспечивают выпуск технолого-нормировочной документации и учет технологической трудоемкости по видам работ и технологическим операциям, которые включены в пакет расчетных программ нормативно-технической базы.

Последний вид трудоемкости – **фактическая**. Она представляет собой фактические затраты труда основных производственных рабочих по строительству судна, которые учитываются бухгалтерией на основе рабочих нарядов и других документов по оплате труда. Фактическую трудоемкость используют при составлении отчетов и технико-экономическом анализе трудовых затрат при строительстве судна.

При расчете трудоемкости используют нормативы времени, которые, как правило, представлены в табличном виде для более удобного их использования. Нормативы времени содержат в себе технически обоснованные нормы времени на выполнение каждой технологической операции с учетом специфических условий производства, оборудования, приспособлений и оснастки, используемых рабочим для изготовления каждой детали или конструкции.

Для этого определяют норму времени на каждую технологическую операцию изготовления детали (конструкции), после чего полученные нормы времени суммируют в общую трудоемкость изготовления детали (конструкции).

8.2. Нормирование работ по изготовлению корпусных деталей

В табл.8.1. приведены расчетные формулы норм времени основных технологических операций при изготовлении деталей корпуса судна.

428 Таблица 8.1. Расчетные формулы норм времени основных технологических операций изготовления деталей (н-ч)

Шифр и название технологической операции	Расчетная формула	Условные обозначения и единицы измерения	Значения поправочных коэффициентов
1	2	3	4
43. Разметка деталей с прямоугольными кромками из листового проката и вырезов на них	$T_{43} = 0,0194 + 0,0623 L + 0,1134 B - 0,0017 - 0,0313 B^2 + 0,0144 BL$ (на деталь)	L — длина детали, м; B — ширина детали, м.	По эскизу — 0,9 По шаблонам — 0,8 Количество деталей: 3 — 0,94 5 — 0,90 10 — 0,86 25 — 0,81 40 — 0,76 60 — 0,72 100 и больше — 0,54
48. Маркировка деталей.	Краской $T^{48} = 0,0733 + 0,0019N - 0,0025H - 0,0000043N^2 + 0,000017H^2 + 0,0000041NH$ Карнером $T^{48} = 0,0016N - 0,0042 + 0,0008H - 0,0000007N^2$ Карандашом $T^{48} = 0,001N + 0,0001H - 0,005$	N — количество знаков на детали, шт. H — высота знаков, мм. $H = 100$ мм.	

05. Разработка программ для тепловой резки деталей на машинах с ЧПУ	Контур ограничен прямыми: $T_{05} = 0,04N + 0,12$; Контур ограничен прямыми и дугами $T_{05} = 0,14N + 0,12$; Контур ограничен прямыми и лекальными $T_{05} = 0,18N + 0,13$	N — количество элементов на детали.	
05/1. Наладка программы для тепловой резки деталей на машинах с ЧПУ	$T_{05/1} = T_{05}k$ (на одну программу)	T_{05} — трудоемкость раз-работки про-граммы; k — поправоч-ный коэффи-циент.	Для простых деталей - 0,3 Средней сложности - 0,5 Сложных - 0,7 Особенно сложных - 0,8
51. Тепловая резка деталей: газозавая на стационарных машинах с ЧПК.	$T_{51} = (0,0007S + 0,041) \cdot L$	S — толщина детали, мм; L — суммарная длина реза, м.	При резке лекальных кромок - 1,1 При резке мелких деталей - 1,2 При резке одновременно двумя резаками - 0,6 тремя резаками - 0,5 четырьмя резаками - 0,4 Со скосом одной кромки - 1,1
53. Газовая резка на переносных машинах	$T_{53} = (0,00074S + 0,036)L$	S — толщина детали, мм; L — суммарная длина реза, м.	При резке одновременно двумя резаками - 0,7 Со скосом одной кромки - 1,1

430 Продолж. табл. 8.1

1	2	3	4
54. Ручная газовая резка	$T_{54} = (0,0014S + 0,05)L$ шпигатов, голубниц $T_{54} = 0,0007S + 0,0001R$	S — толщина детали, мм; R — радиус шпигата, мм, L — длина резца, м.	Со скосом одной кромки - 1,1
55. Плазменная резка на стационарных машинах с ЧПК.	$T_{55} = (0,001S + 0,015)L$	S — толщина детали, мм; L — длина резца, м.	При резке легкальных кромок - 1,1 При резке мелких деталей - 1,2
57. Резка деталей на гильотинных ножницах по разметке	С поворотом заготовки: $T_{57} = [(0,0038L + 0,008)(0,6B + 0,7) \times S^{0,26}] \cdot n$	L — длина заготовки, м; B — ширина заготовки, м; S — толщина заготовки, мм; n — количество резцов	Без поворота заготовки - 0,8 При одновременной резке больше одной детали или одним боком - 0,7 При резке тремя рабочими - 1,3
69. Зачистка кромок деталей из листового проката от града, окарины ручным инструментом	При очистке прямолинейных кромок после тепловой обработки: $T_{69} = (0,02021423 - 0,0001479S + 0,00000111S^2) \cdot L$ При очистке криволинейных кромок после тепловой обработки: $T_{69} = (0,0263 - 0,0002S + 0,00000144S^2)L$	L — суммарная длина зачищаемых кромок, м; S — толщина детали, мм.	

8. 2. Нормирование работ по изготовлению корпусных деталей

69. Зачистка кромок деталей из листового проката пневматическими машинами	При очистке кромок после обработки $T_{69} = (0,01S + 0,05)L$ При очистке кромок после механической обработки $T_{69} = (0,005S + 0,05)L$	тепловой L – длина зачищаемых кромок, м; S – толщина детали, мм.	После тепловой или механической резки - 0,3.
71. Правка деталей из листового проката на листо-правильных машинах	Толщиною 8 мм и больше (на одну деталь) $T_{71} = (0,012S + 0,9)(0,86L + 0,14)(0,01B + 0,04)$ Толщиною до 8 мм (на одну деталь) $T_{71} = (1,85 - 0,106S)(0,86L + 0,14)(0,01B + 0,04)$	L – длина детали, м; B – ширина детали, м; S – толщина детали, мм.	Одним рабочим или одной детали Тремя рабочими Полоса - 0,7 - 1,3 - 1,3
73. Правка деталей из листового проката на гидравлическом прессе	$T_{73} = (P^{0,5} \cdot 2,24) \cdot (S^{0,5} \cdot 0,0218)$ (на одну деталь)	P – полупериметр детали, м; S – толщина детали, мм.	
81. Гибка деталей из листового проката на листогибочных вальцах (на одну деталь).	Детали цилиндрической формы $T_{81} = 0,00000051 \cdot B^{0,82} L^{0,835} S^{0,57}$ Детали конической формы $T_{81} = 0,00000051 B^{0,845} L^{0,13} S^{0,582}$	S – толщина детали, мм; L – длина детали, мм; B – ширина детали, мм.	

432 Продолж. табл. 8.1

1	2	3	4
81. Гибка деталей из полос цилиндрической формы на листогибочных вальцах (на одну деталь).	$T_{81} = 0,0285 S^{0,5} L^{0,25} R^{-0,25}$	L — длина детали, мм; S — толщина детали, мм; R — радиус кривизны, мм.	При гибке полосы шириной 100 мм шириной 300 мм шириной 400 мм длиной 0,5 м длиной 1,0 м - 0,92 - 1,05 - 1,10 - 0,60 - 0,80
82. Гибка деталей из листового проката на гидравлическом прессе	Детали парусовидной формы $T_{82} = (0,0000006B^{0,92} L^{0,31} S^{0,73})$ (на одну деталь)	L — длина детали, мм; B — ширина детали, мм; S — толщина детали, мм.	Переменная стрелка прогиба или дополнительный изгиб после контуровки - 1,3
84. Гибка фланцев книц, бракет и т.п.	$T_{84} = (2,718^{-3,7+0,0047L+0,0985}) 0,72$ (на одну деталь)	L — длина фланца, мм; S — толщина фланца, мм.	

8.3. Нормирование работ по изготовлению конструкций корпуса судна

В табл. 8.2–8.14 приведены расчетные формулы и табличные данные для определения норм времени на различные виды работ при изготовлении узлов и секций корпуса судна.

Таблица 8.2. Нормы времени на сборку узлов и секций корпуса судна

Название технологической операции	Расчетная формула	Условные обозначения и единицы измерения	Значения поправочных коэффициентов
1	2	3	4
Сборка плоских полотнищ из листов	На плите $T=0,0044 (S-6) + 0,25;$ на магнитном стенде с флюсовыми подушками $T=0,0033 (S-6) + 0,187;$ на стенде $T=0,0035 (S-6) + 0,32;$ (на 1м соединений) на линии ЭСАБ (см. табл.8.3)	S – толщина листов, мм	Сборка полотнищ толщиной 4...10 мм с использованием магнитного прижима для стыковки кромок.....0,90 Сборка узлов (вертикальный киль, стрингер и т.п.). 1,20
			Сборка полотнищ под сварку с обратным формированием: шва.....1,15 с криволинейными кромками.....1,20

ГЛАВА 8. НОРМИРОВАНИЕ КОРПУСОСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Продолж. табл. 8.2

1	2	3	4
Сборка и сварка узлов тавровых балок на станке СТС	$T=(0,07H+0,27) \cdot (0,0156S+0,53)$ (на 1м соединения)	H – высота стенки, м; S – толщина, мм	Для узлов прямо-линейных тавровых балок..... 0,90
Комплектация, разметка и зачистка кромок деталей таврового набора, изготавливаемого на линии МИБ-700 или станке СКТ	См. табл. 8.4		
Установка деталей в кассеты для линии МИБ-700	См. табл. 8.5		
Сборка и сварка тавровых балок на линии МИБ-700	См. табл. 8.6		С вырезами под набор.....1,10 Несимметричных.....1,10 Со скосом пояса.....1,05
Формирование криволинейных тавровых балок на СКТ	См. табл. 8.7		
Формирование прямолинейных тавровых балок на СКТ	См. табл. 8.8		
Сварка тавровых балок на СКТ	См. табл. 8.9		
Сборка узлов тавровых балок на стенде	$T=(0,19H+0,26) \cdot (0,0143S+0,58)$ (на 1м соединения)	H – высота стенки, м; S – толщина, мм	Криволинейные с изгибом более 150 мм.....1,20 Поясок со сломом.....1,20 В устройстве..0,80 Прямолинейные тавровые балки...0,80

Продолж. табл. 8.2

1	2	3	4
Установка поясков (р.ж.) по контуру выреза	Круглого или эллиптического: $T=(0,0076S+0,32)$ $(0,9B+0,45)$ Прямоугольного: $T=(0,0056S+0,3)$ $(0,9B+0,5)$ (на 1м соединения)	B – ширина пояска, м; S – толщина, мм	Поясок состоит из четырех частей..1,20
Установка листа или полотнища	На плиту-стенд: $T=(0,087P+0,02)$ $(0,0112S+0,44)$ На постель с изгибом в одном направлении или наклонном: $T=(0,69P+0,2)$ $(0,0112S+0,44)$ (на одно полотнище или лист)	P – полупериметр листа или полотнища, м; S – толщина, мм	Полотнище с набором.....1,15
Установка и проверка специализированной постели	Установка и проверка постели: $T=0,002P^2+0,32P+2,5$ (на одну постель) Проверка обводов лекал: $T=0,25P-0,31$ (на одно лекало)	P – сумма трех основных размеров постели, м	С использованием оптических приборов.....0,80 Секции оконечностей – носа или кормы.....1,50
Сборка полотнищ с изгибом на постели	$T=0,006(S-6)+0,27$ (на 1м соединения)	S – толщина, мм	С изгибом более 100 мм.....1,20 Прижатие листов к лекалам постели.....0,57 Изгиб постели в двух направлениях.....1,20

ГЛАВА 8. НОРМИРОВАНИЕ КОРПУСОСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Продолж. табл. 8.2

1	2	3	4
Сварка листов полотниц	См. табл. 8.15-8.23		
Разметка мест установки набора	См. табл. 8.10		С использованием шлангового уровня.....1,15 С помощью отвеса.....1,40 Криволинейных линий.....1,30 Линий длиной менее: 10 м.....1,20 20 м.....1,10
Разметка полотнища под набор на линии ЭСАБ	См. табл. 8.11		
Зачистка кромок деталей и мест установки набора на линии ЭСАБ	См. табл. 8.12		
Установка на полотнище набора полособульбового или полосового профиля	Для симметричного полособульба $T=0,00447N+0,088$; для полосы $N=0,1H$ (на 1м соединения)	N – номер несимметричного полособульба; H – высота профиля, мм	Использование магнитного прижима.....0,90 Полосовой набор.....0,90 Симметричный полособульб...1,10 Изгиб полотнища, на которое устанавливается набор в одном направлении.....1,20 в двух направлениях.....1,40

Продолж. табл. 8.2

1	2	3	4
Установка набора таврового профиля на полотно	$T=(0,215H+0,17)$ $(0,015S+0,92)$ (на 1м соединения)	H – высота набора, м; S – толщина стенки набора, мм	С пересечением установленного набора.....1,20 С зазором между выставленным набором.....1,15
Установка и приварка набора на линии ЭСАБ	Табл.8.13		Несимметричный набор.....1,10 Сварка тремя сварочными головками.....0,80 Сварка одной сварочной головкой.....1,50 Установка набора вручную.....1,20
Установка деталей и узлов высокого набора (флоры, стрингеры, бракетты, кницы и т.п.)	$T = \frac{(0,191H + 0,346) \cdot 100}{100 - S}$ (на 1м соединения)	H – высота набора, м; S – толщина стенки набора, мм	Без ребер жесткости на наборе...0,90 Предварительно собранные между собой детали и узлы набора.....1,50 Без пересечения установленного набора.....0,85 С пересечением набора.....1,10
Установка книц, бракет и аналогичных деталей	$-2,554 + 0,045S + 0,0555P$ $T = e$ (на 1 деталь)	e – число Нпера ($e=2,718$); P – полупериметр детали, м; S – толщина детали, мм	Установка: одной кромкой..0,70 тремя кромками.....1,20 Четырьмя.....1,30 С вырезами для выставленного набора.....1,20 В объемных секциях.....1,20 Установка внахлестку без разметки..0,80

ГЛАВА 8. НОРМИРОВАНИЕ КОРПУСОСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Продолж. табл. 8.2

1	2	3	4
Установка и протаскивание набора через вырезы в рамном наборе	Полособульбовый профиль $T=0,011N+0,21$ Т-образный или Г-образный профиль $T=0,94H+0,25$ (на 1 деталь)	N – номер профиля; H – высота набора, м	Вырезы имеют контур профиля... 1,20 Протаскивание через: 2–3 выреза... 1,20 4–5 вырезов... 1,30 6–8 вырезов... 1,40 Установка набора в широкий вырез с прижатием только к набору: полособульбовый профиль..... 0,34 Т-образный и Г-образный профиль..... 0,40
Установка гнутых листов на установленный набор секции	Соединение кромок листов $T=0,007(S-6) + 0,28$ (на 1м соединения) Установка и прижатие листов к набору $T=0,083(S-6) + 0,34$ (на 1м соединения)	S – толщина листов, мм	Для листов сложной кривизны... 1,20
Установка полотнищ на выставленный набор секции	$T=0,625-0,003S-0,272H+$ $+0,00029S^2+0,07H^2$ (на 1м прижатия)	S – высота междудонного или межбортового пространства, м S – толщина, мм	Полотнище без ребер жесткости.... 0,70
Установка заделок по набору	$T=0,44P+0,11$ (на 1 заделку)	P – полупериметр заделки, м	Установка заделок внахлестку.... 0,70 Установка проницаемых заделок..... 0,77

8. 3. Нормирование работ по изготовлению конструкций корпуса судна

Продолж. табл. 8.2

1	2	3	4
Проверка секций	$T=0,141P+3,5$ (на 1 конструкцию)	P – сумма основных размеров секции, м	Плоскостные секции.....0,70 Объемные секции.....1,00 Объемные носовые и кормовые секции.....1,30
Разметка контура секций, узлов	См. табл. 8.14		
Маркировка	Краской $T_{48} = 0,0733 +$ $+ 0,0019N -$ $- 0,0025H -$ $- 0,00000443N^2 +$ $+ 0,000017H^2 +$ $+ 0,0000041NH$ Кернером $T_{48} = 0,0016N -$ $- 0,0042 + 0,0008H -$ $- 0,0000007N^2$ Карандашом $T_{48} = 0,001N +$ $+ 0,0001H - 0,005$	N – число знаков на детали, шт. H – высота знаков, мм, $H = 100\text{мм}$	

Таблица 8.3. Нормы времени на сборку плоских полотнищ на линии ЭСАБ

Толщина листов, мм, не более	Длина стыка, м, не более						
	4	6	8	10	12	14	16
	Время на один стык соединения, н-ч						
10	0,75	1,07	1,42	1,74	2,06	2,38	2,70
12	0,77	1,10	1,45	1,78	2,10	2,44	2,76
16	0,81	1,16	1,52	1,86	2,20	2,56	2,90

ГЛАВА 8. НОРМИРОВАНИЕ КОРПУСОСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Продолж. табл. 8.3

Толщина листов, мм, не более	Длина стыка, м, не более						
	4	6	8	10	12	14	16
	Время на один стык соединения, н-ч						
20	0,83	1,20	1,55	1,90	2,25	2,62	2,96
24	0,85	1,23	1,60	1,96	2,32	2,68	3,00
28	0,87	1,26	1,64	2,00	2,38	2,74	3,10
32	0,89	1,30	1,68	2,05	2,44	2,80	3,16
36	0,91	1,33	1,72	2,10	2,50	2,86	3,22
40	0,93	1,36	1,76	2,15	2,55	2,97	3,30
46	0,95	1,40	1,80	2,20	2,60	3,00	3,40

Таблица 8.4. Нормы времени на комплектацию, разметку и зачистку деталей таврового набора, изготавливаемого на линии МИБ-700 или станке СКТ

Толщина стенки, мм, не более	Вид тавровой балки							
	Прямолинейная				Криволинейная			
	Длина тавровой балки, м, не более							
	4	6	8	12	4	6	8	12
	Время на одну тавровую балку, ч							
4	0,19	0,24	0,31	0,39	0,23	0,29	0,37	0,47
8	0,21	0,28	0,35	0,47	0,25	0,34	0,42	0,56
12	0,23	0,30	0,39	0,51	0,28	0,36	0,47	0,61
20	0,25	0,34	0,43	0,59	0,30	0,41	0,52	0,71
30	0,28	0,38	0,49	0,67	0,34	0,46	0,59	0,80

Таблица 8.5. Нормы времени на установку деталей в кассеты на линии МИБ-700

Толщина стенки, мм, не более	Высота стенки, мм, не более	Длина тавровой балки, м, не более						
		4	5	6	7	8	10	12
		Время установки деталей одной тавровой балки, н-ч						
4	100	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,36	0,40
	200	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,40	0,44
	400	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,44	0,50

Продолж. табл. 8.5

Толщина стенки, мм, не более	Высота стенки, мм, не более	Длина тавровой балки, м, не более						
		4	5	6	7	8	10	12
		Время установки деталей одной тавровой балки, н-ч						
8	100	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,34	0,38
	200	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,38	0,42
	400	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,42	0,48
	700 и более	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,48	0,54
12 и более	100	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30
	200	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32
	400	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34
	700 и более	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40

Таблица 8.6. Нормы времени на сборку и сварку тавровых балок на МИБ-700

Катет шва, мм, не более	Диаметр электродной проволоки, мм, не более	Длина тавровой балки, м, не более						
		4	5	6	7	8	10	12
		Время на одну тавровую балку, н-ч						
3	1,2	0,67	0,67	0,73	0,79	0,85	0,98	1,10
	1,4	0,50	0,62	0,68	0,73	0,78	0,90	1,00
	1,6	0,52	0,57	0,62	0,68	0,74	0,85	0,96
4	1,2	0,74	0,80	0,88	0,95	1,02	1,16	1,30
	1,4	0,70	0,77	0,84	0,90	0,97	1,10	1,23
	1,6	0,66	0,72	0,78	0,85	0,92	1,04	1,16
5	1,2	0,90	0,98	1,05	1,13	1,20	1,35	1,50
	1,4	0,85	0,92	1,00	1,07	1,14	1,28	1,42
	1,6	0,80	0,88	0,94	1,00	1,08	1,22	1,35
	2,0	0,70	0,75	0,81	0,87	0,92	1,04	1,15
6	1,2	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,60	1,80
	1,4	0,95	1,04	1,13	1,23	1,32	1,50	1,70
	1,6	0,90	0,98	1,08	1,16	1,25	1,43	1,62
	2,0	0,85	0,94	1,03	1,10	1,20	1,38	1,55
8	1,2	1,33	1,43	1,53	1,62	1,73	1,91	2,10
	1,4	1,30	1,39	1,48	1,56	1,65	1,83	2,00
	1,6	1,27	1,35	1,45	1,53	1,61	1,78	1,95
	2,0	1,20	1,30	1,36	1,45	1,52	1,68	1,84

ГЛАВА 8. НОРМИРОВАНИЕ КОРПУСОСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Продолж. табл. 8.6

Катет шва, мм, не более	Диаметр электродной проволоки, мм, не более	Длина тавровой балки, м, не более						
		4	5	6	7	8	10	12
		Время на одну тавровую балку, н-ч						
10	1,4	1,80	1,90	2,00	2,20	2,30	2,50	2,75
	1,6	1,65	1,76	1,89	2,00	2,10	2,30	2,50
	2,0	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,96	2,10

Таблица 8.7. Нормы времени на сборку криволинейных тавровых балок на СКТ

Высота стенки, мм, не более	Длина балки, м, не более	Форма балки							
		Симметричная				Несимметричная			
		Толщина стенки, мм, не более							
		4	8	12	20 и более	4	8	12	20 и более
		Время на формирование одной балки, н-ч							
200	4	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,26	0,25	0,24
	6	0,28	0,27	0,26	0,25	0,30	0,29	0,28	0,27
	8	0,30	0,29	0,28	0,27	0,33	0,32	0,31	0,30
	10	0,33	0,32	0,31	0,30	0,36	0,35	0,33	0,32
	12	0,37	0,36	0,34	0,33	0,40	0,39	0,37	0,36
400	4	0,26	0,25	0,24	0,23	0,28	0,27	0,27	0,25
	6	0,29	0,28	0,27	0,26	0,31	0,30	0,29	0,28
	8	0,31	0,30	0,29	0,28	0,34	0,33	0,32	0,31
	10	0,34	0,33	0,32	0,31	0,37	0,36	0,34	0,33
	12	0,38	0,37	0,36	0,35	0,41	0,40	0,38	0,37
600	4	-	0,26	0,25	0,24	-	0,28	0,27	0,26
	6	-	0,29	0,28	0,27	-	0,31	0,30	0,29
	8	-	0,31	0,30	0,29	-	0,34	0,33	0,32
	10	-	0,34	0,33	0,32	-	0,37	0,35	0,34
	12	-	0,38	0,37	0,36	-	0,41	0,40	0,38
1000 и более	4	-	0,27	0,26	0,25	-	0,29	0,28	0,27
	6	-	0,30	0,29	0,28	-	0,32	0,31	0,33
	8	-	0,32	0,31	0,30	-	0,35	0,34	0,33
	10	-	0,35	0,34	0,33	-	0,38	0,36	0,35
	12	-	0,39	0,38	0,37	-	0,42	0,41	0,40

8. 3. Нормирование работ по изготовлению конструкций корпуса судна

Таблица 8.8. Нормы времени на сборку прямолинейных тавровых балок на СКТ

Высота стенки, мм, не более	Длина балки, м, не более	Форма балки							
		Симметричная				Несимметричная			
		Толщина стенки, мм, не более							
		4	8	12	20 и более	4	8	12	20 и более
		Время на формирование одной балки, н- ч							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
200	4	0,20	0,19	0,18	0,17	0,22	0,21	0,20	0,19
	6	0,22	0,21	0,20	0,19	0,24	0,23	0,22	0,21
	8	0,24	0,23	0,22	0,21	0,27	0,26	0,25	0,24
	10	0,26	0,25	0,24	0,23	0,29	0,28	0,27	0,26
	12	0,30	0,29	0,27	0,26	0,32	0,31	0,30	0,29
400	4	0,21	0,20	0,19	0,18	0,23	0,22	0,21	0,20
	6	0,23	0,22	0,21	0,20	0,25	0,24	0,23	0,22
	8	0,25	0,24	0,23	0,22	0,28	0,27	0,26	0,25
	10	0,27	0,26	0,25	0,24	0,30	0,29	0,28	0,27
	12	0,31	0,30	0,29	0,28	0,33	0,32	0,31	0,30
600	4	-	0,21	0,20	0,19	-	0,23	0,22	0,21
	6	-	0,23	0,22	0,21	-	0,25	0,24	0,23
	8	-	0,25	0,24	0,23	-	0,27	0,26	0,25
	10	-	0,27	0,26	0,25	-	0,31	0,29	0,28
	12	-	0,31	0,30	0,29	-	0,33	0,32	0,31
1000 и более	4	-	0,22	0,21	0,20	-	0,24	0,23	0,22
	6	-	0,24	0,23	0,22	-	0,26	0,25	0,24
	8	-	0,26	0,25	0,24	-	0,28	0,27	0,26
	10	-	0,28	0,27	0,26	-	0,31	0,30	0,29
	12	-	0,32	0,31	0,30	-	0,34	0,33	0,32

Таблица 8.9. Нормы времени на сварку криволинейных тавровых балок на СКТ

Катет шва, мм, не более	Диаметр электродной проволоки, мм, не более	Длина тавровой балки, м, не более							
		4	5	6	7	8	10	12	
		Время на одну тавровую балку, н-ч							
3	1,2	0,96	1,07	1,17	1,26	1,35	1,55	1,74	
	1,4	0,92	1,02	1,12	1,21	1,30	1,49	1,68	
	1,6	0,88	0,97	1,06	1,14	1,23	1,40	1,57	

ГЛАВА 8. НОРМИРОВАНИЕ КОРПУСОСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Продолж. табл. 8.9

Катет шва, мм, не более	Диаметр электродной проволоки, мм, не более	Длина тавровой балки, м, не более						
		4	5	6	7	8	10	12
		Время на одну тавровую балку, н-ч						
4	1,2	1,04	1,12	1,23	1,33	1,43	1,64	1,86
	1,4	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,70	1,80
	1,6	0,96	1,06	1,15	1,25	1,34	1,51	1,70
5	1,2	1,20	1,32	1,43	1,56	1,68	1,91	2,16
	1,4	1,16	1,28	1,40	1,52	1,64	1,86	2,10
	1,6	1,12	1,24	1,35	1,47	1,59	1,82	2,05
	2,0	1,08	1,19	1,29	1,40	1,50	1,72	2,93
6	1,2	1,32	1,46	1,60	1,73	1,86	2,13	2,40
	1,4	1,28	1,40	1,53	1,66	1,79	2,04	2,30
	1,6	1,24	1,36	1,48	1,60	1,73	1,98	2,22
	2,0	1,20	1,32	1,44	1,56	1,58	1,92	2,16
8	1,2	1,64	1,80	1,97	2,13	2,30	2,62	2,95
	1,4	1,56	1,71	1,87	2,03	2,20	2,50	2,82
	1,6	1,52	1,68	1,84	1,99	2,15	2,45	2,76
	2,0	1,44	1,59	1,74	1,88	2,02	2,30	2,60
10	1,4	1,96	2,15	2,35	2,54	2,74	3,12	3,52
	1,6	1,88	2,07	2,25	2,43	2,62	2,98	3,36
	2,0	1,80	1,99	2,18	2,35	2,52	2,88	3,24

Примечание: время рассчитано на сварку криволинейных тавровых балок с изгибом в одном направлении и без скоса кромки на пояске.

Также следует использовать следующие поправочные коэффициенты: для сварки прямолинейных тавровых балок – 0,8; выпуклых или вогнутых – 1,1; со скосом кромки на пояске – 1,05.

Таблица 8.10. Нормы времени на разметку мест установки продольного и поперечного набора

Наименование размечаемой конструкции	Способ разметки	
	По рейкам	По эскизам
	Норма времени на 1м линии разметки, н-ч	
Узлы и секции, собираемые на плите или стенде	0,026	0,038

8. 3. Нормирование работ по изготовлению конструкций корпуса судна

Продолж. табл. 8.10

Наименование размечаемой конструкции	Способ разметки	
	По рейкам	По эскизам
	Норма времени на 1 м линии разметки, н-ч	
Секции, изготавливаемые в постелях	0,038	0,060
Секции оконечностей кор- пуса судна: носовые и кор- мовые	0,060	0,084

Таблица 8.11. Разметка полотнища под установку набора на линии ЭСАБ

Длина линии разметки, м, не более	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Время разметки для одной балки набора, н-ч	0,10	0,14	0,17	0,20	0,23	0,26	0,29	0,31	0,35	0,37

Таблица 8.12. Зачистка кромок деталей и мест установки набора под сварку на линии ЭСАБ

Толщина листов, мм, не более	Виды поверхностей				
	Кромки листов	Кромки набора	Место установки набора - полотнище		
	Вид инструмента				
	Пневмомашинка с наждачным кругом	Дробеструйное оборудование	Шлифовальная машинка		
			со щеткой	с фрезой	с абразивным кругом
	Время на 1м кромки, н-ч				
10	0,025	0,020	0,018	0,025	0,022
12	0,027				
16	0,029				
20	0,031				
24	0,033				
28	0.035				

ГЛАВА 8. НОРМИРОВАНИЕ КОРПУСОСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Продолж. табл. 8.12

Толщина листов, мм, не более	Виды поверхностей				
	Кромки листов	Кромки набора	Место установки набора - полотнище		
	Вид инструмента				
	Пневмомашинка с наждачным кругом	Дробеструйное оборудование	Шлифовальная машинка		
			со щеткой	с фрезой	с абразивным кругом
	Время на 1м кромки, н-ч				
32	0,037				
36	0,039				
40	0,041				
46	0,045				

Таблица 8.13. Установка и приварка набора на линии ЭСАБ

Диаметр электродной проволоки, мм	Толщина стенки, мм, не более	Высота стенки набора, м, не более									
		0,12	0,16	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,00	1,50	2,00
		Время на 1 м соединения, н-ч									
4	8	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	-	-	-	-
	12	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,40	-
	16	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,42	0,47
	20	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40	0,41	0,45	0,49
	26	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40	0,41	0,43	0,45	0,50	0,55
	32	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,48	0,54	0,59
5	8	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	-	-	-	-
	12	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,38	-
	16	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,40	0,45
	20	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,41	0,47
	26	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,41	0,43	0,48	0,53
	32	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	0,46	0,52	0,57
6	8	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	-	-	-	-
	12	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,36	-
	16	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,38	0,43
	20	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,39	0,45
	26	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,39	0,41	0,46	0,51
	32	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42	0,44	0,50	0,55

Таблица 8.14. Нормы времени на разметку контура секций, узлов, деталей

Тип конструкции	Вид кромок			
	Прямолинейные		Криволинейные	
	без набора	с набором	без набора	с набором
	Время на 1м кромки, которая контуруется, н-ч			
Детали, узлы	0,04	0,08	0,06	0,12
Плоскостные секции	0,03	0,06	0,04	0,08
Объемные секции	0,06	0,12	0,08	1,16

Норма времени на выполнение сварочных работ на сборочном участке учитывает затраты времени на подготовку к выполнению этих работ, непосредственно сварку и сдачу работы. Нормы времени зависят от способа сварки, конструктивных особенностей сварного соединения, положения сварного шва в пространстве и приведены *на один метр* соединения в *нормо-минутах* в табл.8.15–8.23.

Таблица 8.15. Нормы времени на автоматическую электродугую сварку под флюсом швов стыковых соединений на 1м шва, н-мин

Толщина металла <i>S</i> , мм	Количество проходов	Диаметр электродной проволоки, мм	Средняя скорость сварки, м/час	Группа конструкций		
				I	II	III
Ток постоянный, полярность обратная						
18	1	5	33,0	4,25	4,74	5,39
20	1	5	33,0	4,32	4,82	5,49
22	1	5	33,0	4,57	5,10	5,60
24	1	6	32,0	4,65	5,19	5,90
26	1	6	31,0	4,74	5,29	6,22
28	1	6	30,0	4,83	5,39	6,33
30	2	5/6	33,0	9,25	10,32	11,74
Ток переменный						
18	1	5	32,0	4,48	5,00	5,69
20	1	5	31,5	4,52	5,04	5,47

ГЛАВА 8. НОРМИРОВАНИЕ КОРПУСОСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Продолж. табл. 8.15

Толщина металла S , мм	Количество проходов	Диаметр электродной проволоки, мм	Средняя скорость сварки, м/час	Группа конструкций		
				I	II	III
22	1	5	31,0	4,70	5,24	5,97
24	1	6	31,0	4,74	5,29	6,02
26	1	6	31,0	4,74	5,29	6,02
28	1	6	30,0	4,83	5,39	6,13
30	2	5/6	30,0	10,06	11,25	12,00

Примечание: приведенное время рассчитано на сварку с одной стороны. При сварке с двух сторон приведенное время необходимо удваивать.

Таблица 8.16. Нормы времени на автоматическую электродуговую сварку под флюсом швов тавровых соединений на 1м шва, н-мин

Катет шва, мм	Количество проходов	Диаметр электродной проволоки, мм	Средняя скорость сварки, м/час	Группа конструкций		
				I	II	III
Ток постоянный, полярность обратная						
4	1	2	47,5	3,73	4,16	4,73
5	1	2	42,5	3,93	4,39	4,94
6	1	2	40,5	4,04	4,50	5,13
7	1	2	37,5	4,21	4,69	5,34
8	1	2	32,5	4,54	5,10	5,80
9	2	2	17,0	14,49	16,16	18,39
10	2	2	17,0	14,49	16,16	18,39
Ток переменный						
5	1	3	47,5	3,73	4,16	4,73
6	1	3	44,5	3,84	4,29	4,88
7	1	3	40,0	4,06	4,55	5,16
8	1	3	34,3	4,42	4,93	5,61
9	2	3	19,0	13,41	14,96	17,02
10	2	3	19,0	13,41	14,96	17,02

Примечание: приведенное время рассчитано на сварку с одной стороны. При сварке с двух сторон приведенное время необходимо удваивать.

Таблица 8.17. Нормы времени на полуавтоматическую электродуговую сварку под флюсом швов стыковых соединений на 1м шва, н-мин

Толщина металла, мм	Площадь поперечного сечения шва, мм ²	Диаметр электродной проволоки, мм	Сила тока, А	Группа конструкций		
				I	II	III
Основная сторона шва						
14	99,0	2,0	475	9,21	10,01	10,01
15	112,0	2,0	475	10,26	11,16	12,05
16	127,7	2,0	475	11,40	12,40	13,39
17	153,2	2,0	475	13,36	14,52	15,68
18	170,4	2,0	475	14,67	15,95	17,22
Обратная сторона шва						
14	25,1	2,0	475	3,56	3,87	4,18
15	25,1	2,0	475	3,56	3,87	4,18
16	25,1	2,0	475	4,28	4,66	5,03
17	34,5	2,0	475	4,28	4,66	5,03
18	34,5	2,0	475	4,28	4,66	5,03

Примечание: ток постоянный, полярность обратная.

Таблица 8.18. Нормы времени на полуавтоматическую электродуговую сварку под флюсом швов тавровых соединений на 1м шва, н-мин

Катет шва, мм	Площадь поперечного сечения, мм ²	Количество проходов	Диаметр электродной проволоки, мм	Сила тока, А	Группа конструкций		
					I	II	III
3	7,1	1	2	250	2,88	3,13	3,38
4	12,6	1	2	300	3,34	3,69	3,92
5	19,6	1	2	325	4,02	4,37	4,72
6	28,3	1	2	375	4,56	4,96	5,35
7	38,5	1	2	400	5,32	5,78	6,25
8	50,2	1	2	425	6,11	6,65	7,18

Продолж. табл. 8.18

Катет шва, мм	Площадь поперечного сечения, мм ²	Количество проходов	Диаметр электродной проволоки, мм	Сила тока, А	Группа конструкций		
					I	II	III
9	63,6	2	2	340	10,78	11,72	12,66
10	78,5	2	2	340	12,37	13,45	14,52
11	95,0	2	2	325	14,67	15,95	17,22
12	113,0	2	2	325	16,68	18,13	19,58

Примечание: приведенное время рассчитано на сварку с одной стороны. При сварке с двух сторон приведенное время необходимо удваивать.

Таблица 8.19. Нормы времени полуавтоматической электродуговой сварки в углекислом газе швов стыковых соединений на 1м шва, н-мин

Толщина металла, мм	Количество проходов	Диаметр электродной проволоки, мм	Группа конструкций		
			I	II	III
1	2	3	4	5	6
Основной шов					
8	1	1,4	9,6	10,0	11,0
10	1	1,4	13,0	14,0	15,0
12	1	1,4	16,0	18,0	19,0
14	2	1,4	20,0	22,0	24,0
16	3	2,0	15,0	17,0	18,0
18	3	2,0	17,0	19,0	20,0
20	4	2,0	22,0	24,0	26,0
22	5	2,0	25,0	27,0	29,0
24	5	2,0	30,0	33,0	35,0
26	6	2,0	36,0	39,0	42,0
28	7	2,0	40,0	43,0	47,0
30	8	2,0	45,0	49,0	53,0
32	9	2,0	50,0	54,4	58,9
36	11	2,0	56,0	60,9	65,9
38	12	2,0	60,0	65,3	70,6

Продолж. табл. 8.19

1	2	3	4	5	6
42	12	2,0	65,0	70,7	76,6
Подварочный шов					
8-10	1	1,2	4,3	4,7	5,0
12-42	1	1,2	5,8	6,3	6,8

Таблица 8.20. Нормы времени на полуавтоматическую электродугую сварку в углекислом газе швов тавровых соединений на 1м шва, н-мин

Катет шва, мм	Площадь поперечного сечения, мм ²	Количество проходов	Диаметр электродной проволоки, мм	Положение шва			
				нижнее	вертикальное	горизонтальное	потолочное
3	7,8	1	1,4	5,3	5,6	5,8	6,0
4	12,1	1	1,4	6,3	6,7	7,1	7,4
5	17,1	1	1,4	7,0	7,9	8,4	9,1
6	30,0	1	1,4	9,8	12,2	13,1	14,3
7	40,7	1	1,4	11,8	15,2	18,3	20,0
8	51,8	1	1,4	13,6	20,6	22,0	24,1
9	64,0	2	1,4	19,4	24,4	28,2	32,4
10	77,4	2	1,4	22,4	28,4	32,5	37,6

Примечание: приведенное время рассчитано на сварку с одной стороны. При сварке с двух сторон приведенное время необходимо удваивать.

Таблица 8.21. Нормы времени на ручную электродугую сварку швов стыковых соединений на 1м шва, н-мин

Толщина металла, мм	Количество проходов	Площадь поперечного сечения, мм ²	Положение шва			
			Нижнее	Вертикальное	Горизонтальное	Потолочное
8	1	19,2	9,8	11,2	11,9	13,3
10	1	24,4	11,2	13,2	14,0	16,1

ГЛАВА 8. НОРМИРОВАНИЕ КОРПУСОСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Продолж. табл. 8.21

Толщина металла, мм	Количество проходов	Площадь поперечного сечения, мм ²	Положение шва			
			Нижнее	Вертикальное	Горизонтальное	Потолочное
12	1	32,1	13,5	16,9	18,3	21,9
14	1	39,2	15,6	19,7	21,8	26,1
16	2	51,6	19,9	25,9	26,7	33,2
18	2	61,7	22,7	30,1	32,2	40,3
20	2	72,4	25,6	34,3	36,5	46,6
22	2	78,6	27,8	37,2	39,4	51,7
24	2	92,2	31,3	43,5	46,3	59,5
26	3	106,7	36,3	49,8	52,6	69,4
28	3	122,2	40,6	56,1	59,6	78,6
30	3	138,7	45,5	63,1	67,3	89,8

Примечание: приведенное время рассчитано на сварку с одной стороны. При сварке с двух сторон приведенное время необходимо удваивать.

Таблица 8.22. Нормы времени на ручную электродуговую сварку швов тавровых соединений на 1м шва, н-мин

Катег шва, мм	Площадь поперечного сечения, мм ²	Количество проходов	Диаметр электродной проволоки, мм	Положение шва			
				Нижнее	Вертикальное	Горизонтальное	Потолочное
1	1,9	1	2,0	3,0	3,4	3,5	3,6
2	4,2	1	2,0	6,6	7,7	7,9	8,5
3	7,8	1	3,0	6,2	7,1	7,4	8,0
4	12,1	1	3,0	8,9	10,5	10,9	11,8
5	17,1	1	4,0/5,0	7,2	10,2	10,6	11,9
6	30,9	1	4,0/5,0	11,1	15,9	17,0	21,0
7	40,7	2	4,0/5,0	14,4	20,4	21,3	27,2
8	51,8	2	4,0/5,0	17,5	25,0	26,1	34,6
9	64,0	2	4,0/5,0	21,0	30,1	31,9	42,3
10	77,4	2	4,0/5,0	24,8	35,6	37,7	51,2

Примечание: приведенное время рассчитано на сварку с одной стороны. При сварке с двух сторон приведенное время необходимо удваивать.

Таблица 8.23. Нормы времени на сварку стыков полотнища на линии ЭСАБ

Диаметр электродной проволоки, мм	Длина стыка, м, не более	Толщина листов, мм, не более									
		10	12	16	20	24	28	32	36	40	46
		Время на один стык, н-ч									
4	4	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,5	2,7	2,8	3,0
	6	1,7	1,8	2,2	2,4	2,6	2,9	3,0	3,3	3,4	3,7
	8	2,0	2,3	2,6	3,0	3,3	3,5	3,7	4,0	4,3	4,7
	10	2,3	2,6	3,1	3,5	3,9	4,2	4,5	4,9	5,2	5,6
	12	2,6	2,9	3,5	4,0	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6
	14	3,0	3,4	4,0	4,5	5,0	5,4	6,0	6,6	6,9	7,5
	16	3,3	3,8	4,5	5,0	5,5	6,0	6,6	7,2	7,6	8,2
5	4	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6	2,7	3,0
	6	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,6
	8	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,6	3,9	4,1	4,5
	10	2,2	2,5	2,9	3,3	3,7	4,0	4,3	4,6	4,4	5,4
	12	2,5	2,8	3,3	3,8	4,2	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
	14	2,8	3,3	3,9	4,3	4,8	5,2	5,7	6,3	6,6	7,2
	16	3,1	3,6	4,3	4,8	5,3	5,8	6,3	6,9	7,3	8,0
6	4	-	-	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,4	2,5	2,7
	6	-	-	1,9	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3,1	3,3
	8	-	-	2,4	2,7	2,9	3,2	3,3	3,6	3,9	4,2
	10	-	-	2,7	3,1	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,1
	12	-	-	3,1	3,6	4,0	4,4	4,8	5,1	5,5	5,9
	14	-	-	3,6	4,1	4,5	4,9	5,4	5,9	6,2	6,7
	16	-	-	4,0	4,5	5,0	5,5	5,9	6,5	6,8	7,4

Примечание: время рассчитано на двухстороннюю сварку стыков полотнища одновременно двумя сварочными головками с проверкой сварки и устранением дефектов.

Все сварные корпусные конструкции разделяют на три группы:

группа I – сварка стыковых соединений полотнищ и приваривание набора к полотнищам плоскостных секций, сварка

узлов набора, фундаментов и аналогичных конструкций простой конфигурации;

группа II – сварка стыковых соединений в конструкциях без изгиба, сварка узлов набора и фундаментов в полубъемных секциях с изгибом в одной или двух плоскостях, приваривание набора в конструкциях без изгиба и других конструкций средней сложности;

группа III – сварка стыковых соединений в конструкциях с изгибом, монтажных и кольцевых стыков полубъемных секций с изгибом в одной плоскости, приваривание набора в конструкциях с изгибом, узлов набора в объемных секциях, узлов Т-образной формы и фундаментов сложной конфигурации, сварка монтажных стыков объемных секций.

Для учета различных видов автоматической сварки используют следующие поправочные коэффициенты: сварка на открытых площадках, сварка узлов набора Т-образной формы и фундаментов, обшивки в открытых секциях – 1,1; сварка узлов Т-образной формы в открытых секциях с изгибом – 1,2; сварка в закрытых конструкциях – 1,35; сварка корпусных конструкций в закрытых секциях оконечностей судна (носа или кормы), машинно-котельных помещениях с большим количеством механизмов и трубопроводов – 1,45.

Для учета различных способов полуавтоматической сварки используют следующие поправочные коэффициенты: при сварке криволинейных швов – 1,05; для стыковых соединений на открытых площадках – 1,1.

Для учета различных способов ручной сварки используют следующие поправочные коэффициенты: в неудобном положении – 1,06; в закрытых или полуоткрытых тесных конструкциях – 1,1; при сварке на высоте более 3 м с использованием специальных устройств – 1,15; в тесных замкнутых отсеках, закрытых конструкциях с перекрестным набором – 1,4;

для криволинейных швов – 1,05; на открытых сборочных площадках – 1,1.

При сварке с обратным формированием сварного шва необходимо применить поправочный коэффициент – 0,7; сварке тремя сварочными головками – 0,8; одной сварочной головкой – 1,5; без обратного формирования сварного шва – 1,1.

8.4. Нормирование стапельных работ

Ниже приведен расчет технологической трудоемкости по формированию корпуса судна на построечном месте. Трудоемкость рассчитывается по укрупненным нормативам по формуле:

$$T = (T_{\text{подг}} + T_y + T_{\text{пр.к.}} + T_{\text{ст.к.}} + T_{\text{ст.н.}} + T_{\text{пр}} + T_{\text{пр.к.}} + \\ + T_{\text{пр.н.}} + T_{\text{св.к.}} + T_{\text{св.н.}}) k_1 k_2$$

где $T_{\text{подг}}$ – норма времени на подготовку построечного места; T_y – норма времени на установку конструкции на построечное место; $T_{\text{пр.}}$ – норма времени на проверку секции; $T_{\text{ст.к.}}$ – норма времени на стыкование кромок конструкций; $T_{\text{ст.н.}}$ – норма времени на стыкование кромок набора; $T_{\text{пр}}$ – норма времени на притыкание кромок полотнищ конструкций; $T_{\text{пр.к.}}$ – норма времени на причерчивание кромок конструкции; $T_{\text{пр.н.}}$ – норма времени на притыкание кромок набора; $T_{\text{св.к.}}$ – норма времени на сварку кромок листов; $T_{\text{св.н.}}$ – норма времени на сварку набора; k_1 – коэффициент, учитывающий построечное место; k_2 – коэффициент, учитывающий серийность судна.

Все используемые нормативы времени рассчитаны на выполнение работ на открытом горизонтальном построечном месте в условиях единичного или мелкосерийного производства. При работе в других условиях следует применить

ГЛАВА 8. НОРМИРОВАНИЕ КОРПУСОСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

к нормам времени поправочные коэффициенты, приведенные в табл.8.24.

Таблица 8.24. Коэффициенты, учитывающие тип построечного места, н-ч.

Тип построечного места		Коэффициент	
		сборка	проверка
Наклонный стапель		1,1	1,2
Сухой док		1,05	1,0
Эллинг		0,9	1,0
На плаву	Внутренние конструкции корпуса и надстройки	1,2	1,2
	Формирование корпуса	1,5	1,5

При строительстве судов одного проекта в зависимости от их классификации, порядкового номера судна в серии и годового выпуска к нормативам времени следует применить поправочные коэффициенты, приведенные в табл.8.25

Таблица 8.25. Коэффициент, учитывающий серийность судна, н-ч.

Порядковый номер судна одной серии, строящейся на предприятии	Классификация судна		
	Крупное, длиной более 200 м	Среднее, длиной 80 – 200 м	Малое, длиной до 80 м
	Коэффициент не более		
1-ое (головное)	1,30		1,20
2-е	1,20		1,10
3-е	1,00		
с 4-го по 5-е	0,95	0,90	0,85
с 6-го по 15-е	0,90	0,85	0,8
от 15-го и более	-	0,8	0,75

Норма времени на подготовку стапеля к закладке корпуса судна включает в себя время на выполнение следующих

работ: зачистка прихваток после удаления приспособлений; установка строительных опор на штатные места; их проверка и выравнивание, а также сдача работы. Расчетная формула на один кильблок и поправочные коэффициенты к ним приведены в табл.8.26.

Таблица 8.26. Норма времени на подготовку стапеля, н-ч.

Вид кильблока	Формула	Сокращения	Коэффициент
кильблоки на тележках	$T_{\text{подг}}=0,2B+0,7$	B – ширина судна, м	при установке кильблока в оконечностях – 1,5
кильблоки на тумбах	$T_{\text{подг}}=0,24B+0,87$		

Норма времени на установку плоскостных секций учитывает затраты времени на установку, выравнивание секции при установке, а также подготовку под стыкование и обжатие, сдачу работы. Расчетные формулы приведены в табл.8.27.

Таблица 8.27. Норма времени на установку плоскостных секций, н-ч.

Тип секции		Формула	Сокращения	Коэффициент
Днищевые	закладные	$T_y=0,045P+0,6$	P – полупериметр секции, м.	– с погибью в одном направлении – 1,2; – с погибью в двух направлениях – 1,4; – с припусками – 1,3; – в оконечностях – 1,5; – по одной монтажной кромке – 0,8; – по двум монтажным кромкам – 1,0; – по трем монтажным кромкам – 1,2.
	в средней части	$T_y=0,11P+1,3$		
Переборки	корпуса	$T_y=0,07P+0,9$		
	надстройки	$T_y=0,06P+0,7$		
Выгородки		$T_y=0,05P+0,7$		
Бортовые		$T_y=0,19P+2,2$		
Палубы и платформы		$T_y=0,114P+1,44$		
Фальшборт		$T_y=0,075P+0,75$		

ГЛАВА 8. НОРМИРОВАНИЕ КОРПУСОСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Норма времени на установку объемных секций, блоков корпуса и надстроек (без припусков) учитывает затраты времени на установку, выравнивание, проверку при установке, а также подготовку под стыкование и обжатие, сдачу работы. Учитывается, что корпусная конструкция соединяется по пазам и стыкам в двух монтажных плоскостях. Нормы времени на установку одной конструкции приведены в табл.8.28.

Таблица 8.28. Нормы времени на установку объемных секций и блоков, н-ч.

Сумма основ- ных размеров конструк- ций, Р, м	Наименование объемных секций и блоков							
	Днищевые		Борто- вая	Блоки кор- пуса	Над- стройки , рубки	Коффер- дамы	Оконеч- ности	Палубы
	сред- ней части	скуло- вые						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	2,6	3,2	4,5	4,3	3,8	3,0	6,6	3,4
10	4,2	5,4	7,3	7,3	6,5	4,8	11,1	5,7
14	5,8	7,3	9,9	9,9	8,8	6,6	15,0	7,8
18	7,2	9,8	13,8	13,2	11,8	8,8	20,0	10,4
22	9,3	11,7	16,5	15,8	14,3	10,5	24,0	12,5
26	11,2	14,1	19,9	19,0	16,9	12,7	28,8	14,9
30	12,8	16,1	22,7	21,7	19,4	14,5	33,0	17,1
35	14,8	18,6	26,2	25,0	22,4	16,7	38,0	19,7
40	17,0	21,5	30,3	29,0	26,9	19,3	44,0	23,0
45	19,4	24,4	34,4	32,9	29,4	22,0	49,9	25,8
50	21,6	27,1	38,2	36,6	32,6	24,4	55,5	28,8
55	23,7	29,9	42,0	40,2	35,9	26,8	61,0	31,7
60	26,0	32,6	46,0	43,9	39,2	29,3	66,6	34,6
65	28,0	35,3	49,6	47,5	42,5	-	72,0	-
70	30,3	37,1	53,6	51,2	45,7	-	77,7	-
80	36,2	43,5	61,2	58,0	52,3	-	88,8	-
90	39,0	49,0	71,7	66,0	59,0	-	100,0	-
100	43,2	54,3	76,6	73,2	65,4	-	111,0	-

Для особых условий следует применять следующие поправочные коэффициенты:

- с соединением по пазам и стыкам в одной монтажной плоскости – 0,8;
- с соединением по пазам и стыкам в трех монтажных плоскостях – 1,2;
- в районе с большим количеством насыщения, если оно мешает установке конструкции – 1,3;
- в закладных – 0,9;
- с припусками – 1,3;
- в забой – 1,25;
- надстроек в сборе с верхней палубой и секций, формирующих вырез грузового люка – 1,2.

Норма времени на стыкование, обжатие (притыкание) кромок конструкции учитывает затраты времени на совмещение и подгонку кромок с помощью приспособлений, а также закрепление на электроприхватках или гребенках и сдачу работы. Нормы времени на стыкование и обжатие листовых кромок конструкции приведены на 1 м соединения в табл.8.29.

Таблица 8.29. Нормы времени на стыкование и обжатие конструкций, н-ч.

Толщина соединяемых кромок S , мм	Стыкование	Обжатие (притыкание)
2	0,32	0,24
4	0,31	0,24
6	0,30	0,23
10	0,32	0,24
15	0,35	0,27
20	0,38	0,29
25	0,41	0,31
30	0,44	0,34
40	0,50	0,38
50	0,56	0,43
60	0,62	0,47
80	0,74	0,56

Для упрощенного расчета можно применять формулы:

- для стыкования кромок $T_{\text{ст}} = 0,006 \cdot (S-6) + 0,3$;
- для обжата (притыкания) $T_{\text{пр}} = 0,00456 \cdot (S-6) + 0,228$.

Для особых условий следует применять следующие поправочные коэффициенты:

- для кольцевых монтажных стыков блоков – 1,2;
- под вертикальную автоматическую сварку – 1,2;
- для гофрированных кромок – 1,2.

Норма времени на стыкование и притыкание концов набора учитывает затраты времени на подгонку концов набора стыкуемых или притыкаемых профилей, причерчивание и удаление припуска, выравнивание по плоскости, обжатие, состыковывание, а также закрепление на электроприхватках и сдачу работы. Нормы времени на стыкование и притыкание концов набора приведены на одно соединение в табл.8.30.

Таблица 8.30. Нормы времени на стыкование и притыкание концов набора, н-ч.

Вид профиля		Формула	Сокращения	Коэффициент
Тавровый, угловой	стыкование	$T_{\text{ст.н.}} = (0,335H + 0,23) \cdot 1,1$	H – высота набора, м	- двутаврового или швеллерного профиля – 1,2; - полосового профиля – 0,8
	притыкание	$T_{\text{пр.н.}} = (0,25H + 0,17) \cdot 1,1$		
Полособульбовый, полосовой	стыкование	$T_{\text{ст.н.}} = (0,5H + 0,14) \cdot 1,1$		
	притыкание	$T_{\text{пр.н.}} = (0,5H + 0,14) \cdot 0,825$		

Норма времени на выполнение проверочных работ на построечном месте учитывает затраты труда на проверку секций или блоков при установке.

При расчете трудоемкости проверочных работ для учета конструктивно-технологических особенностей секций применяют следующие коэффициенты: на секции и блоки с погибью в одном направлении – 1,2; на секции и блоки с поги-

8. 4. Нормирование стальных работ

бью в двух направлениях – 1,4; на закладные секции и блоки – 1,2. Нормы времени приведены в табл.8.31–8.32.

Таблица 8.31. Нормы времени на проверку одной плоскостной секции корпуса (без припуска/с припуском), н-ч.

Полупериметр секции, м, не более	Наименование секции				
	Днищевая в средней части	Днищевая скуловая	Бортовая	Переборки	Палубная
10	1,4/2	1,8/2,8	2,2/3,0	1,3/2,4	1,5/2,4
14	1,7/2,8	2,2/3,6	3,0/4,3	1,5/3,1	2,0/3,4
18	2,2/3,6	2,8/4,6	3,9/5,5	2,0/4,0	2,6/4,3
22	2,8/4,6	3,6/6,0	5,0/7,1	2,7/4,8	3,4/5,6
26	3,4/5,6	4,4/7,3	6,0/8,7	3,2/6,2	4,0/6,8
30	4,0/6,5	5,1/8,4	7,0/9,9	3,6/6,8	5,0/7,8
35	5,0/7,6	6,5/9,9	9,0/11,6	4,8/8,3	6,0/9,0
40	6,0/8,7	8,0/11,0	11,0/13,3	5,7/10,0	7,0/10,8
45	8,0/9,8	10,0/12,3	15,0/15,0	7,6/11,5	8,0/12,2
50	9,0/10,9	12,0/13,6	17,0/17,0	8,6/13,0	9,0/13,8

Таблица 8.32. Нормы времени на проверку одной объемной секции, блока корпуса (без припуска/с припуском), н-ч.

Сумма основных размеров, м, не более	Наименование секции				
	Днищевая в средней части	Днищевая скуловая	Бортовая	Блоки	Оконечности
18	2,8/4,6	3,7/6,0	5,3/8,7	4,8/7,7	7,3/11,7
22	3,5/5,8	4,5/7,4	6,8/11,1	5,8/9,8	9,0/14,4
26	4,2/7,0	5,5/9,1	8,0/13,4	7,1/12,0	11,0/17,5
30	5,0/8,2	6,5/10,5	9,5/15,5	8,5/13,9	13,0/20,8
35	6,0/9,5	7,8/12,6	11,4/17,8	10,2/16,0	15,6/25,0
40	7,0/11,4	9,0/14,8	13,3/21,9	12,0/19,5	18,2/29,0
45	8,0/13,3	10,3/17,4	15,7/25,2	13,5/22,8	21,0/33,7
50	9,0/15,4	11,6/20,0	17,2/29,0	15,0/26,0	23,4/37,4
55	9,8/17,3	12,7/22,3	18,5/32,2	16,5/28,6	25,0/40,0

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Адлерштейн, Л. Ц.** Постройка корпусов судов на стапеле [Текст] : справочник / Л. Ц. Адлерштейн, А. Я. Розанов, В. Ф. Соколов и др. – Л.: Судостроение, 1977.
2. **Артес, А. Э.** Контроль качества продукции машиностроения [Текст] / А. Э. Артес, Э. Н. Гончаров и др. – М. : Издательство стандартов. 1974.
3. **Арю, А. Р.** Комплексная подготовка производства в судостроении [Текст] / А.Р. Арю. Л. : Судостроение. 1988.
4. **Ашик, В. В.** Методы построения и согласования судовой поверхности с помощью ЭВМ [Текст] / В. В. Ашик. – Л. : Судостроение, 1978.
5. **Бронников, А. В.** Проектирование судов [Текст]: учебник / А. В. Бронников – Л. : Судостроение, 1991. – 320 с.
6. **Воленюк, Л. С.** Исследование спуска судов на воду с помощью пневматических баллонов [Текст] / Л. С. Воленюк // MOTROL–Commission of Motorization and Energetic in Agriculture, 2014. – Vol. 16. – No 2. – p. 189–193.
7. **Галкин, В. А.** Справочник судосборщика [Текст] / В. А. Галкин. – Л. : Судостроение, 1987. – 272 с.
8. **Галкин, В. А.** Справочник по сборочно-сварочной оснастке цехов верфи [Текст] / В. А. Галкин. – Л.: Судостроение, 1983. – 304 с.

9. **Глозман, М. К.** Технологичность конструкций корпуса морских судов [Текст] / М. К. Глозман. – Л. : Судостроение, 1984. – 254 с.

10. **Желтобрюх, Н. Д.** Технология судостроения и ремонта судов [Текст] / Н. Д. Желтобрюх. – Л. : Судостроение, 1990. – 344 с.

11. **Жигулина, С. И.** Сварные соединения стальных корпусных конструкций [Текст]: учебно-метод. пособие / С. И. Жигулина, В. Н. Перов, А. С. Рашковский. – Николаев : УГМТУ, 2003. – 53 с.

12. **Загайкевич, Д. Н.** Продольный спуск судов [Текст] / Д. Н. Загайкевич. – Л. : Судпромгиз, 1950. – 240 с.

13. **Курдюмов, А. А.** Спуск судов [Текст] / А. А. Курдюмов, В. В. Козляков, В. Ю. Лейзерман, В. Ф. Соколов и др. – Л. : "Судостроение", 1969. – 416 с.

14. **Мацкевич, В. Д.** Сборка и сварка корпусов судов [Текст] / В. Д. Мацкевич. – Л. : Судостроение, 1968.

15. Механизация и автоматизация судостроительного производства [Текст] : справочник / Л. Ц. Адлерштейн, М. И. Клестов, Л. А. Нахамкин [и др.]; под общ. ред. Л. А. Нахамкина. – Л. : Судостроение, 1988.

16. **Мильто, А. А.** Совершенствование продольного спуска судов [Текст] / А. А. Мильто, Л. Н. Студенко, Л. П. Суслова и др. – Л. : Судостроение, 1973.

17. Модульная постройка судов [Текст] / Л. Ц. Адлерштейн, Г. В. Бавыкин, А. Л. Васильев и др. – Л. : Судостроение, 1983. – 320 с.

18. **Новиков, И. Г.** Аналитические методы плазово-технологической подготовки судостроительного производства [Текст] / И. Г. Новиков, И. В. Зефиоров, Д. Г. Файзулин. – Л. : Судостроение, 1984.

19. Основы механизации и автоматизации судостроительного производства [Текст] : учебник / Г. В. Бавыкин,

В. П. Доброленский, А. С. Рашковский, В. Ф. Соколов и др.; под общ. ред. проф. В. Ф. Соколова. – Л. : Судостроение, 1989. – 360 с.

20. Основы технологии судостроения [Текст] : учебник / В. Л. Александров, Г. В. Бавыкин, В. П. Доброленский, Ф. В. Догadin, В. Д. Мацкевич, А. С. Рашковский, В. Ф. Соколов и др.; под общ. ред. проф. В. Ф. Соколова. – СПб. : Судостроение, 1995. – 400 с.

21. Правила классификации и постройки морских судов. Российский морской регистр судоходства. – С.Пб. : РМРС, 1999. – Т.1 – 471с.

22. Правила класифікації та побудови морських суден. Регістр судноплавства України. – К. : Р.У, 2002. – Т.1 – 368 с.

23. **Рашковский, А. С.** Комплексная подготовка производства при строительстве композитных плавучих доков на ХГЗ "Паллада" [Текст] / А. С. Рашковский, Н. Г. Слуцкий // Международный сб. научн. трудов "Прогрессивные технологии и системы машиностроения". – Донецк : ДонНТУ, 2007. – Вып. 33. – С. 276–282.

24. **Рашковский, А. С.** Менеджмент качества при строительстве композитных плавучих сооружений на ХГЗ "Паллада" [Текст] / А. С. Рашковский, Н. Г. Слуцкий // Научный журнал "Коллега". – Київ : НАН України, 2007. – № 2. – С.13–16.

25. **Рашковский, А. С.** Исследования по созданию плоской поверхности продольных наклонных стапелей для спуска судов на пневматических баллонах [Текст] / А. С. Рашковский, Л. С. Смирнова // 36. наук. праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2013. – № 1. – С. 11–15.

26. **Рашковский, А. С.** Сварные соединения стальных корпусных конструкций [Текст] : метод. пособие / А. С. Рашковский. – Николаев : НКИ, 1992. – 48 с.

27. **Рашковский, А. С.** Математическое моделирование процесса подготовки производства для строительства ком-

позитных плавучих сооружений [Текст] / А. С. Рашковский, А. В. Щедролосев, В. М. Нейман // *Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy*. – Baki, 2017. – №2. – С.76–85.

28. Технология судостроительных материалов [Текст] : учебник / В. И. Васильев, А. Д. Гармашов, А. Д. Озерский, А. С. Рашковский, Л. И. Шведов. – Л. : Судостроение, 1990. – 312 с.

29. Технология судостроения [Текст] : учебник / В. Л. Александров, А. Р. Арья, Э. В. Ганов, А. В. Догадин, В. Ю. Лейзерман, А. С. Роганов и др. ; под общ. ред. А. Д. Гармашова. – СПб. : Профессия, 2003. – 342 с.

30. Технология изготовления конструкций корпуса судна [Текст] : учебник / А. С. Рашковский, В. Н. Перов, С. Н. Слижевский, Н. В. Цыкало; под общ. ред. проф. А. С. Рашковского. – Николаев : НУК, 2017. – 300с.

31. **Ширшов, И. Г.** Научные основы технологии правки металлопроката [Текст] / И. Г. Ширшов. – СПб. : Политехника, 1998.

32. **Ширшов, И. Г.** Плазменная резка [Текст] / И. Г. Ширшов, В. Н. Котиков. – СПб. : Машиностроение, 1987.

33. **Rashkovskiy, S. A.** Rolling resistance of marine airbags at the longitudinal inclined slipway during ship launching *International Shipbuilding Progress* [Tekst] / S. A. Rashkovskiy, A. S. Rashkovskiy. – Amsterdam The Netherlands, 2014. – № 61. – P. 41–59.

34. **Volenyuk, L. S.** Ship stability analysis during launching from longitudinal sloping slipway by pneumatic airbags [Tekst] / L. S. Volenyuk, A. S. Rashkovskiy // *International Shipbuilding Progress* – Amsterdam The Netherlands, 2017. – № 65. – P. 1–10.

РУССКО-АНГЛИЙСКИЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ ПО ТЕХНОЛОГИИ СУДОСТРОЕНИЯ

Данный словарь терминов, используемых в практике работы судостроительных верфей и при подготовке специалистов для судостроения, составлен на основании "Словаря по технологии судостроения", изданного под редакцией профессоров Е. Вибека и В.Д. Мацкевича. Он включает термины по следующим основным направлениям: производственный процесс, плазовые и разметочные работы, изготовление деталей корпуса судна, сборка и сварка корпуса, спуск и докование судов, корпусодостроечные работы, монтаж судовых энергетических установок, испытание и сдача судов, подъемно-транспортные работы.

Аварийный агрегат	emergency unit
аварийный компрессор	emergency compressor
автогенная резка	flame cutting
автоматическая сварка	autowelding
агрегатный узел	unit assembly block
акватория верфи	shipyard basin
акт приемки	statement of delivery
амортизатор	shock absorber
антикоррозионная краска	anticorrosive paint
арматура	fittings
атомная силовая установка	nuclear power plant

База (расстояние между опорами)	unsupported length
база данных	data base
базовая деталь	basic hull component
базовая линия	base line
базовый склад	basic store
баксовое давление	pivoting pressure
балансировка винта	balancing of a propeller
балка	beam
балка жесткости	stiffening girder
балластировка (дока)	ballasting
балочный задержник	beam brake
баржа	barge
батокс	buttock
батопорт (плавучий затвор)	dock pontoon
башенные леса	tower type shoring
башенный кран	tower crane
башня плавучего дока	side wall of a dock
башня стапельных лесов	staging tower
бегучий такелаж	running rigging
безгратовая резка	crast-free cutting
бензель	seizing
беседка	boatswain's chair
бескничное соединение	bracketless joint
блок секций	block of sections
блок судна с насыщением	section block with outfitting
блочный метод строительства	block-building method
боковая клетка	side cribbing
боковая стенка дока	side wall of a dock
боковой кильблок	side kiel block
боковой спуск	side launching
боковой упор (в доке)	side shore
бортовой вырез	ship's side opening

бревно	log
брезент	tarpauling
брезентовый чехол	tarpauling cover
бросательный конец	heaving line
брус	bar
брусок настила палубы	plank
брызгозащитный кожух	splash plate
буксир (судно)	tug
бульб (оконечность судна)	bulb
бульбовый профиль	bulb section
бухта (каната, троса)	coil of rope
бухта (провода)	coil of wire
бухтина	bulge
Вакуумный присос	vacuum socker
вал	shaft
валиковая кисть	paint roller
валок	roll
валоповоротное устройство	shaft turning gear
валопровод (линия вала)	shaft line
ванна для травления	pickling bath
ванта	shroud
ватервейс	waterway plank
ватерлиния	water line
ватерпас (уровень)	water level
ввод (судна) в сухой док	dry-docking
ввод кабеля	cable lead-in
вентиляционный раструб	ventilating cowl
вертикальный судоподъемник	vertical ship lift
верфь	yard
верхний валок	upper roll
весок (отвес)	plumb

взаимозаменяемость	interchangeability
виброгаситель	oscillation damper
вибродатчик	vibration pick-up indicator
виброметр	vibrometer
вибросито	vibrating screen
визирная труба	finder
визуальный контроль (осмотр)	visual inspection
вилочный захват	fork grip
винтовая стойка	screw stanchion
винтовая стяжка	turnbuckle
винтовой домкрат	screw jack
винтовой захват	screw grip
винтовой прижим (струбцина)	screw clamp
винтовой талреп	rigging screw
водопескоструйная очистка	water sandblasting
воздушно-дуговая резка	air-arc cutting
воздушно-дуговая строжка канавок	air-arc gauging
воздушно-плазменная резка	plasma cutting
волнистость	buckle
волнообразный лист	wave shape plate
временное крепление	temporal attachment
время нахождения судна в доке	docking time
время отдыха	rest time
время эксплуатации	service time
всплытие (до отделения полозьев от спусковых дорожек)	beginning of floating up
	till free floating off
всплытие (перед выводом судна из дока)	floating up
всплытие (подъем оконечности при спуске на воду)	stern lifting
вспомогательное производство	auxiliary production

вспомогательный котел	auxiliary boiler
вспомогательный механизм	auxiliary machinery
выбег судна	stopping way of a ship
вывод (судна) из дока	undocking
вывод судна из сухого дока	dry-dock launching
выгрузка (груза)	unloading
выгрузка груза (с судна)	unshipment
выдержка (без падения давления)	time lag without pressure drop
вылет (крана)	boom
выравнивание (деталей на стапеле)	fairing
вырез для облегчения веса конструкции	lightening hole
вырезка деталей	cutting of structural members
вырубка шва	cutting away of a seam
высадка кромок (фланжировка)	joggling
высокопрочная сталь	high tensile steel
высота подъема	height of lift
высота профиля	height of profile
выход судна	ship's departure
вязание узла	knot-tying
вязкость	viscosity
Габаритный размер	overall dimension
газопламенная очистка	flame cleaning
газорезательная машина	flame-cutting machine
газорезательный автомат	automatic flame-cutting machine
гаммаграфирование	gamma-ray examination
гарантийное обязательство	guaranty obligation
гарантийное письмо	letter of guarantee

гарантийный срок	guarantee period
гарантия	guarantee
генеральный график работ	general progress chart of works
геодезическая линия	geodesic line
геометрически подобная модель	geometric similar model
геометрия судна	geometry of a ship
герметичность	hermetical tightness
гибка листа	plate bending
гибка листа по конической поверхности	conical plate bending
гибка местным нагревом	forming by local heating
гибка на плите	anvil bending
гибка по цилиндрической поверхности	circle plate bending
гибка с приданием двоякой кривизны	two axis bending
гибка с приданием кривизны одного направления	one axis bending
гибка труб	pipe bending
гибкое лекало	sheer lath
гибочные вальцы	bending rolls
гибочный диск	bending disk
гибочный пресс	bending press
гибочный станок	bending machine
гибочный шаблон	set iron
гидравлический домкрат	hydraulic jack
гидравлический пресс	hydraulic press
гидравлическое испытание	hydraulic test
гильотинные ножницы	guillotine shears
главная силовая установка	main propulsion plant
главное производство	basic production

главный двигатель	main propulsion engine
глубиномер	depth meter
глушение (трубы)	stopping up
гнутой лист	curved sheet
гнутой профиль	bended bar
головка резака	blowpipe head
головное судно	prototype ship
горячая гибка	hot forming
гофрирование	corrugating
гофрирование листов переборки	langing of bulkhead plates
грат (заусенец)	burr
график работ	work schedule
гребной вал (концевой вал)	propeller shaft
гребной винт	propeller
гребной винт регулируемого шага	variable-pitch propeller
гребной винт фиксированного шага	fixed-pitch propeller
грузовой гак	cargo hook
грунт (краска)	priming paint
Давление на копылья	poppet pressure
давление на кормовой блок	pressure on the aft block
давление на насалку	pressure on launching grease
давление на опору	support pressure
давление на порог стапеля	way-end pressure
давление на спусковые салазки	launching pressure
давление на стапель	pressure on the standing ways
движение	movement
двусторонняя сварка	two-sided welding
двутаповая балка	I-girder
двухбашенный плавучий док	double-walled floating dock

дейдвуд	deadwood
дейдвудная труба	shaft stern tube
действие	action
декоративная зашивка	decorative lining
декоративная планка	finishing strip
дельные вещи	hull fittings
деревООбрабатыВАЮЩИЙ цех	wood working shop
деревООбрабатыВАЮЩИЙ станок	wood processing machine
деревянный шаблон	wooden template
держатель	holder
деталь	detail
дефект	defect
дефект (газовой) резки	cutting defect
деформация корпуса	hull deflection
деформация поперечного сечения судна	distortion of ship's cross section
диаграмма спуска	launching diagram
диаметральная плоскость	longitudinal center plane
дизель Diesel engine	
дизель электрическая установка	Diesel-electric propulsion plant
динамометрический ключ	torque indicating wrench
дисбаланс винта	unbalance of a propeller
дисковая пила	disk saw
дисковые ножницы	disc shears
дифферент	trim
дифферент на корму	trim by the stern
дифферент на нос	trim by the head
доводка	reworking
доделочные работы	finish-off works
док	dock

док-кессон	caisson for afterbody or fore-body
докование	docking
доковая клетка	careering grid
доковая клетка (килевая)	keel-track cribbing
доковая клетка (скуловая)	bilge cribbing
доковая опора	dock support
доковый чертеж	docking plan
домкрат	hoisting jack
допуск	tolerance
допустимое отклонение	specific tolerance
дорн (сменная оправка для труб)	removable mandrel
дорожки для поперечного перемещения судна	shifting ways
дорожки для поперечного спуска	launching ways for side launching
доска	board
достроечная набережная	fitting-out quay
достроечно-монтажные работы	fitting-out work
достроечные работы	fitting out
достроечный док	outfitting dock
достроечный период	fitting-out period
достроечный участок	fitting-out region
достроечный цех	fitting-out shop
достройка судна	fitting-out of a ship
древесина	wood
древесно-волокнистая плита	wood-fiber plate
древесно-стружечная плита	splint-slab plate
дрейф	drift
дробемет	wheelabrator
дробеметная очистка	shot blast cleaning
дробеструйный аппарат	shot blasting plant

дробь	shot
дуга (резка)	arc
дуговая резка	arc cutting
дюритовое соединение	rubberized-fabric hose
Единичное производство	unitary production
Железнодорожный путь	rail track
жила кабеля	wire strand
Забортная арматура	outboard fittings
заводка болта	inserting a bolt
заводка стропа	setting up a sling
заводское испытание	factory test
заглушка	blank flange
заготовка	blank
загрязнение	pollution
заданный размер	given dimension
затвор (клинкет)	gate valve
заделка конца троса	pointing of a rope
заделка коуша	turning in of a thimble
задержник	brake
зажимной хомут	jamming piece
заземление	earthing
зазор	gap
зазор между ножами	gap between blades
зазор под сварку	joint opening
заказчик	customer
закалка	hardening
закатка тележек	roll on of carriages
закладка корпуса	keel-laying
закладная секция	laying-down section

заклепка	rivet
закрепление	fixation
закругление кромки реза	rounding of edge
заливка кабельной коробки	sealing cable box
заливка подшипника	lining-up a bearing
заливка смолой	paying by pitch
замазка	putty
заполнитель	filling-in matter
заполнитель слоистой конструкции	sandwich core
запорная арматура	cut-off fittings
запрессовка	press-fitting
заслонка	shutter
застропливание	slinging
затвор (ворота дока)	dock gate
затопление дока	flooding of a dock
затягивание болта	tightening of a bolt
затягивание кабеля (кабельная разводка)	cabling
захват (губка)	clamp
захват (подъемное приспособление)	lifting tackle
зачистка (кромки после газовой резки)	burring
зачистка кромок	cutting of selvages
зашивка панелями	wall lining
зенковка	counter sinking
зигование	bead forming
Изготовление деталей	components fabrication
излом	deviation
имитирующее устройство	simulator
индивидуальное производство	custom-made construction
индивидуальный процесс	individual process

искривление вала	curvature of a shaft
искробезопасный инструмент	sparkproof tool
исправление	improvement
испытание	test
испытание (проверка)	inspection
испытание в полном грузу	full-load trial
испытание главного двигателя	main engine trial
испытание головного судна	first-of-a-class trial
испытание давлением	pressure test
испытание давлением воды	water-pressure test
испытание качки судна	ship motion trial
испытание механизмов	machinery test
испытание на водонепроницаемость	watertightness testing
испытание на газонепроницаемость	gastightness test
испытание на нефтенепроницаемость	oiltightness test
испытание обдувом	air-blast test
испытание под нагрузкой	load test
испытание поливом	hose test
испытание рулевого устройства на заднем ходу	aft steering test
испытание рулевого устройства на переднем ходу	ahead steering test
испытание сжатым воздухом	air-pressure test
испытания маневренных качеств	manoeuvrability trial
испытания на мерной миле	speed trials over the measured mile
испытания на швартовах	bollard trial
испытательный стенд	testing stand
Кабель	cable
кабельная коробка	cable transit box
кабельная панель	cable panel

кабельный барабан	cable drum
кабельный канал	cable duct
кабельный кран	cable crane
кабельный наконечник	cable socket
каболка	cable jam
календарный график работ	operations schedule
калькуляционное время	calculated time
канатный задержник	cable brake
кантование	tilting
кантователь	tilting device
каркас	skeleton
карта раскроя	cutting-out chart
касательная	tangent
качающаяся постель	swing jig
керамическая плитка	ceramic tile
кернение	center-punching
кернер	center punch
керосиновая проба ("на мел-керосин")	"chalk-kerosine" test
кессон	caisson
килевая линия	keel line
кильблок	keel block
кингстонная выгородка	sea valve chest
кингстонная коробка	inlet suction box
кислородная резка	oxygen cutting
кислородная строжка	oxygen planing
кислородно-ацетиленовая резка	oxyacetylene cutting
кислородно-дуговая резка	oxygene-arc cutting
кислородно-пропановая резка	oxypropane cutting
кислородно-флюсовая резка	powder cutting
кисть	brash
клемма	terminal
клепанный шов	riveted seam
клетка (на стапеле)	cribbing

клеющая способность	adhesive ability
клин	wedge
кница	bracket, knee
кничное соединение	bracket joint
ковш стапеля	gutter of a slipway
кожух двигателя	machinery engine casing
кожух дымовой трубы	funnel casing
козловой кран	gantry crane
козлы	trestle
колесо трубопровода	elbow
колер	tint
кольцегибочный станок	rings bending machine
комингс	coaming
комингс горловины	manhole coaming
комингс двери	door coaming
комингс люка	hatchway coaming
компаундная мастика	sealing compaund
комплексная механизация	complex mechanisation
комплектация деталей	structural member
	completion
комплектующая площадка	completion space
компрессор	compressor
кондуктор	jig
конец реза	end of a cut
консервация	conservation
консистенция краски	consistence
консольная газорезательная машина	radialarm cutting machine
конструктивная модель корпуса	built-up model
конструктивный дифферент	designed slope of keel
конструктивный элемент	structural member
конструкторская подготовка производства	constructive preparatory work

контрагент (предприятие)	contractor
контроль без измерений(визуальный контроль)	check by visual inspection
контроль дифферента	trim monitoring
контроль качества	check of qualitative characteristics
контроль осадки	draught control
контроль остойчивости	stability control
контрольная риска	control mark
контуровка	profiling
концевая арматура	end fittings
копылья	launching poppets
копылья левого борта	port poppets
копылья правого борта	starbord poppets
кормовой перпендикуляр	aft perpendicular
кормовой полоз	stern sliding way
кормовой шпангоут	aft frame
кормовые копылья	aft poppets
коробление	warpage
коробчатый профиль	box section
корпус дока	dock structure
корпусосборочный цех	hull assembly shop
котел	boiler
котельное отделение	boiler room
коуш	thimble
кран	crane
кранец	fender
крановая тележка	crane carriage
крановый путь	crane track
краситель	pigment
краска	paint
краскосмеситель	paint mixer

крен	heel
кренование судна	heeling experiment
кривизна	curvature
криволинейная спусковая дорожка	cambered slipway
кринолин	crinoline
кромка	edge
кромка реза	edge of a cut
кромкогибочный (фланцегибочный) станок	flanging machine
кромкострогательный станок	edge planing machine
кронштейн	bracket
кронштейн вала	shaft bracket
круглый стальной прокат	round steel bar
круговой рез	circle cut
крупногабаритная деталь	bulky member
крышка люка	hatchway cover
крюк	crane hook
кувалда	sledge hammer
курьовый задержник	trigger brake
Лазер	laser
лак	varnish
лакирование	lacquering
лебедка	winch
легированная сталь	alloyed steel
легкая переборка	non-structural bulkhead
легкий сплав	light-metal alloy
лекало	mould
лекальная линия	curve
ленточная пила	band saw
ленточный конвейер	bandconveyer
леса	assembling scaffold

леса на кронштейнах	corbel shoring
линиягиба	line of bend
линияпогиби	camber line
линия слома	knuckle line
линия штевня	stem contour
линолеум	linoleum
линь	line
лист	plate
лист двоякой кривизны	double-curved plate
лист конической формы	conical plate
лист с изгибом в двух плоскостях	crowned and twisted plate
листовая деталь	plate member
листовой прокат	rolled plates
листогибочные вальцы	plate bending rolls
листогибочный станок	plate bending machine
листопрямительные вальцы	plate straightening rolls
листоукладчик	plate packer
ломик	wrecking bar
лъяльная крышка	limber board
люверс	eyelet
Магистральный кабель	feeder cable
макет	mock-up
малка	bevel
малкование	bevelling
малковочный станок	angle flanging machine
малочник	bevel protractor
малярный цех	painting shop
манипулятор	manipulator
марка углубления	draught mark
маркировка кабеля	cable marking
массовое производство	mass production

мастика для палубного покрытия	deck cement mastic
масштабная линейка	bar
масштабная разбивка	scaled laying-off
масштабное макетирование	scale modelling
математическое моделирование	simulation
материальное снабжение	material supply
машинное время	machine time
машинное отделение	engine room
машинный резак	machine cutting blowpipe
мерная миля	measured mile
местный кабель	wiring cable
металлизация напылением	metal spray coating
метательный материал	shot blasting medium
метод	method
метод вычерчивания обводов корпуса	numerical fairing
метод измерения	measuring method
метод постройки из крупных блок-секций	block section building
	method
механизация	mechanisation
механизированная резка	machine cutting
механическая очистка	mechanical cleaning
механическая резка	machine cutting
механическая резка по упору	machine cutting using "universal stop"
механическая установка	machinery
механический цех	machine shop
мишень	target
многоплунжерный пресс	multiplunger press
многорезаковая газорезательная машина	multiblowpipe machine

многорезаковая резка	multiblowpipe cutting
модульная конструкция	modular design
монтажная рама	mounting frame
монтажное натяжение	mounting tension
монтажные работы	assembly work
монтажный (сборочный) чертеж	assembly drawing
монтажный блок	assembling unit
монтажный подшипник	dummy bearing
монтажный стык	mounting butt
мортира (выход вала)	propeller-shaft exit
мостовой кран	overhead travelling crane
мундштук	nozzle
муфта	coupling
муфтовое соединение	sleeve joint

Набор

нагревательная печь	heating furnace
нагрузочное устройство	loading equipment
надрез	notch
наждачная бумага	abrasive paper
нажимной валок	squeezing roll
нажимной диск	squeezing disk
найтов	lashing
накладывание бензеля	clapping on of a seizing
накладывание марки	clapping on of a mark
наклон стапеля	slope of the slipway
наклонный судоподъемник	inclined ship lift
наклонный стапель	inclined slipway
налив	filling
наливной док	flooding dock
нанесение меловой линии	chalking
напор	pressure head

напорная труба	pressure tube
направление резки	direction of a cut
направляющий рельс	track guide
наращивание кабеля	splicing of a cable
наружный осмотр	visual examination
насалка	launching grease
насос	pump
настил	plating
настил лесов	staging
настройка постели	adjustment of assembly jig
насыщение корпуса судна	outfitting of hull
насыщение секций	outfitting of sections
натурная плазовая разбивка	full-scale laying-off
натурные испытания	full-scale tests
начало реза	start of a cut
необрастающая краска	antifouling paint
неплоскостность	unfairness
неплотность	untightness
неразрушающее испытание	nondestructive testing
нивелир	level
нижний валок	lower roll
ножницы	shears
ножницы для обрезки кромок	squaring shears
ножницы для резки профильного проката	bar shears
нормаль	normal
нормальный спуск	normal launching
норматив	unit output
нормирование	normalization
нормированное время	normed time
носовой бульбообразный шпангоут	bulbous bow frame
носовой перпендикуляр	fore perpendicular

носовой полоз	bow sliding way
носовой шпангоут	fore frame
носовые копылья	fore poppets
Обводы судна	body lines of a ship
обделка из полукруглой стали	half-round iron moulding
обделка люка	hatch moulding
обдирка	roughing-out
обезжиривание	degreasing
обжатие	clamping
обжимная муфта	clamping ring coupling
облицовочное покрытие	facing slab
обмер (судна)	admeasurement
оболочка	shell
оборудование	equipment
оборудование для перемещения корпуса судна	hull shifting mechanism
обрезка в чистый размер	cutting to size
обрезка кромок листа	plate-edge planing
обрезки	shear cuttings
обрешетник	base timber
обстройка помещения	ship joiner work
обух	eye
обшивка (бортовая)	side plating
обшивка (внутренняя)	lining
обшивка (днища)	bottom plating
обшивка (изоляция)	insulating shearing
объемная секция	volume section
огнестойкая краска	fire-proof paint
огнестойкая пропитка	fire-protecting
	impregnation
односторонняя сварка	one-sided welding

окалина	scale
оконцевание кабеля	terminating of cable ends
окраска (окрашивание)	painting
оксидирование	oxidation
окунание	dipping
олифа	drying oil
оперативное время	operative time
операция	operation
опережение графика	graphs outstrip
оплетка	braiding
опора	support
опорно-транспортное устройство	supporting and transporting device
опорные устройства	filling pieces
опорный брус	supporting bar
опорный валок	supporting roll
опорный подшипник	line-shaft bearing
опрессовка	moulding
опрокидывание (потеря остойчивости)	capsizing
опрокидывание (при спуске на воду)	tilting
опускание (груза, судна)	lowering
осадка кормой	aft draught
осадка на ровный киль	even keel draught
осадка после спуска	launching draught
освоение серии	series mastering
осмотр	survey
осмотр повреждения	damage survey
оснастка (средства механизации)	rigging
основное время	main time
остаточная деформация	residual deformation
остойчивость при спуске	launching stability

островная схема формирования	island-type building method
осушение дока	emptying of a dock
отгибка фланцев	flanging
отделка каюты	cabin furniture
отжимной болт	setting bolt
отклонение в положении	position discrepancy
отклонение в размерах	linear discrepancy
отклонение от заданной формы	form deviation
отливка	casting
отсек	compartment
отстропливание	strop-off
оттенок	hue
очистка от окалины и ржавчины	scale and rust removing
очистка щетками	dressing by brushes
ошкуривание	emerying
Падение давления	pressure drop
паз (монтажный шов)	mounting seam
пакетная резка	stack cutting
пакля	oakum
палубная линия	deck line
палубная нескользящая краска	non-slip deck paint
параллельное насыщение секций	parallel outfitting of sections
парогенератор	steam generator
парусина	canvas
парусиновый чехол	canvas cover
пассивирование	passivating
патрубок	nipple
пачка (листов)	batch of plates
пенопластовый наполнитель	foam plastic core

переборочный сальник	bulkhead stuffing-box
передача (с места на место)	transfer
передвижка судна	moving of a ship
перекос	skewing
перекрестие (в визирной трубе)	cross lines
перекрестные элементы конструкции	intersecting members
перемещение верхнего вала	displacement of upper roller
перемещение груза	load shifting
перемещение крана	crane travelling
перемещение резака	cutting blowpipe travel
перемычка	bridge
переналаживаемая постель	readjustable jig
переносная газорезательная машина	portable oxygen cutting machine
пересечение (связей)	intersection
перечень работ	list of works
период спуска (начальная фаза)	pre-launching
период спуска (фаза спуска)	phase of launching
пескоструйная очистка	sand blast cleaning
пиковое давление	peak pressure
пила	saw
пиломатериалы	lumber
пирамидальная схема формирования корпуса	pyramidal-type building method
плавное сопряжение	fairing curve fitting
плавучий док	floating dock
плавучий кран	floating crane
плавучий одnobашенный док	single-walled floating dock

плавучий пирс	floating pier
плавучий склад	floating warehouse
плавучий стенд	floating test stand
плавучий судоподъемник	float ship lift
плавучий транспортный док	transporting floating dock
плаз (участок)	mould loft
плазменная струя	plasma jet
плазменно-дуговая резка	plasma-arc cutting
плазовая ордината	mould-loft offset
плазовая рейка	fairing batten
плазово-разметочное бюро	template drawing office
плазовые работы	mould-loft work
плазовый груз ("крыса")	sheer iron
плазовый корпус	framing plan
плазовый разметчик	loftsman
плазовый шаблон	mould-loft template
планка	strip
плановая единица	planned unit
пластмассовая прокладка	plastic spacer
пленка	film
пленка окисла	oxide film
пленкообразующее вещество	film-forming substance
плинтус	plinth
плоский лист	flat sheet
плоское днище	flat bottom
плоское полотно	flat panel
плоскостная секция	flat section
плоскость ватерлинии	water line plane
плоскостьгиба	bending plane
плоскость мидель-шпангоута	midship section plane
плоскость среза	plane of cut
площадка лесов	scaffolding

плунжер	plunger
пневматическая рубка	pneumatic chiselling
пневматический домкрат	pneumatic jack
пневмощетка	pneumatic brush
поверхность двоякой кривизны	double-curved surface
поверхность корпуса судна	ship's hull surface
поверхность обшивки	skin surface
поверхность скольжения	area of sliding surface
поворотливость судна	turning quality of a ship
погибь	camber
погибь палубы	deck camber
погрешность	error
погрешность измерения	measurement error
погружение в воду	immersion in water
погружение кормой	stern immersion
погрузка (груза)	loading
погрузочное приспособление	loading device
подача груза	loading operation
подбрюшник	cradle plate
подварка	back-up welding
подвеска	suspension
подвесная площадка	suspended scaffold
подвесные леса	hanging staging
подводная резка	underwater cutting
подгибка	presetting
подготовительно-заключительное время	preparatory and conclusive time
подготовка к окраске	cleaning and priming
подготовка производства	preparatory work
поддон	pallet
подetailная сборка	member assembly

подклинивание опор	setting-up of supports
подключение кабеля	cable connecting
подкрановый рельс	crane rail
подошва дока	floor dock
подплавление кромки реза	melting of edge
подпорка	stand
подстилочные доски	dunnage wood
подтягивание (при монтаже секций)	pulling together
подушка	bedding
подшивка полоза	bottom layer
подшипник	bearing
подшипник вала	shaft bearing
подшипник качения	roller bearing
подшипник скольжения	sleeve bearing
подъездной путь	drive way
подъем груза	hoist
подъемная траверса	equalizing boom
подъемно-транспортные работы	hoisting-transport works
подъемно-транспортные средства	hoisting-transport facilities
пожарная арматура	fire fittings
позиционер	positioner
позиция	position
поковка	forging
покрытие	coating
поле допуска	zone of tolerance
полезная грузоподъемность	cargo-carrying capacity
полирование	polishing
полиспаст	tackle
политура	lac varnish
полуавтоматическая сварка	semiautomatic welding

полуобъемная секция	semi-volume section
полуфабрикат	semifinished product
понтон	pontoon
поотсечная сборка	compartment assembly of hull
поперечная кривизна	transverse curvature
поперечная развертка	transversal development
поперечный стапель	side slipway
порог дока	dock sill
порог стапеля	ways end
портальная газорезательная машина	gantry oxygen-cutting machine
портальный кран	gantry crane
портландцемент	Portland cement
посадочное гнездо	seat
последовательность резки	cutting sequence
последовательность сборки	sequence of assembly
пост управления доком	dock control post
поставка	delivery
поставщик (предприятие)	supplier
построечное место	final assembly yard
потерей	lost strake
поточная линия	rolling train
поточное производство	assembly-line
поточно-позиционная линия	positional flow line
поточно-позиционный метод постройки	cyclic and production-line method
пояс	zone
пояс наружной обшивки	strake of shell plating
правильная плита	straightening slab

правильные вальцы	roll-straightening machine
правильный пресс	straightening press
правильный станок	straightening machine
правка	straightening
правка в вальцах	roll-straightening
правка на плите	straightening on a slab
правка на прессе	straightening by press
правка растяжением	expansion straightening
предварительная обработка материалов	preparatory material processing
предварительная сборка	preassembling
предварительное насыщение	pre-outfitting
предварительное насыщение секций	subassembly stage outfitting
предельная (для ввода в док) осадка	allowable draught
привальный брус	fender
приварка	welding on
приварная шпилька	welded stud
приварной обух	welded eye
пригонка	fitting-on
приемка судна	ship's reception
прижим	clamp
прижим "рыбий хвост"	"fish-tail" clamp
припуск	allowance
прирезка	fitting-in
приспуск (кормовой оконечности)	pre-launching of the afterbody
прихватка	tack welding
причерчивание	parallel tracing
пробег судна (после спуска)	run of a ship after launching

пробивка оптической линии	axis of sight tracing
пробка	plug fitting
пробка (материал)	cork
пробное давление	test pressure
проверка	check
проверка в поперечном направлении	crosswise checking
проверка заданных параметров	performance check
проверка на вертикальность	check of verticality
проверка по длине	fore-and-aft direction checking
проверка положения	position checking
провисание вала	shaft sag
проволочная сетка	gauze
поворачивание вала	turning over of a shaft
прогиб	deflection
программа резки	cutting program
продольная кривизна	longitudinal curvature
продольная развертка	longitudinal development
продольный спуск	end launching
продольный стапель	longitudinal slipway
проекция теоретического чертежа	main views of lines plan
проекция "бок"	sheer plan
проекция "корпус"	body plan
проекция "полуширота"	half-breadth plan
"прозванивание" (проверка электрической цепи на обрыв)	continuity test
производственный процесс	production process
производственный цикл	production cycle
производство (изготовление, строительство)	production
прокалывание (выколка)	prickling out
прокат	rolled products

прокатная сталь	rolled steel
прокладка	spacer
прокладка кабеля	laying of a cable
проколочный штампель	die-cutting stamp
пролет (расстояние между осями)	span
пролет(цеха)	bay
промежуточный вал	intermediate shaft
промежуточный кабель	intermediate cable
промежуточный склад	buffer store
промывка (танка)	washing
пропитка	impregnation
проседание	sagging
протечка	leakage
протокол измерения	measurement report
протокол испытания	trial report
протокол кренования	heeling protocol
проточка фланца	turning of a flange
профилегибочный станок	section bending machine
профиль	profile
проход	passage
проходная арматура	transition fittings
процесс изготовления	fabrication process
прочная связь	strength structure
прочность при спуске	launching strength
пружинный амортизатор	spring buffer
прядь	strand
прямолинейный рез	straight-line cut
пучок кабеля	cable bundle
Рабочее время	working time
рабочее давление	operating pressure
рабочий мостик	working bridge

равнобокий угловой профиль	equal-legged angle
равнодействующая (сил тяжести и поддержания)	resultant from weight and buoyancy
разбавитель	thinner
разбивка (на плазе)	laying-off
разбивка на шпации	spacing
развал	flare
развал шпангоутов	flare of frames
развальцовка труб	roller-expanding of tubes
развернутая длина	developed length
развертка листов	plate development
развертка наружной поверхности	development of shell plating
развертывающаяся поверхность	developable surface
разводка кабеля	cable separation
разгрузка транспортного средства	unloading of transport facilities
раздача трубы	flaring of a pipe
разделение корпуса на секции	sectionalizing ship's hull
разделительная переборка	partition bulkhead
разделка кабеля	cable termination
разделка кромок (под сварку)	welding edge preparation
размалывающее устройство	grinder
размер	dimension
размер в свету	inside dimension
размер по высоте	depth dimension
размер по длине	length dimension
размер по ширине	breadth dimension
разметка	laying out
разметка по шаблону	marking off from template
разметка по эскизам	marking off from sketches

разметочная плита	marking table
разметочно-маркировочная машина	marking and signing unit
разметочный инструмент	layout tool
разметочный стол	marking table
разметочный шаблон	marking-off template
рангоут	masting
раскатная гибка	bending by rolling
раскрой листов (резка)	plate cutting
расписание производства	production schedule
распорка	prop
распорные брусья	wooden spreaders
распределительный щит	switchboard
распускание бухты	unwinding a coil
распылитель краски	sprayer
расточка	boring
расточка гребного вала	propeller-shaft bore
расточка ступицы (гребного вала)	bore of hub
расточное приспособление	boring appliance
раструб	trumpet
раструб иллюминатора	window box
растягивание	stretching
растяжка наружной обшивки	shell expansion plan
расчетная осадка	designed draught
ребро жесткости	stiffener
регулируемая прокладка	adjustable spacer
режущая кромка	cutting edge
режущая струя	cutting stream
режущий диск	disk blade
рез	cut
резак	cutting blowpipe
резинометаллический амортизатор	rubber-to-metal damper
резка	cutting

резка плазменной струей	plasma jet cutting
резьба	thread
резьбовая стяжка	screw coupler
резьбовое соединение	threaded joint
рейсмус	parallel scriber
рекламационный акт	protocol of reclamation
рельс	rail
ремонт	repair
ремонтный док	repair dock
рентгенографирование	X-raying
репер	altitude mark
респиратор	respirator
ржавчина	rust
риска	mark
рольганг	roller conveyer
роман для выбивания кильблоков	keel-track ram
роман для выбивания спусковых блоков	cribbing ram
роман для подбивки клиньев	wedge ram
рубщик	caulker
рулетка	measuring reel
ручная резка	manual cutting
ручной резак	hand cutting blowpipe
рыбина	diagonal
рыбина (деревянная)	ribband
рычажно-винтовой прижим	screw and lever clamp
 Сальник	 gland
самодокование	self-docking
сборка (монтаж)	assembling
сборка из секций	building in sections
сборка корпуса	hull assembling

сборка на плаву	hull assembly afloat
сборка под сварку	fitting-up for welding
сборка секций	assembling of prefabricated sections
сборочная верфь	assembly yard
сборочная единица	structural member
сборочная плита	fitting-up plate
сборочная площадка	assembly space
сборочная постель	assembly jig
сборочное усилие	fitting-up force
сборочно-сварочная постель	assembling and welding jig
сборочно-сварочный цех	fitting-up and welding shop
сварка	welding
сварной профиль	welded section
сварной шов	welded seam
сварочная деформация	welding deformation
сверление	drilling
свертывание (троса в бухту)	winding up a coil
свидетельство владельца	owner's certificate
свинчивание труб	screwing of pipes
свободная кромка	free edge
свободное всплытие	free ascent
сглаживание кривых	smoothing curves
сдаточная команда	delivery crew
сдаточный акт	protocol of delivery
сдача (судна)	ship's delivery
сдвижной затвор	slip gate
седловатость палубы	sheer of the deck
секционный док	section dock
секционный метод строительства	sectional building method
секция	section
секция дока	dock section

сердечник троса	core
серийная постройка судов	ship production in series
серийное судно	series-built ship
сертификат	certificate
сетка	graticule
сетка типоразмеров	standard dimensions
	schedule
сила поддержания (плавучести)	buoyancy force
система	system
систематическая погрешность	systematic error
сито	sieve
скалывание	cleavage
склад	store
склад блок-секций	block store
склад стали	steel store
складирование	storage
складка трубы (гофр)	crimp
складское помещение	store room
склеивающее вещество	adhesive substance
скоба	yoke
скоб-мост (для кабеля)	cable bracket
скорость движения (при спуске)	sliding velocity
скорость подъема груза	hoisting speed
скорость резки	cutting speed
скрепление	attachment
скручивание вала	torsion of a shaft
скуловая линия	chine line
слип	slipway
слой насалки	layer of grease
случайная погрешность	random error
смещение	offset
смещение секции	shifting of a section

смещенное положение(судна)	displaced position
сминающаяся прокладка	crushing strip
смольная пакля	tarred oakum
снятие ласки (скашивание кромки)	scarfing
совмещение кромок	edges setting
согласование теоретического чертежа	lines correcture
соединение	joint
соединение внакрой	lap joint
соединение с фланжировкой	joggled joint
соединительная арматура (для приема с берега)	dockside connection
соединительная коробка	connection box
соосность валопровода	shaft's coaxiability
соприкасающаяся плоскость	tangent plane
сопрягаемая деталь	connecting piece
сопряженная деталь	fitting piece
сортамент	assortment
сортировщик	sorter
соскакивание (при боковом спуске)	dipping
соскальзывание судна	sliding off a ship
составной профиль	composed profile
спаренное докование	twin docking
спецификация	specification
спецификация (по корпусной части)	hull specification
сплюсненность (трубы)	flatness
спуск броском	free fall launching
спуск всплытием	floating up launching
спуск на катках	roller launching
спуск на шарах	ball launching
спуск по двум спусковым дорожкам	double-way launching
спуск по одной спусковой дорожке	single-way launching
спуск судна на воду	launching

спусковая дорожка	launching ways
спусковая стрела	trigger shore
спусковое крыло	shore wing
спусковое устройство	launching installation
спусковой вес судна	launching weight
спусковой док	launching dock
спусковой курок	launching trigger
спусковой полоз	bilge way
спуско-подъемное устройство	launching and retrieval device
сращивание жил	splicing of strands
стадия достройки судна	outfitting stage
стадия испытания	trial stage
стадия постройки	building stage
стакан	sleeve
стальной полосовой прокат	rolled steel strips
стальной профильный прокат	rolled steel sections
стальной фасонный прокат	shaped steel sections
стапель	building berth
стапель с батопортом	building berth with floating caisson
стапель с наплавной подводной дорожкой	building berth with floating water-ways
стапель-кондуктор (стапель-постель)	building berth jigs
стапельная сборка	assembly on the stocks
стапельная тележка	ship travelling cradle
стапельное расписание	slipway time schedule
стапельные леса	slipway staging
стапельный цех	building berth shop
стапель-палуба	pontoon deck
стеклинь	round line

стеллаж	rack
стендовое испытание	bench test
стенка (составной балки)	web plate
стоечная постель	plug-in jig
стойка лесов	staging support
стоячий такелаж	standing rigging
страгивающее устройство	starting arrangement
стрела крана	crane jib
стрелочный индикатор	pointer indicator
строгач для строжки канавок	gouging blowpipe
строевая линия	area curve
строжка	planing
строжка настила	planing of a floor
строительный док	building dock
строп	sling
струбцина	clamp
струна с талрепом	cross-tie with turnbuckle
струя газа	gas-cutting jet
стыковка блоков	block assembly
стыковка секций корпуса на плаву	afloat joining ship's sections
стыковое соединение	butt joint
стыкуемая кромка	butt edge
стягивание секций	drawing together of sections
стягивающее устройство	drawing-together device
стяжка-распорка (домкрат-стяжка)	clamping and jack arrangement
стяжная лента	restraining strap
судовая система	shipboard system
судовая энергетическая установка	ships propulsion plant
судовозная тележка	slipway cradle

судовозный поезд	ship carrying train
судоподъемник	ship hoist
судосборщик	shipwright
судостроительная сталь	shipbuilding steel
судостроительное предприятие	shipyard
судостроительное производство	shipbuilding production
сухой док	dry dock
сушильная камера	drying chamber
сушка	drying
сушка инфракрасными лучами	infrared ray drying
сферический лист	spherical plate
схема кабельных соединений	cable layout
схема расположения отверстий	openings arrangement plan
схема формирования по горизонталям	horisontal hull forming scheme
схема формирования по отсекам	compartment hull forming scheme
схематический эскиз	outline drawing
съемное грузозахватное приспособление	cargo-fastening implement
Таблица плазовых ординат	moulding book
тавровое соединение	T-joint
тавровый профиль	T-section
такелажный инструмент	rigger's tool
такелажный цех	rigging shop
такт	cycle
тарировка	calibration
тележка	carriage

тележка слипа	launching cradle
температура воспламенения	ignition point
тент	awning
теодолит	theodolite
теоретическая линия	moulded line
теоретическая поверхность	theoretical surface
теоретический чертеж	body lines
термическая обработка	heat treatment
термостойкая краска	heat-resistant paint
территория верфи	shipyard site
техническая подготовка производства	technical preparatory work
технологическая карта	technological chart
технологическая подготовка производства	technological preparatory work
технологический график работ	technological schedul
технологический комплект	technological complex
технологический процесс	technological process
технологичность	technological effectiveness
технология судостроения	technology of shipbuilding
течь	leak
толкач (спускового устройства)	starting ram
толщина обшивки	thickness of plating
толщина слоя	thickness of a layer
топ-палуба (плавучего дока)	top deck
тормозное устройство	holding gear
торцевание	facing
торцевая кромка	face edge
точность ведения резака	accuracy of the blowpipe guiding

точность реза	accuracy of cutting
травление	pickling
трансбордер	railway cradle
транспортёр	wheeled dolly
транспортирование	conveyance
транспортный путь	transport way
трасса кабеля	cableway
трассировка	tracing
трафарет	stencil
трехрезаковый блок	three-head blowpipe
трос	rope
тросовый наконечник	rope socket
труба	pipe
труба защиты кабеля	wiring tube
трубогиб	pipe bender
трубогибочный станок	pipe bending machine
трубозаготовительный цех	pipe workshop
трубопровод	pipng
трубопроводная арматура	pipe fittings
трудоемкость работ	labour intensity
туннель гребного вала	shaft passage
турбина	turbine
турбинный агрегат	turbine set
турбонаддувочный агрегат	turbocharging unit
турбоэлектрическая установка	turbine generator set
тяга	tie rod
тяжеловозная тележка	heavy duty carriage
Углобульбовый профиль	angle-bulb section
угловая деформация	angular distortion
угловой профиль	angle section
углогибочный станок	angle bending machine

угол заострения ножа	angle of sharpness
удаление окалины	descaling
удаление припуска	cutting away of allowances
удаление ржавчины	derusting
ударно-вращательный домкрат	percussion-rotary jack
удельная нагрузка	intensity of distributed load
удифферентовка (судна)	trimming
узел	knot
узловая сборка	subassemblies erection
уклон пути	slope
ультразвуковой контроль	ultrasonic examination
универсальная сборочная постель	universal assembly jig
универсальный штамп	universal die
уплотнение сальников	thickening of a stuffing box
упор	shore
упор винта	thrust of a propeller
упорный башмак	step bearing
упорный вал	thrust shaft
упорный подшипник	thrust block bearing
урез воды	water edge
уровень воды	water level
уровень механизации	level of mechanisation
усилие страгивания	pushing pressure
установка двигателя	assembling of an engine
установка деталей	mounting of members
установка для удаления окалины	scale removing plant
установочная прокладка	spacing piece
устройство для установки профилей	profile setting device
утилизационный котел	exhaust-gas boiler
участок	region
участок предварительной сборки	preassembly region

участок сборки	assembling region
участок сварки	welding bay
Ф актический размер	actual size
фанера	plywood
фасонный (фигурный) рез	contoured cut
фигурная резка	shape cutting
фиксатор	catch
фланец	flange
фланец вала	shaft flange
фланцевое соединение	flange coupling
форма листа	shape of a sheet
фосфатирование	phosphating
фрезерование	milling
фундамент	foundation
фундаментная рама	foundation frame
Х имическая очистка	chemical cleaning
ходкость	propulsion
ходовые испытания	trial trip
холодная гибка	cold bending
хомутик (бугель)	collar
хранение материала	material storage
Ц ветной металл	nonferrous metal
цементное молоко	cement grout
центр тяжести (центр масс)	center of gravity
центровка	alignment
центровка валопровода	alignment of line shafting
центровка по нагрузкам на подшипники	centering subject to bearing load values

цепная драга	chain drag
цепной задержник	chain brake
цепной рольганг	chain roller table
цепь	chain
цех	work shop
цикл крановых операций	crane operations cycle
циклевание	scraping
цикля	scraper
цилиндрический лист	cylindrical plate
циркуль для причерчивания	tracing divider
циркуляция	turning circle
Чертеж общего расположения	general arrangement drawing
чертеж расположения грузовых помещений	holds plan
чертеж расположения жилых помещений	accomodation plan
чертежная машина	drawing machine
чертилка	scriber
четырёхугольный стальной прокат	fourcornered steel bar
Шабер	scraper
шаблон	template
шаблон для гибки труб	pipe bending template
шарошка	milling cutter
швартовые испытания	dockside trial
швеллерный профиль	channel
шейка вала	shaft journal
шероховатость	roughness
шестигранный стальной прокат	hexagonal steel bar
ширина реза	kerf width

шланговый уровень	hose type water level gauge
шлюз дока (голова дока)	dock head
шпаклевание	spackling
шпаклевка	spackling compaund
шпангоут	frame
шпатель	putty knife
шпилька	stud
шпон	veneer
штабелер	stack loader
штамповка листов	stamping of plates
штамповка взрывом	explosion stamping
штатное крепление	regular lashing
шторм-трап	rope ladder
штуцерное соединение	nipple coupling
штучное время	piece time
щит настила	planking
Электромагнитный присос	electromagnetic socker
электромонтажный цех	electric wiring shop
электросварщик	arc welder
эллинг	covered berth
эллиптичность трубы	ellipticity of a pipe
энергетическое обеспечение	power supply
этап изготовления	fabrication stage
Якорная драга	anchor drag
ярус лесов	staging

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СУДОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРИЗВОДСТВЕ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА В СУДОСТРОЕНИИ	5
1.1. Судостроительные предприятия	5
1.2. Периоды строительства судов	10
1.3. Виды судостроительного производства	12
1.4. Подготовка производства в судостроении	16
ГЛАВА 2. ПЛАЗОВЫЕ РАБОТЫ В СУДОСТРОЕНИИ	33
2.1. Содержание плазовых работ	33
2.2. Определение формы и размеров деталей	45
2.3. Плазовое обеспечение корпусостроительных работ ...	65
ГЛАВА 3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ КОРПУСА СУДНА	68
3.1. Общая характеристика корпусообрабатывающего производства	68
3.2. Классификация деталей и выбор маршрута их изготовления	72
3.3. Предварительная обработка проката	81
3.4. Технологические процессы изготовления деталей	88
ГЛАВА 4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ КОРПУСА СУДНА	161
4.1. Технологическая классификация сборочных единиц корпуса судна	161

4.2. Оснастка, приспособления и инструмент для изготовления корпусных конструкций	167
4.3. Состав и характеристика технологических операций изготовления корпусных конструкций.	185
4.4. Технология изготовления типовых узлов корпуса судна	206
4.5. Технология изготовления секций корпуса судна. ..	230
4.6. Сварочные работы при изготовлении судовых корпусных конструкций	274
ГЛАВА 5. ФОРМИРОВАНИЕ КОРПУСА СУДНА НА ПОСТРОЕЧНОМ МЕСТЕ	298
5.1. Типы построечных мест и их оборудование	298
5.2. Методы строительства и способы формирования корпуса судна	322
5.3. Проверочные работы при строительстве корпуса судна	335
5.4. Сборка и сварка корпуса судна	349
5.5. Типовые технологические процессы при формировании корпуса судна на стапеле	357
5.6. Испытание корпуса судна на непроницаемость и герметичность	363
ГЛАВА 6. СПУСК СУДОВ НА ВОДУ	373
6.1. Виды спуска судов и спусковых сооружений	373
6.2. Управляемые спуски судов	375
6.3. Неуправляемые спуски судов	386
ГЛАВА 7. КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ В СУДОСТРОЕНИИ ..	413
7.1. Основные принципы и методы контроля качества при корпусостроительных работах	413
7.2. Система менеджмента качества на судостроительном предприятии	417
ГЛАВА 8. НОРМИРОВАНИЕ КОРПУСОСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ	424

8.1. Общие сведения о трудоемкости работ в судостроении	424
8.2. Нормирование работ по изготовлению корпусных деталей	427
8.3. Нормирование работ по изготовлению конструкций корпуса судна.	433
8.4. Нормирование стапельных работ	455
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	462
РУССКО-АНГЛИЙСКИЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ ПО ТЕХНОЛОГИИ СУДОСТРОЕНИЯ	466

УДК 629.5.023(075.8)

Технологія корпусобудівних робіт : підручник / О. С. Рашковський, О. В. Щедролосоєв, А. М. Фаріонов, Н. В. Цикало, В. М. Перов, С. М. Сліжевський ; під заг. ред. проф. О. С. Рашковського. – Миколаїв : НУК, 2018. – 516 с.

ISBN 978–966–321–344–6

Наведено основні поняття та процеси підготовки виробництва в суднобудуванні, виготовлення деталей і конструкцій корпусу судна, формування корпусу судна на стапелі та спуску його на воду. Розглянуто засоби технологічного оснащення, які використовуються під час виготовлення конструкцій та будівництві корпусу судна. Наведено відомості щодо зварювальних, перевірних та контуровочних робіт, нормування праці та забезпечення якості.

Підручник призначений для студентів, які навчаються у кораблебудівних вузах за спеціальностями: 135 "Суднобудування" ("Кораблі та океанотехніка", "Суднокорпусобудування", "Судноремонт та технічне обслуговування флоту", "Суднові машини та механізми"), 131 "Прикладна механіка" ("Технологія та зварювальне виробництво") та 123 "Комп'ютерна інженерія" ("Спеціалізовані комп'ютерні системи").

УДК 629.5.023(075.8)

Навчальне видання

РАШКОВСЬКИЙ Олександр Саулович
ЩЕДРОЛОСЄВ Олександр Вікторович
ФАРІОНОВ Анатолій Михайлович
ЦИКАЛО Наталя Вікторівна
ПЕРОВ Віталій Миколайович
СЛІЖЕВСЬКИЙ Сергій Миколайович

Технологія корпусобудівних робіт

Підручник

(російською мовою)

Відповідальний редактор *О. С. Рашковський*
Комп'ютерне складання та верстання *А. Д. Сорочинська*

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 30,0. Тираж 130 прим. Вид. № 4. Зам. № 37.

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54025
E-mail : publishing@nuos.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2506 від 25.05.2006 р.