

Т. Б. Терентьев

МОРСКИЕ ДЕРЕВЯННЫЕ СУДА

судпромгиз

1961



Г. Б. ТЕРЕНТЬЕВ

МОРСКИЕ ДЕРЕВЯННЫЕ СУДА

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
проф. докт. техн. наук
Н. К. ДОРМИДОНТОВА



ГОСУДАРСТВЕННОЕ СОЮЗНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ленинград
1961

В книге рассматриваются архитектурные и конструктивные типы современных морских деревянных судов, приводится описание конструкции корпуса и методов постройки этих судов, излагаются предпосылки к расчету их прочности.

Предназначена для инженеров-кораблестроителей, работающих в области морского деревянного судостроения, а также может служить учебным пособием для студентов судостроительных факультетов институтов и техникумов при изучении конструкции корпуса морских деревянных судов.

ГЕОРГИЙ БОРИСОВИЧ ТЕРЕНТЬЕВ
МОРСКИЕ ДЕРЕВЯННЫЕ СУДА

Рецензенты: А. А. Астахов, Б. И. Еропкин

Редактор Т. А. Клиорина

Технический редактор П. С. Фрумкин

Корректор Э. В. Краснова

Переплет художника А. Г. Силаева

Сдано в набор 1/IX 1960 г. М. 38 614. Подписано к печати 27/II 1961 г. Формат бумаги 70 × 108 1/16.
Физ. п. л. 15,5. Усл. п. л. 21,23. Уч.-изд. л. 20,4. Изд. № 833—60. Тираж 2250 экз. Цена 1 руб. 17 коп.
Заказ № 1707. Судпромгиз, Ленинград, ул. Дзержинского, 10.

Типография № 4 УПП Ленсовнархоза, Ленинград, Социалистическая, 14.

ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

Современный период в морском судостроении характеризуется широким применением стали, пластических масс, сплавов алюминия и других материалов. Вместе с тем, немало морских судов, особенно мелких и средних промысловых, преимущественно на Севере, в Сибири и на Дальнем Востоке СССР, еще строится из дерева. Это обусловлено как спецификой эксплуатации данных судов и простотой их постройки, так и возможностью использования лесных ресурсов, находящихся вблизи верфей деревянного морского судостроения. Необходимо также учитывать, что в составе морского флота СССР насчитывается значительное количество деревянных судов, находящихся в эксплуатации.

Книга Г. Б. Терентьева «Морские деревянные суда» представляет определенный интерес для судостроителей и является первой капитальной работой, обобщающей отечественный опыт морского деревянного судостроения.

ВВЕДЕНИЕ

Начало строительства морских деревянных судов в нашей стране относится к очень далеким временам. Уже в IX в. славяне на своих открытых «ладьях»¹ неоднократно совершали длинейший и очень трудный по тому времени переход, вошедший в историю под названием «Путь из варяг в греки». Проходивший по двум морям и многим озерам и рекам, путь этот имел несколько «переволок» — участков, где суда приходилось тащить волоком по суше. В то же время торговые и промысловые корабли новгородцев успешно плавали по Белому, Баренцову и Балтийскому морям, Онежскому и Ладожскому озерам.

К середине XVII в. русские мореходы на небольших плоскодонных полупалубных парусных судах — «кочах», строившихся в низовьях сибирских рек и на Охотском побережье, прошли моря Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское, Берингово и Охотское и закрепились на их берегах.

Успехи отечественного мореплавания, вынужденного развиваться в IX—XVII вв. в районах, наиболее трудных для плавания, свидетельствуют не только о смелости и искусстве русских мореходов, но и о высоком качестве построенных ими судов. Постройка крупных «окианских» кораблей была начата в самом конце XVII в. в Вавчуге на Северной Двине на верфи братьев Бажениных, созданной «без заморских людей, собой» в 1668—1699 гг. В то время Баженины были лучшими кораблестроителями России и верфь их явилась первым отечественным предприятием, начавшим постройку крупных транспортных и китобойных судов для нарождающегося русского торгового флота. Первый русский торговый корабль «Андрей Первозванный» «длиной 136, шириной 29, глубиной 12 футов и три пальца», груженный русскими товарами, был в 1703 г. направлен в Англию и Голландию; три русских китобойных корабля сходных с «Андреем Первозванным» размеров были закончены постройкой в 1725 г.

Большой спрос на промысловые морские суда на европейском Севере и на Каспии благоприятно сказался на развитии отечественного торгового судостроения. К 80-м годам XVIII в. в нашей стране насчитывалось уже несколько десятков верфей, занятых постройкой морских промысловых и транспортных судов. Дешевизна, прочность и высокое качество постройки привлекали многих иностранцев, — голландские, датские и английские судовладельцы не упускали случая пополнить свои флотилии судами русской постройки (так, в 1782 г. только для английской судовладельческой компании Эгерса на верфи Бажениных одновременно строилось шесть кораблей).

¹ Ладья (лодья) — судно-однодеревка длиной не более 20 м, выдолбленное из крупного ствола липы или дуба. Прибитые к судну доски образовывали надводный борт. Для дальних морских походов ладьи строились из досок, имели палубу и парусное вооружение.

В последующий период деревянное судостроение в России продолжало развиваться, хотя возникшее во второй половине XIX в. и интенсивно растущее стальное судостроение снизило относительное значение деревянных судов в морском гражданском флоте. Однако, несмотря на многие конструктивные, технологические и эксплуатационные преимущества стального судостроения, постройка деревянных судов в ряде случаев и в этот период оказывалась весьма целесообразной.

Морское деревянное судостроение получило особенно сильное развитие в нашей стране в годы создания советского промыслового флота. Только всесоюзным трестом промыслового судостроения «Рыбосудо-строй» за 1931—1935 гг. было построено около 6,5 тыс. деревянных судов, из них более 1000 самоходных. Эти суда полностью отвечали передовому техническому уровню того времени и имели много оригинальных и удачных образцов. Всего за последние 40 лет в СССР построены десятки тысяч морских деревянных судов (не считая мелких гребных и спортивных).

Основные преимущества морских деревянных судов (сравнительно со стальными) следующие:

- а) значительно меньшая стоимость;
- б) минимальная потребность в листовой и сортовой стали;
- в) простота постройки (несложное оборудование и незначительный расход энергии);
- г) лучшая приспособленность к плаванию в сложной и тяжелой обстановке (зверобойные шхуны всех стран и в настоящее время строятся деревянными); это подтверждает, например, тот факт, что в числе зверобойных деревянных шхун Норвегии в 1957 г. успешно эксплуатировались суда, построенные еще до 1900 г.

В современной практике морского деревянного судостроения встречаются суда крупные (длиной свыше 30 и до 45—50 м), средние (длиной от 20 до 30 м) и малые (длиной до 20 м). Постройка крупных судов сложна и осуществляется на более оборудованных верфях, постройка средних и малых судов значительно проще и может вестись на верфях с несложным оборудованием, а если надо, — то и хозяйственным способом на необорудованных площадках.

Освоение новых богатых лесом районов, наряду с созданием крупных водохранилищ и водных магистралей, позволяет строить деревянные суда в непосредственной близости от места лесозаготовок, что благоприятно сказывается на стоимости судов. Однако деревянные суда (даже средних и малых размеров) смогут конкурировать с судами из других материалов только в том случае, если способы и темпы постройки, а также эксплуатационные и экономические показатели деревянных судов будут соответствовать современному уровню техники. Достигнуть этого можно только создав конструкции и технологию, позволяющие максимально механизировать все процессы постройки корпуса деревянного судна.

Современная техника деревянного судостроения позволяет во многом успешно решать указанные задачи. Так, широко применявшиеся ранее кокорные конструкции успешно заменены бескокорными соединениями; внедрение склеивания позволяет строить суда из короткомерного и маломерного материала и более полноценно использовать древесину; «продольная» система набора не только повышает прочность деревянного корпуса, но и выгодно сказывается на его эксплуатационной приспособленности, так как отпадает необходимость во многих внутренних

связях, увеличивается полезная кубатура подпалубных помещений, облегчается уход за корпусом. В настоящее время разработан и внедрен в производство ряд процессов, механизмирующих такие трудоемкие работы, как изготовление криволинейных футоксов, апробирована конструкция наружной обшивки из чистообрезных досок, и т. д. Однако имеющиеся достижения и положительный опыт в развитии прогрессивных конструкций и технологии в морском деревянном судостроении еще недостаточно освещены в нашей литературе. Последнее издание Правил Морского Регистра СССР по постройке морских деревянных судов, являющихся основным руководством при конструировании деревянных судов, относится к 1944 г. и, естественно, не отражает современных достижений в этой области техники.

Данная книга является попыткой обобщить опыт и современные достижения в конструировании и постройке корпусов морских гражданских деревянных судов и тем самым помочь инженерно-техническим работникам, связанным с этой областью судостроения.

Некоторые рекомендации приведены на основании более чем 20-летнего личного опыта проектирования и постройки морских деревянных судов.

В книге не рассматриваются рангоут, такелаж, парусное вооружение и устройства, общие у деревянных и стальных судов; не помещены также сведения об освидетельствовании корпуса деревянных судов и об уходе за ним. Эти вопросы, в силу своей специфики, должны быть рассмотрены самостоятельно.

При написании книги, помимо приведенного перечня литературы, использованы отечественная и зарубежная периодика, а также действующие нормы и стандарты, причем номера ГОСТ даны по состоянию на 1-е января 1960 г.

Глава II и § 15 гл. IV написаны автором совместно с инж. К. С. Зайчик, глава IV — с инж. Д. Н. Николаевым.

Автор выражает искреннюю признательность специалистам, оказавшим помощь в процессе написания книги.

Критические замечания будут приняты автором с благодарностью. Отзывы направлять по адресу: Ленинград, Д-65, ул. Дзержинского, 10, Судпромгиз.

ГЛАВА I

КОНСТРУКТИВНЫЕ И АРХИТЕКТУРНЫЕ ТИПЫ МОРСКИХ ДЕРЕВЯННЫХ СУДОВ

§ 1. РАЗМЕРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МОРСКИХ ДЕРЕВЯННЫХ СУДОВ. ИЗМЕРЕНИЕ ГЛАВНЫХ РАЗМЕРЕНИЙ

В практике отечественного судостроения морские деревянные суда в подавляющем большинстве строятся самоходными, сравнительно небольших размеров. Длина корпуса этих судов обычно не превосходит 20—30 м, а их водоизмещение в полном грузу не превышает 200—300 т. Небольшое число судов имеет длину корпуса 35—45 м и водоизмещение 500—800 т.

Постройка морских деревянных судов длиной свыше 50 м за последнее двадцатилетие носила единичный характер, поэтому 50 м можно считать пределом для современных отечественных морских деревянных судов.

В настоящее время нет единообразия в подходе к измерению главных размерений морских деревянных судов. В табл. 1 сопоставлены измерения главных размерений судов по Правилам классификации и постройки морских деревянных судов на корабельном (футковом) наборе Морского Регистра СССР, 1944 г., и измерения согласно ГОСТ 1062—56. Так как подавляющее большинство морских деревянных судов строится в соответствии с Правилами Морского Регистра СССР или применительно к ним, то в дальнейшем, при отсутствии специальных оговорок, под главными размерениями судна следует понимать размеры, соответствующие указанным Правилам.

§ 2. КЛАССИФИКАЦИЯ МОРСКИХ ДЕРЕВЯННЫХ СУДОВ

1. Классификация по районам плавания. Согласно Правилам Морского Регистра СССР, морские деревянные суда, имеющие корабельный (двухрядный футковский) набор, подразделяются на суда ограниченного и неограниченного районов плавания.

Под ограниченным районом плавания понимается плавание при удалении от берега во время рейса до 50 миль или переходы между портами протяженностью до 240 миль, а также плавание в Азовском море и северной части Каспийского моря, южная граница которой определяется прямой линией, проходящей от южной оконечности острова Чечень до мыса Тюб-Караган.

Под неограниченным районом плавания понимается плавание вне указанных выше пределов.

Если судно предназначается к плаванию в определенных ограниченных районах или имеет какое-либо специальное назначение (буксиры, рыболовные или экспедиционные суда и т. п.), то при классификации эти ограничения оговариваются особо.

Суда типа катеров, имеющие гнутый или натесной набор шпангоутов, допускаются к прибрежному плаванию с учетом практики плавания этих судов в том или ином бассейне.¹

В зависимости от условий эксплуатации различают катера тяжелого типа (грузовые, промысловые, буксирные и т. п.), нормального типа (разъездные, пассажирские и т. п.) и облегченного типа (быстроходные разъездные, спортивные и т. п.).

Таблица 1

Измерение главных размерений деревянных судов в соответствии с Правилами Морского Регистра СССР и ГОСТ 1062—56

Измерение	
по правилам классификации и постройки морских деревянных судов на корабельном (футковом) наборе Морского Регистра СССР, 1944 г.	по ГОСТ 1062—56
Длина судна L — между внутренними кромками шпунта на фор- и ахтерштевне на уровне грузовой ватерлинии. Для небольших судов (до 15 м) с большими свесами (свыше 15% длины судна по ватерлинии) длина берется как средняя арифметическая из наибольшей длины по палубе и длины по грузовой ватерлинии Ширина судна B — по внешним кромкам шпангоутов в самом широком месте судна Высота борта H — от верхней кромки шпунта на киле до верхней кромки бимса верхней палубы, измеренная у борта судна на середине его длины	Длина корпуса наибольшая $L_{нб}$ — параллельно плоскости конструктивной ватерлинии по наибольшей длине судна без его выступающих частей Длина расчетная L — между носовым и кормовым перпендикулярами Ширина корпуса наибольшая $B_{нб}$ — параллельно плоскости конструктивной ватерлинии в наиболее широком месте корпуса без его выступающих частей (привального бруса и др.) Ширина расчетная B — по конструктивной ватерлинии в наиболее широком месте Высота борта расчетная H — в плоскости мидель-шпангоута по вертикали от уровня основной линии до низшей точки линии пересечения внешних поверхностей наружной обшивки и настила расчетной палубы; при наличии скругленного перехода борта в палубу — до линии пересечения продолжения указанных поверхностей; у беспалубных судов — до низшей точки нижней кромки планширя Осадка расчетная T — по вертикали от плоскости конструктивной ватерлинии до основной линии
Примечание. В соответствии с положениями ГОСТ 1062—56: 1. Носовой и кормовой перпендикуляры определяются пересечением диаметральной плоскости вертикально-поперечными плоскостями, проходящими через точки пересечения конструктивной ватерлинии с диаметральной плоскостью. 2. Обвод ватерлинии определяется пересечением горизонтальной плоскости с внешней поверхностью обшивки корпуса; конструктивная ватерлиния соответствует грузовой марке при наибольшем водоизмещении. 3. Килевая линия проходит в диаметральной плоскости на уровне внешней кромки шпунта киля или по внешней поверхности обшивки. 4. Основная линия проходит в диаметральной плоскости параллельно плоскости конструктивной ватерлинии через точку пересечения килевой линии с плоскостью мидель-шпангоута. 5. Плоскость мидель-шпангоута проходит по середине длины судна между перпендикулярами.	

Морские суда баржевого типа (лихтеры) строятся только для рейдового плавания и для плавания в отдельных заливах и губах. Таким судам присваивается разряд «М», что означает «морские». К разряду «М» относятся суда, выходящие в Белое море до Архангельского плавающего маяка, плавающие в Обской губе от Нового порта до острова Шокальского, совершающие прибрежное плавание в Енисейском заливе

¹ Под прибрежным плаванием в данном случае понимается плавание с удалением от базы до 5—10 миль.

от Бреховских островов до острова Диксон, плавающие в Тазовской и Гыданской губах, в восточной части Финского залива от Кронштадта до Выборга, в Печорском заливе от Нарьян-Мара до острова Гуляевские Кошки, по Амуру ниже города Николаевска-на-Амуре, а также плавающие по озерам Ладожскому, Онежскому, Иссык-Куль и Аральскому морю.

Для каждого из указанных выше типов судов в Правилах Морского и Речного Регистров СССР приводятся расчетные таблицы, по которым, в зависимости от главных размерений судна и их соотношений, определяются прочные размеры продольного и поперечного наборов, обшивки судна и крепежных средств. В тех случаях, когда главные размерения судна и их соотношения выходят за пределы, оговоренные Правилами, определение прочных размеров конструктивных элементов набора производится с учетом соответственных поправок. Правила Морского Регистра СССР, 1944 г. охватывают суда на корабельном наборе длиной 12,5—55 м, имеющие отношение $L : H$ в пределах от 5 до 11.

Практикой постройки деревянных судов типа катеров установлено, что в последние годы строятся пассажирские, спасательные, служебные и другие катера с натесным или гнутым набором длиной 8—25 м и относительной скоростью $\frac{v}{\sqrt{L}} \leq 3$, где v — скорость судна (узл.), а L — длина судна (м). Постройка катеров частично регламентирована «Техническими условиями на постройку мелких деревянных судов (типа катеров)» Морского Регистра СССР, 1943 г.

Правила Речного Регистра СССР для судов разряда «М» предусматривают следующие значения главных размерений судна:

Длина, м	20—75	Высота борта, м	2,1—4
Ширина, м	6—13	Осадка в грузу, м	0,9—2,8

2. Классификация по конструктивным и архитектурным типам. Морские деревянные суда можно классифицировать также по конструктивным и архитектурным признакам. Классификация по такому принципу позволяет наиболее четко определить особенности и признаки конструктивных и архитектурных типов современных морских деревянных судов.

Конструкция корпуса всякого судна, в том числе и деревянного, должна обеспечивать надлежащую жесткость и прочность корпуса, который не должен разрушаться общими и местными нагрузками, возникающими в процессе эксплуатации судна. Корпус морского деревянного судна представляет собой конструктивное объединение деревянных продольных и поперечных связей, скрепленных нагельными креплениями (болты, деревянные нагели, корабельные гвозди) или склеенных специальными водостойкими клеями. Отдельные узлы этих связей, во избежание деформации, подкреплены металлическими или деревянными кницами, накладками и т. п. Так как склеивание не регламентировано Правилами Регистра СССР, то при проектировании клееных судов руководствуются накопленным за последние годы довольно обширным практическим опытом постройки и эксплуатации таких судов.

Конструктивный тип судна характеризуется конструкцией внутреннего набора, а также конструкцией оболочки корпуса, т. е. его наружных обшивок. Главным отличительным признаком для классифи-

кации многообразных типов конструкций корпусов судов является характер конструкции шпангоутной рамы, в зависимости от которой суда делятся на следующие конструктивные типы:

- а) суда на футоксовом наборе;
- б) суда с натесными однорядными шпангоутами;
- в) суда с гнутым набором;
- г) суда баржевой конструкции;
- д) суда с продольно-монокитным набором без шпангоутов или редко поставленными рамными шпангоутами.

В зависимости от способов соединения связей корпуса, каждый из перечисленных конструктивных типов, в свою очередь, может быть подразделен на суда с нагельными креплениями и суда клееной конструкции. Конструкции набора названных типов подробно описаны в гл. III.

Архитектурный тип морского деревянного судна характеризуется соотношением его главных элементов, взаимным расположением моторного отделения, грузовых трюмов и других подпалубных помещений, в свою очередь предопределяющих взаимное расположение палубных надстроек, рубок, грузовых люков, мачт с грузовыми стрелами на них и т. д. Архитектурный тип судна во многом зависит и обуславливается его назначением.

§ 3. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ МОРСКИХ ДЕРЕВЯННЫХ СУДОВ

1. Транспортные суда предназначаются главным образом для перевозки генеральных грузов, и грузоподъемность их значительно колеблется. Так, мелкие парусно-моторные боты прибрежного плавания имеют грузоподъемность 5—10 т, а большие моторные суда неограниченного морского плавания — 200—300 т, а иногда и больше. Кроме самоходных транспортных судов строятся также несамоходные (буксируемые) транспортные суда.

Примером транспортного самоходного судна неограниченного района плавания, предназначенного для перевозки различных генеральных грузов, может служить парусно-моторная шхуна грузоподъемностью 300 т (рис. 1), главные размерения и основные характеристики которой приведены в табл. 2, поз. 16. Судно имеет парусное вооружение с общей наибольшей площадью парусов 717 м². Скорость хода судна под парусами и с работающим двигателем при ветре в 6 баллов около 8,5 узла. На базе этой шхуны построено антимагнитное судно «Заря».

Еще одним примером транспортных судов, перевозящих различные генеральные грузы, являются дизельные шхуны румынской постройки (рис. 2), вступившие в эксплуатацию в составе нашего флота на Азовском и Черном морях в 1945—1946 гг. Шхуны имеют наибольшую длину около 42 м и водоизмещение в полном грузу 440 т. Обводы корпуса ломаные (рис. 3).

Архитектурный тип транспортного несамоходного судна представлен морским грузовым дубом грузоподъемностью 40 т (рис. 4 и 5). Район плавания — Азовское море и побережье Черного моря. Главные размерения и основные характеристики см. табл. 2, поз. 42. Теоретические образования этого судна характеризуются плоским днищем и высоким значением коэффициента полноты мидель-шпангоута при лекальных обводах. Теоретический чертеж дуба представлен на рис. 6.

Весьма характерным типом несамоходных транспортных судов являются кунгасы, получившие широкое применение в бассейнах морей Дальнего Востока для перевозки грузов между берегом и открытыми рейдами. Грузоподъемность кунгасов различна и достигает 50 т. На рис. 7 и 8 показаны общее расположение и теоретический чертеж кунгаса грузоподъемностью 50 т. Обводы кунгасов ломаные, форштевень имеет большой наклон. Главные размерения и основные характеристики кунгаса приведены в табл. 2, поз. 50.

Примером транспортного пассажирского судна является пассажирский катер (рис. 9), предназначенный для морских прибрежных перевозок; главные размерения и основные характеристики его приведены в табл. 2, поз. 31.

2. Промысловые суда составляют наиболее многочисленную группу. Характерными представителями промысловых судов являются зверобойные суда, сейнеры и малые рыболовные траулеры.

Зверобойные суда предназначены для добычи морского зверя в Северном бассейне и на Дальнем Востоке в разводьях между ледяными полями. Учитывая неизбежные в данных условиях случаи сжатия во льдах, к прочности корпуса этих судов предъявляют повышенные требования. Кроме того, обводы судна в подводной части делаются округлыми, со значительным подъемом скулы, что при сжатии способствует выдавливанию судна из льда.

По архитектурному типу зверобойные суда однопалубные; кормовая надстройка (рубка) простирается почти до середины судна. Водоизмещение в грузу 500—700 т. Общий вид зверобойной парусно-моторной шхуны отечественной постройки 1952—1954 гг. дан на рис. 10, а общее расположение и теоретический чертеж такой же шхуны финской постройки 1954—1955 гг. представлены на рис. 11 и 12.

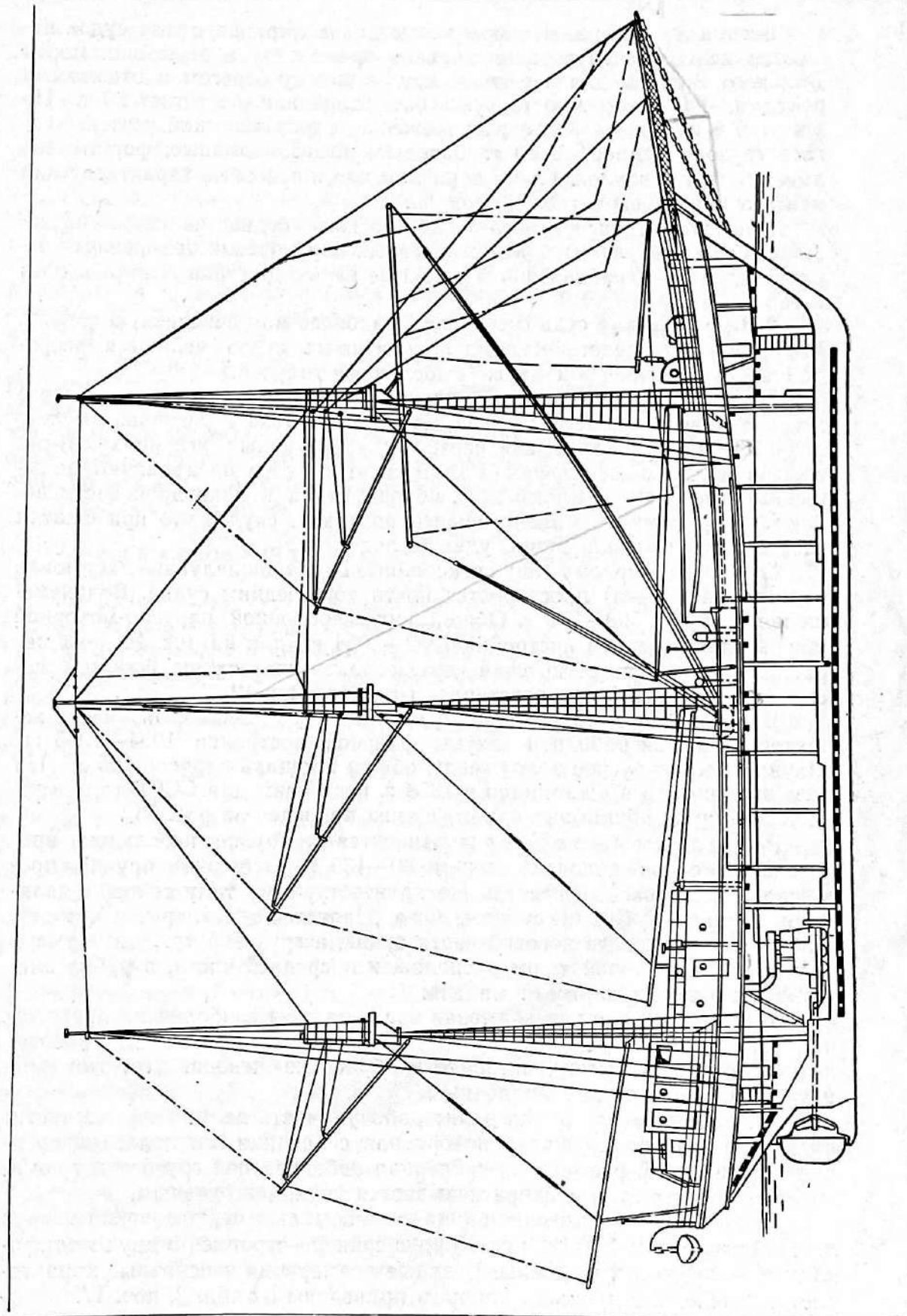
В табл. 2, поз. 43 приводятся главные размерения и основные характеристики зверобойной шхуны финской постройки 1954—1955 гг. Шхуна имеет парусное вооружение, общая площадь парусов 165 м². На базе этой шхуны в Финляндии в 1958 г. построены для СССР гидрографические суда; общий вид одного из них приведен на рис. 13.

Рыболовные сейнеры относятся к группе небольших промысловых судов водоизмещением 80—130 т. Основные орудия промысла — кошельковые неводы. По архитектурному типу сейнеры являются гладкопалубными судами. Они делятся на сейнеры, у которых рубка расположена в носовой части судна, а грузовой трюм в корме, и сейнеры, где грузовой трюм расположен в средней части, а рубка смещена несколько в корму от миделя.

В первом случае вся кормовая часть палубы свободна на протяжении более половины длины судна и образует площадку, где производятся работы по замету, выборке и обработке невода. Этот тип сейнера называется одноплощадочным.

Во втором случае рубка делит рабочую часть палубы на две части: кормовую (где расположена поворотная сейнерная площадка) и среднюю (на которой размещены сейнерная лебедка, люк грузового трюма, рыбонасос). Этот тип сейнера называется двухплощадочным.

На рис. 14 показан одноплощадочный малый черноморский сейнер МЧС постройки 1948—1950 гг. Корпус сейнера строился в двух модификациях — из дуба и из сосны. Главные размерения и основные характеристики сейнера с дубовым набором приведены в табл. 2, поз. 17.



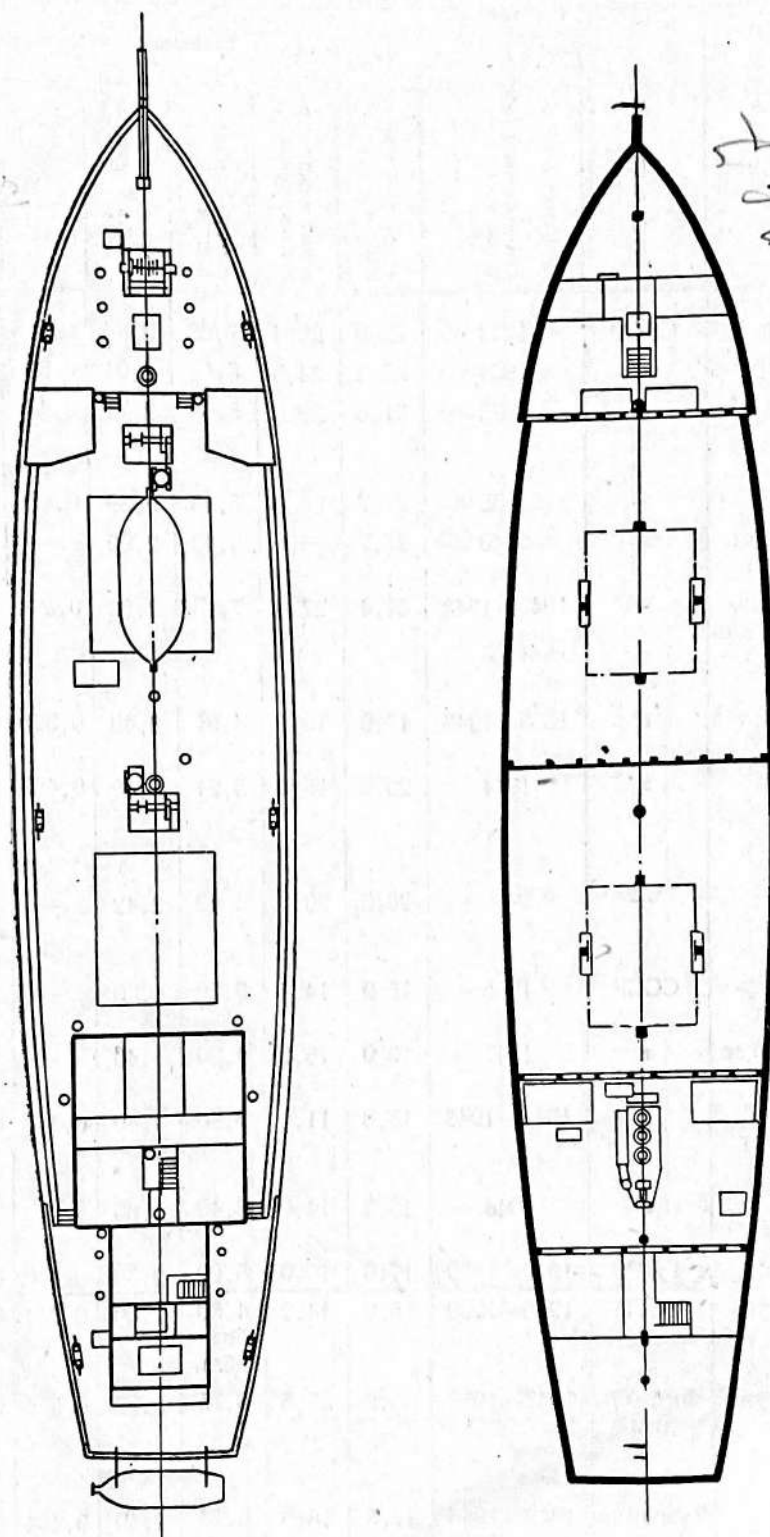


Рис. 1. Парусно-моторная шхуна. Общее расположение.

$\frac{12}{10} = 1.2$
 $\frac{12}{10} = 1.2$
 $\frac{12}{10} = 1.2$

Справочные данные по некоторым деревянным

№ п/п	Тип судна	Место постройки	Год постройки (ориентировочно)	Главные размеры и коэффици-					
				длина наибольшая, м	длина между перпендикулярами, м	ширина наибольшая, м	высота борта, м	δ	α
1	Комбайн тип I	СССР	1933	32,0	28,4	7,08	3,84	0,505	0,790
2	Зверобойное судно	»	1934	25,2	24,0	6,00	2,91	0,500	0,800
3	Комбайн тип II	»	1935	21,3	20,6	5,54	2,71	0,480	0,800
4	Дрифтер-бот	»	1935	27,7	26,0	6,43	3,39	0,480	0,820
5	Малый рыболовный траулер	»	1940	27,7	26,0	6,43	2,90	—	—
6	Парусно-моторное грузовое судно	»	1940—1942	31,4	27,0	7,13	2,60	0,594	0,794
7	Моторный бот	»	1935—1943	17,0	15,5	4,91	2,40	0,320	0,790
8	Сейнер	»	1944	20,6	18,0	5,21	2,68	0,463	0,778
9	»	—	—	20,9	20,3	5,49	2,42	—	—
10	Тралово-дрифтерный бот	СССР	1945	16,9	14,8	3,50	1,30	—	—
11	Грузовой кунгас «КД-20»	»	1947	19,0	16,2	4,20	1,45	—	—
12	Буксирный моторный бот	»	1946—1948	13,0	11,6	3,40	1,40	0,440	0,700
13	Буксир морской «БК»	»	1948	15,2	14,0	3,40	1,60	—	—
14	Траловый бот	ГДР	1946—1950	17,6	15,0	5,00	2,38	0,410	0,740
15	Грузовой дуб	СССР	1946—1950	15,0	14,2	4,80 без обш.	1,60	0,564	0,751
16	Грузовая шхуна	Финляндия	1947—1950	43,9	37,5	8,75	3,90	0,556	0,797
17	Сейнер	Румыния	1948—1950	19,5	18,0	5,13	2,40	0,464	0,754
18	Дрифтер	СССР	1949—1950	19,4	18,0	4,40	2,56	0,500	0,830
19	Транспортное судно	Швеция	1950	26,8	21,5	6,67	3,65	0,681	—

Таблица 2

судам, строившимся в СССР и за рубежом

цененты	Водоизмещение в полном грузу, т	Осадка средняя с килем при данном водоизмещении, м	Делвейт, т	Грузоподъемность, т	Главный двигатель		Скорость хода, узл.	Экипаж, чел.	Автономность, сутки	Район плавания
					мощность, л. с.	число оборотов, об/мин				
0,765	335	3,53	—	65	200	290	9,5	18	20	Баренцovo море
0,760	166	2,47	64	50	140	—	7,0	15	60	Каспийское море
0,740	100	2,56	32	24	105	430	9,0	10	5	Баренцovo море
0,740	189	2,85	63	40	140	430	7,5	14	20	»
—	212	2,55	62	40	140	430	6,0	17	12	»
0,856	197	1,84	80	75	70	850	6,0 под мотором	8	5	Прибрежный во внутренних морях
0,590	54	1,80	14	10	35	—	7,0	12	4	Мурманское побережье
0,731	64 по-рожном	1,85	6 без груза	10	100	—	8,0	12	—	Побережье Приморья и Сахалина
—	86	1,65	13 без груза	15	150	—	9,0	12	—	Побережье Японского моря
—	35	1,05	—	6	30—50	—	6,0	6	3	То же
—	—	—	—	20	Несамостоятельный		—	—	—	Прибрежный, рейды
0,730	16	1,01	2	—	30	650	7,0	7	3	Азовское море и побережье Черного моря
—	28	1,37	—	—	50	—	6,0	4	150 час.	Побережье морей Дальнего Востока
0,620	55	2,04	13	10	80	600	8,0	6	6	Балтийское море
0,943	38	1,05	—	20	Несамостоятельный		—	1	—	Азовское море и побережье Черного моря
0,828	677	3,45	—	300	225	300	7,0	16	7	Неограниченный
0,740	704	4,54	374	200	300	360	под мотором	24	60	Черное море
0,725	80	2,01	21	13	150	1500	9,0	12	10	Черное море
0,760	64	1,73	24	15	150	1500	8,5	8	7	Каспийское море
—	254	2,80	80	50	225	300	8,0	10	—	Балтийское море

№ п/п	Тип судна	Место постройки	Год постройки (ориентировочно)	Главные размерения и коэффи						
				длина наибольшая, м	длина между перпендикулярами, м	ширина наибольшая, м	высота борта, м	с	а	
20	Буксир морской	СССР	1950	12,8	11,6	3,05	1,30	—	—	
21	Сейнер	»	1950	18,8	17,5	6,29	1,95	—	—	
22	Сточное судно	»	1950	16,2	14,8	4,94	1,40	—	—	
23	Реюшка	»	1950	10,8	9,80	2,80	0,96	—	—	
24	Рыболовный бот	»	1950	21,5	18,0	5,40	2,00	—	—	
25	Учебная шхуна	Финляндия	1951	43,9	37,5	8,75	3,90	—	—	
26	Буксир озерного типа	СССР	1950—1952	16,7	15,2	3,62 без общ.	1,65	0,576	0,856	
27	Плашкоут грузовой	»	1951—1952	26,8	26,0	8,30	2,41	0,790	0,808	
28	Рыболовный бот «Кавасаки»	»	1952	13,6	11,9	3,08	0,94	—	—	
29	Спортивный катер	Финляндия	Проект 1952	8,75	7,95	2,40	1,08	—	—	
30	Дрифтер типа «Кавасаки»	СССР	1952	16,6	15,6	3,72	1,33	0,630	0,760	
31	Пассажирский катер	»	Проект 1952	23,6	20,8	4,80	2,80	—	—	
32	Рыболовный бот	»	Проект 1952	18,1	16,1	3,50	1,38	—	—	
33	Спасательный катер для танкера	»	Проект 1952	8,00	7,90	2,33	1,42	0,525	0,770	
34	Малый рыболовный траулер	Швеция	1948—1953	23,4	21,5	6,40	3,40	0,430	0,780	
35	Зверобойная шхуна	Дания	1952—1953	37,6	34,5	7,90 без общ.	4,13	—	—	
36	Сейнер	СССР	1953	25,1	21,0	5,80	2,70	0,486	0,783	
37	Транспортная моторно-парусная шхуна «Дембит»	»	1953	31,5	27,2	7,30	3,28	—	—	

циенты	в	Водоизмещение в пол- ном грузу, т	Осадка средняя с килем при данном водоизмеще- нии, м	Делвейт, т	Грузоподъемность, т	Главный двигатель		Скорость хода, узл.	Экипаж, чел.	Автономность, сутки	Район плавания
						мощность, л. с	число оборотов, об/мин.				
—	—	17	0,98	—	—	30	—	6,5	2	2	Побережье морей Дальнего Востока
—	—	77	1,42	—	20	40	—	6,5	8	15	Каспийское море
—	—	33	0,80	—	—	Несамородное		—	7	—	Северный Каспий
—	—	10	0,80	—	—	Несамородное		—	3	—	»
—	—	72	1,68	—	30	50	—	6,0	7	12	Азовское море
—	—	581	3,20	207	—	225	300	7,0	58	14	Неограниченный
0,784	—	27	1,17	5	3	40	750	под мото- ром 6,0	6	6	Псковское и дру- гие озера
0,999	—	228	1,32	102	100	Несамородный		—	3	—	Северный Каспий
—	—	14	0,58	—	5	30	—	8,0	7	30 час.	Побережье Охот- ского моря
—	—	2,83	0,70	—	—	200	2900	27,0	7	250 миль	Прибрежный
0,790	—	29	0,85	14	10	40	750	7—8	6	2	»
—	—	64	1,82	12	80 пас- саж.	300	1500	12,0	8	2	»
—	—	31	1,15	10	6	40	450	7,5	5	2	»
0,800	—	5	0,53	—	18 пас- саж.	20	—	6,0	2	75 миль	Неограниченный при 5-балльном волнении
0,630	—	158	2,67	40	36	225	300	8,5	11	10	Балтийское и Баренцево моря
—	—	560	3,82	190	120	300	375	8,0	23	60	Северный бассейн
0,765	—	128	2,27	29	20	150	1500	9,0	12	9	Черное море
—	—	302	2,86	—	150	135	—	—	—	—	—

№ п/п	Тип судна	Место постройки	Год постройки (ориентировочно)	Главные размерения и коэффици-					
				длина наибольшая, м	длина между перпендикулярами, м	ширина наибольшая, м	высота борта, м	δ	α
38	Лихтер морской	СССР	1953	57,0	53,5	13,0	4,50	0,815	0,840
39	Сточная рыбацкая	»	Проект 1953	17,1	16,0	5,82	1,86	—	—
40	Зверобойная шхуна	»	1952—1954	36,1	32,0	8,01	4,00	0,603	0,832
41	Прогулочный катер «КС-1»	»	Проект 1954	6,17	5,74	1,94	0,94	0,490	0,710
42	Грузовой дуб	»	1952—1955	19,2	17,5	6,05	1,75	0,580	0,760
43	Зверобойная шхуна	Финляндия	1954—1955	40,6	35,0	9,30	4,30	0,496	0,790
44	Экспедиционное судно	—	Проект	47,3	40,0	9,20	6,30	0,558	0,798
45	Рыболовный бот	СССР	1951—1957	14,7	12,9	3,68 без. общ.	1,40	0,472	0,742
46	Моторная фелюга	»	1952—1957	9,10	8,50	2,80	1,10	0,610	0,850
47	Рыболовный бот	»	1954—1957	18,2	15,8	3,92	1,44	0,628	0,830
48	Краболовный бот	»	1954—1957	13,5	11,9	3,46	0,94	0,520	0,790
49	Моторный бот типа «Дори»	»	1954—1957	8,83	8,60	2,70	1,10	0,460	0,710
50	Грузовой кунгас	»	1954—1957	22,2	18,3	5,75	1,80	0,620	0,780
51	Гидрографическое судно «Меридиан»	Финляндия	1958	40,8	34,8	9,32	4,88	0,496	0,790
52	Моторный бот	СССР	1955	10,1	8,8	3,20	1,41	0,456	0,765

цен-ты		Водоизмещение в пол-ном грузу, т	Осадка средняя с килем при данном водоизмеще-нии, м	Делвейт, т	Грузоподъемность, т	Главный двигатель		Скорость хода, узл.	Экипаж, чел.	Автономность, сутки	Район плавания
	β					мощность, л. с.	число оборотов, об/мин.				
0,999	1774	3,14	—	1250	Несамород-ный	—	5	—	Побережье Белого моря		
—	46	1,28	—	—	Парусная	—	9	10	Северный Каспий		
0,844	558	3,89	181	150	300	300	9,0	22	60	Северный бассейн	
0,680	1,5	0,49	0,56	5 пас-саж.	70—90	—	20—24	1	5 час.	Рейды и побе-режье	
0,920	76	1,36	41	40	Несамород-ный	—	3	—	Азовское море и побережье Черного моря		
0,740	704	4,54	374	200	300	360	9,0	24	60	Северный бассейн	
0,850	850	4,46	228	—	600	225	10,5	34	45	» »	
0,726	25	1,29	5	3	40	750	6,0	5	2	Побережье Фин-ского залива	
0,855	11	0,94	6	4	20	1500	6,0	5	1,5	Прибрежный	
0,846	31	0,81	11	7	50	650	6,0	6	1	Побережье морей Дальнего Востока	
0,740	19	0,76	7	5	20	1500	6,4	7	30 час.	От берега и базы (судна) 5 миль	
0,760	6	0,78	2,6	2,5	20	1500	6,1	6—8	14 час.	То же	
0,910	72	1,34	—	50	Несамород-ный	—	2	—	Побережье морей Дальнего Востока		
0,740	810	4,54	253	100	400	—	—	35	—	Неограниченный	
0,720	11	1,09	6,9	5	20	1500	6,5	3	1	Побережье Балтийского моря	

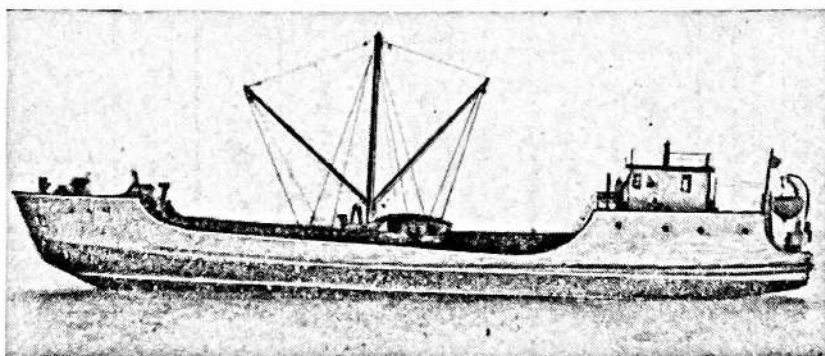


Рис. 2. Дизельная грузовая шхуна.

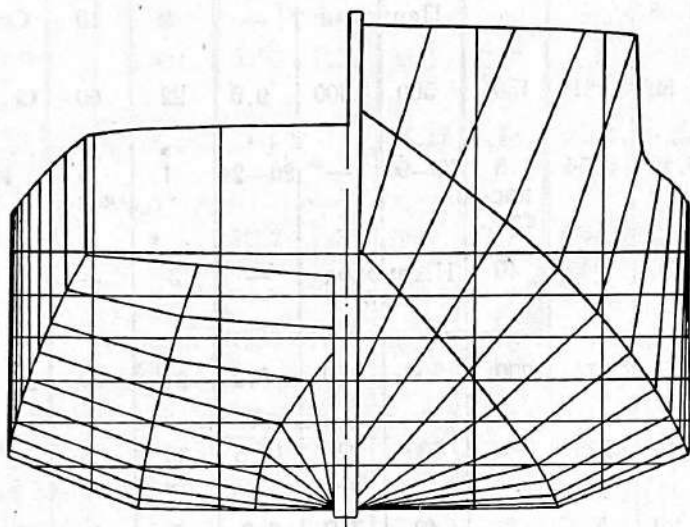


Рис. 3. Дизельная грузовая шхуна. Теоретический корпус.

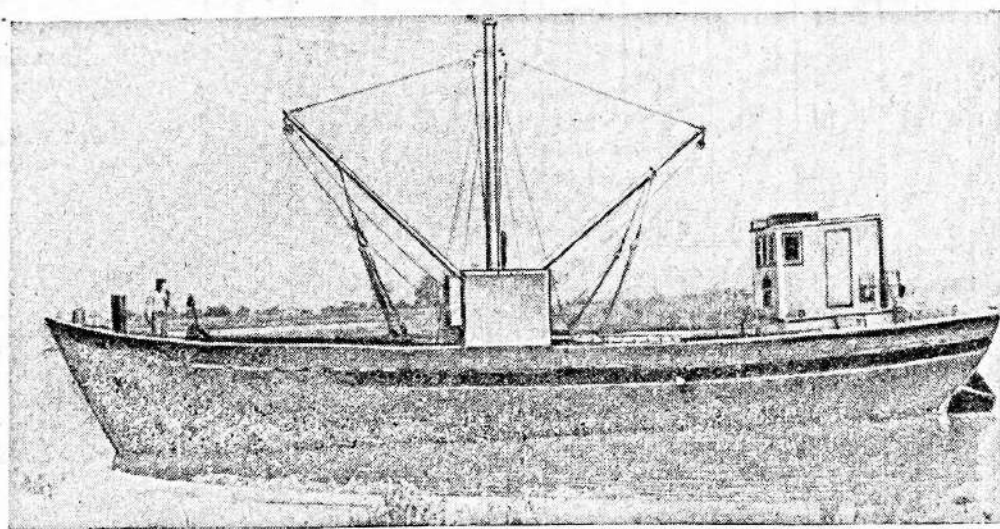


Рис. 4. Морской дуб грузоподъемностью 40 т.

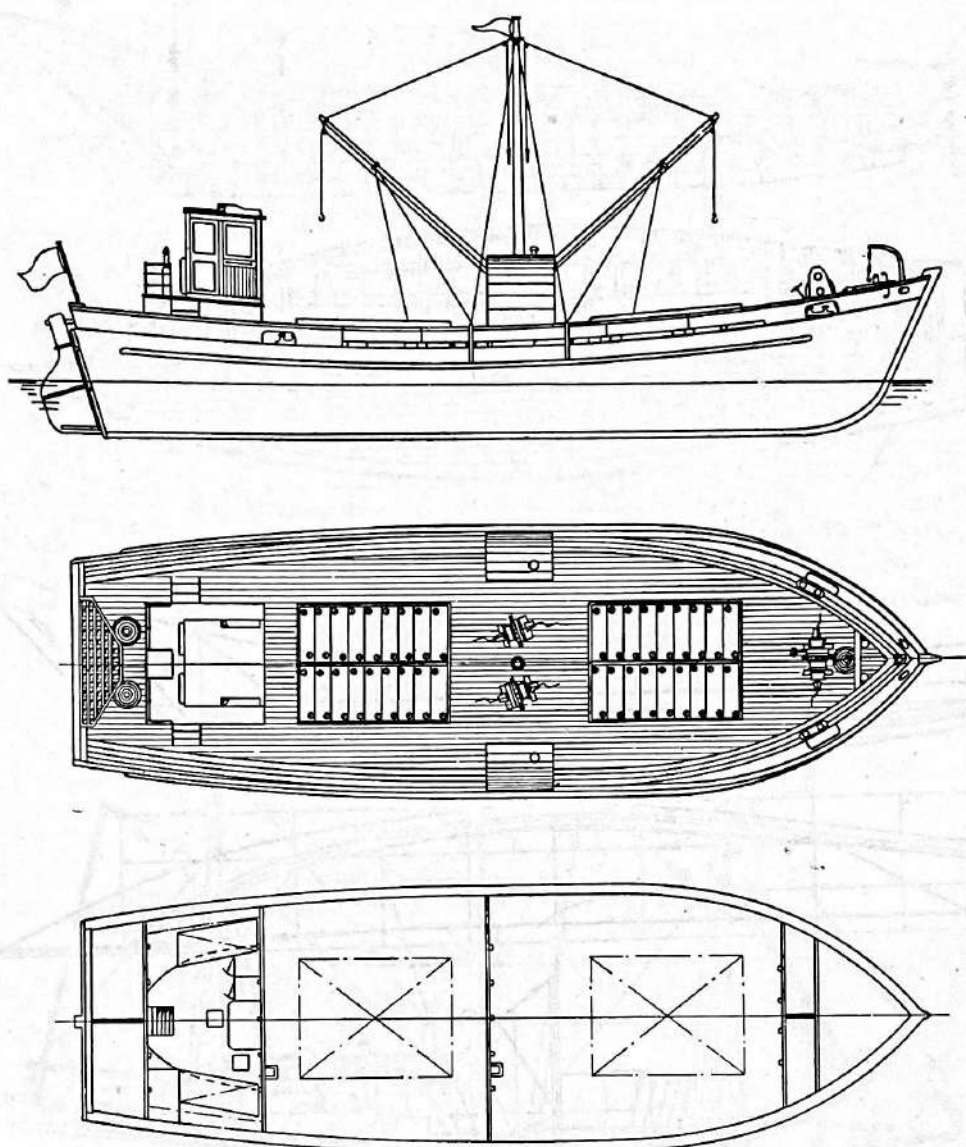


Рис. 5. Морской дуб грузоподъемностью 40 т. Общее расположение.

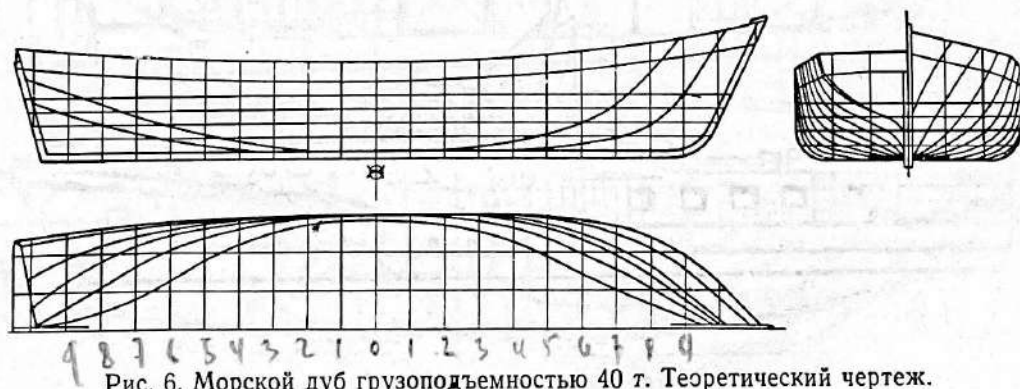


Рис. 6. Морской дуб грузоподъемностью 40 т. Теоретический чертеж.

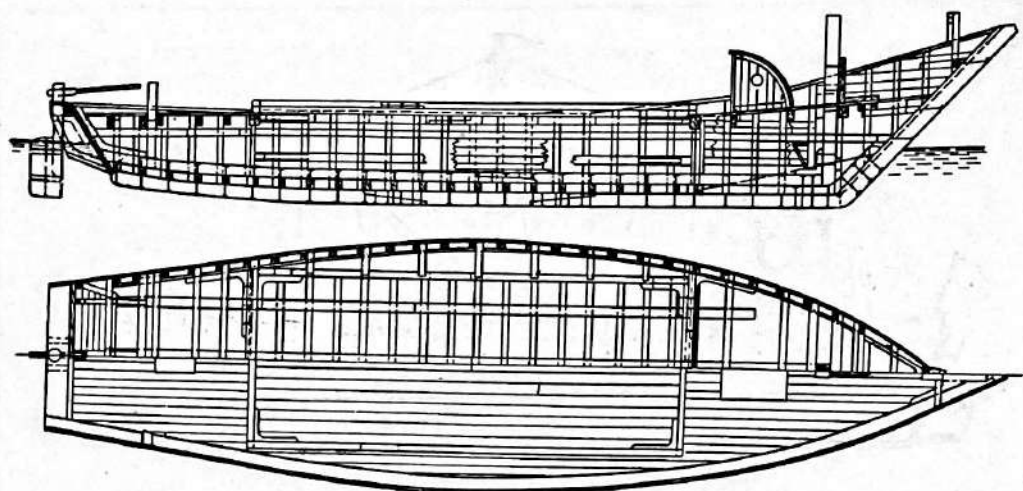


Рис. 7. Кунгас грузоподъемностью 50 т. Общее расположение.

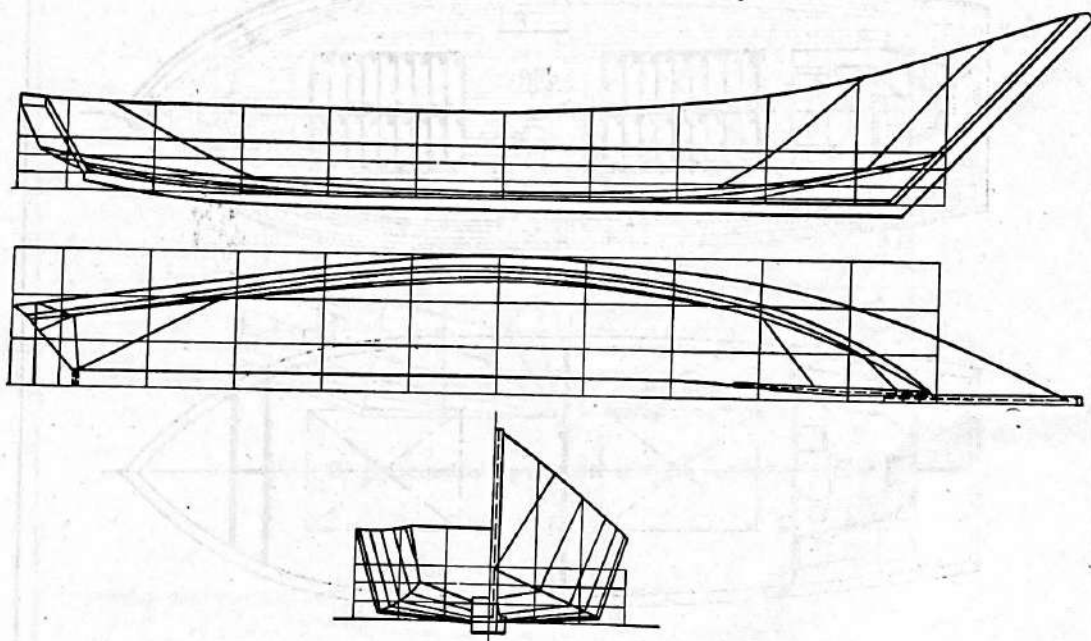


Рис. 8. Кунгас грузоподъемностью 50 т. Теоретический чертеж.

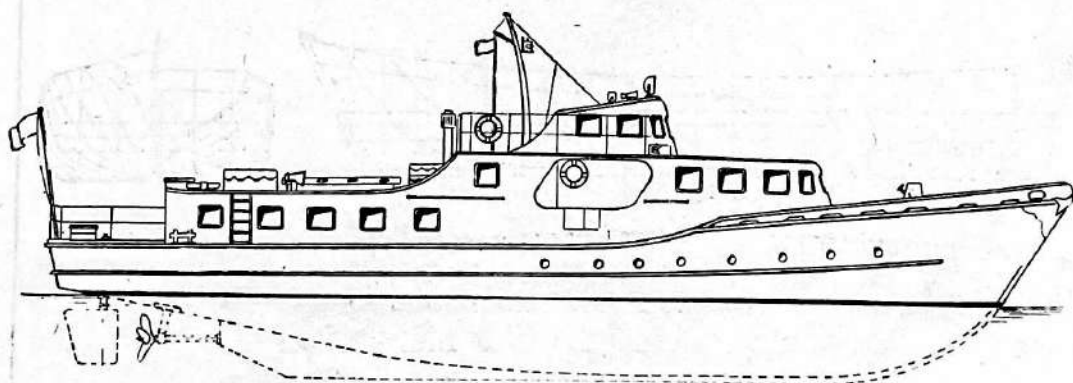


Рис. 9. Пассажирский катер.

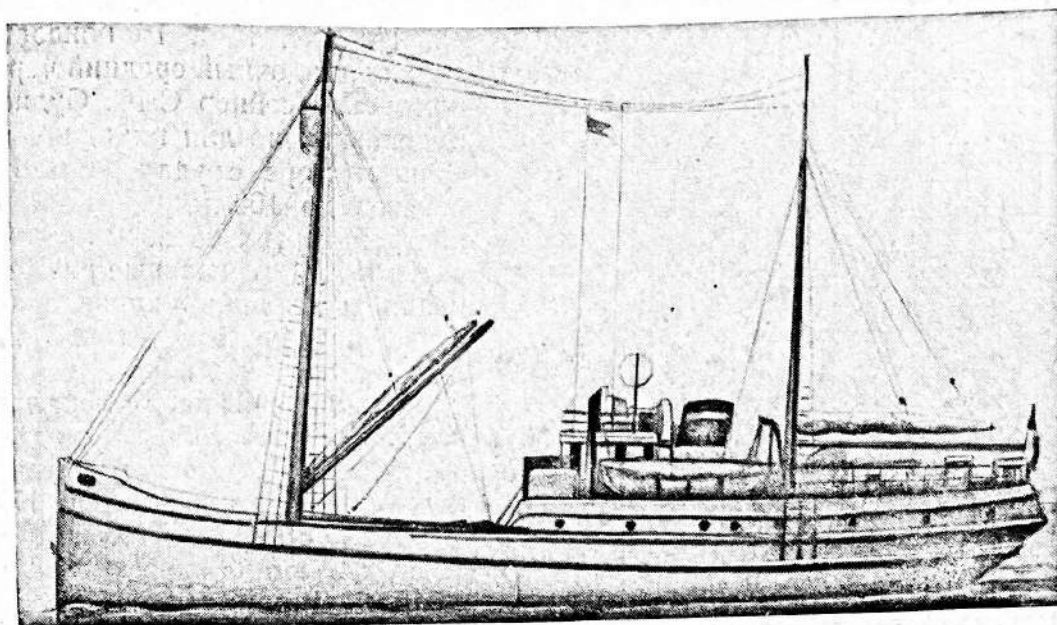


Рис. 10. Зверобойная шхуна отечественной постройки.

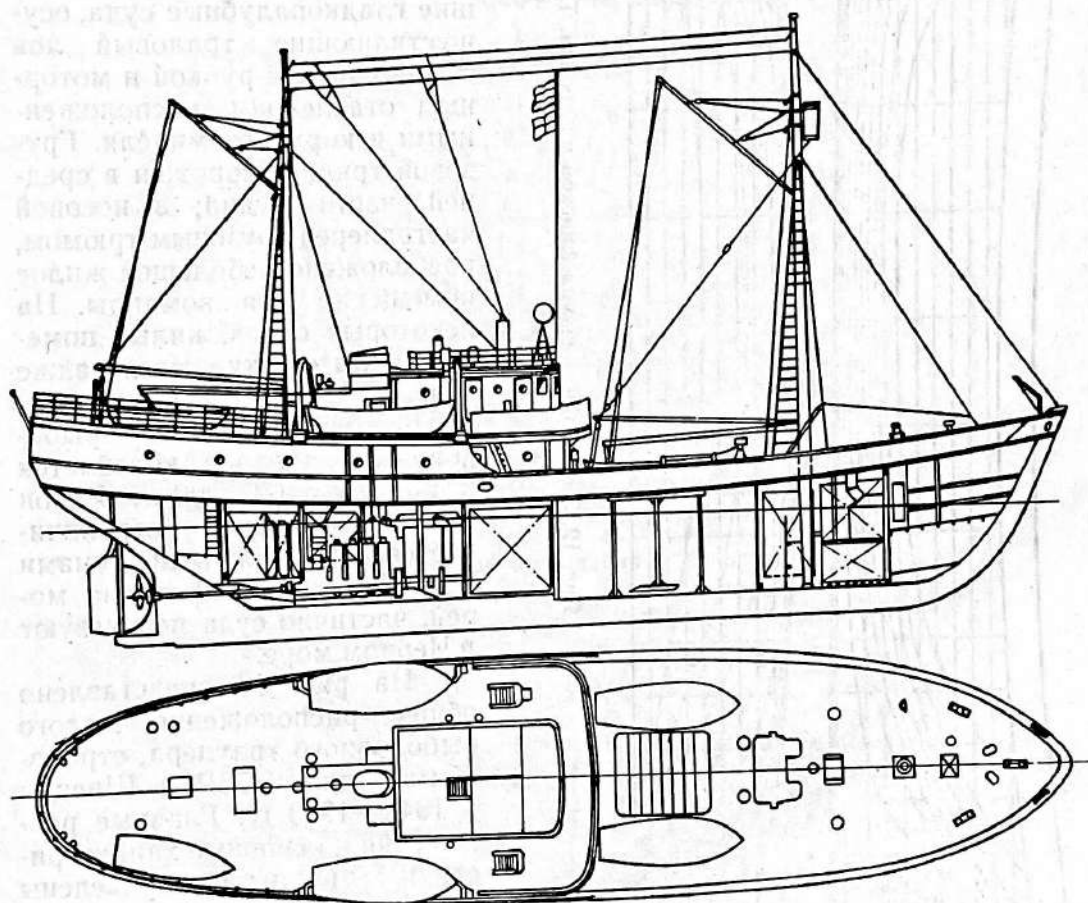


Рис. 11. Зверобойная шхуна финской постройки. Общее расположение.

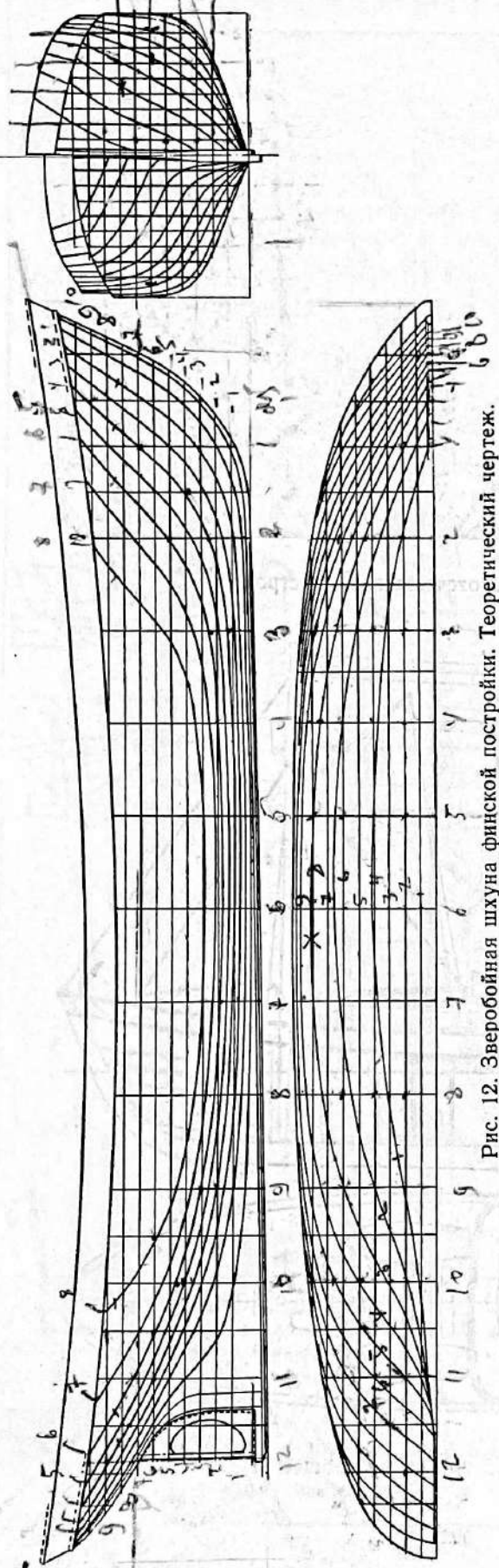


Рис. 12. Зверобойная шхуна финской постройки. Теоретический чертеж.

На рис. 15 и 16 показан двухплощадочный средний черноморский сейнер СЧС. Судно предназначено для плавания в Черном море с удалением от берегов до 100 миль. Начало постройки этих сейнеров относится к 1953 г.; главные размеры и основные характеристики приведены в табл. 2, поз. 36.

Обводы сейнера лекальные, со значительным подъемом скулы; теоретический корпус изображен на рис. 17.

Малые рыболовные траулеры представляют значительную группу рыболовных судов, архитектурный тип которых также определился достаточно четко. Это небольшие гладкопалубные суда, осуществляющие траловый лов донных рыб, с рубкой и моторным отделением, расположенными в корму от миделя. Грузовой трюм выгорожен в средней части судна; в носовой части, перед грузовым трюмом, расположено небольшое жилое помещение для команды. На некоторых судах жилые помещения выгораживаются также и в кормовой части корпуса. Водоизмещение малых рыболовных траулеров колеблется в пределах 60—200 т. Район плавания обычно ограничивается прибрежными зонами Балтийского и Баренцова морей, частично суда используют в Черном море.

На рис. 18 представлено общее расположение малого рыболовного траулера, строившегося для СССР в Швеции в 1948—1953 гг. Главные размеры и основные характеристики траулера приведены в табл. 2, поз. 34.

На рис. 19 показано общее расположение тралового

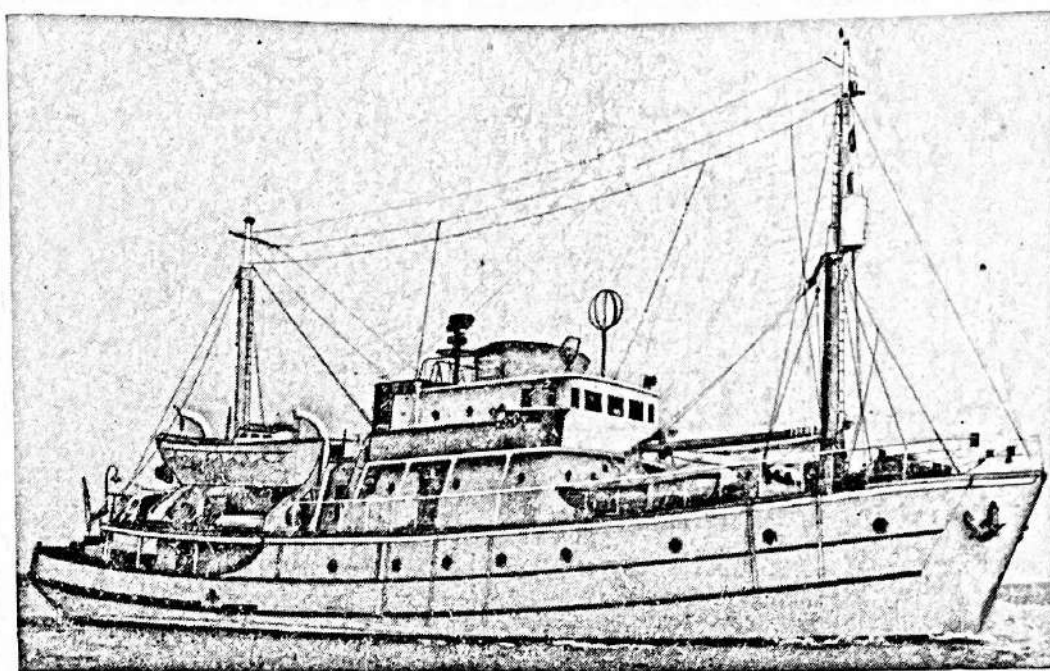


Рис. 13. Гидрографическое судно.

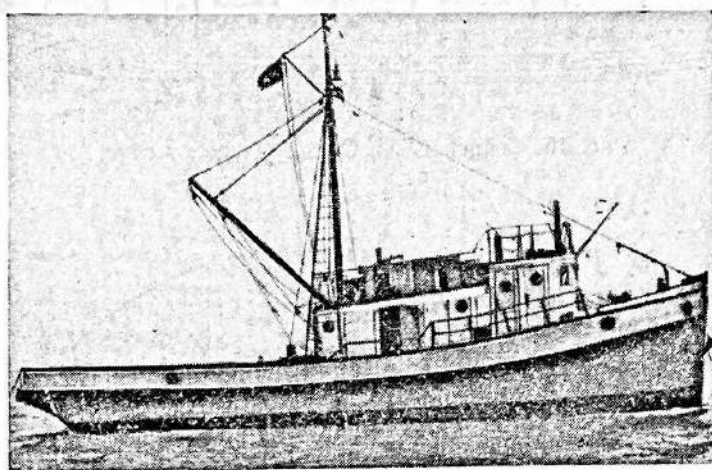


Рис. 14. Малый однопалубный сейнер МЧС.

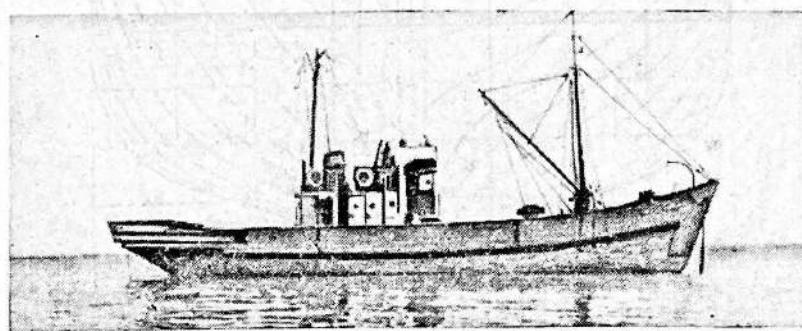


Рис. 15. Средний двухпалубный сейнер СЧС.

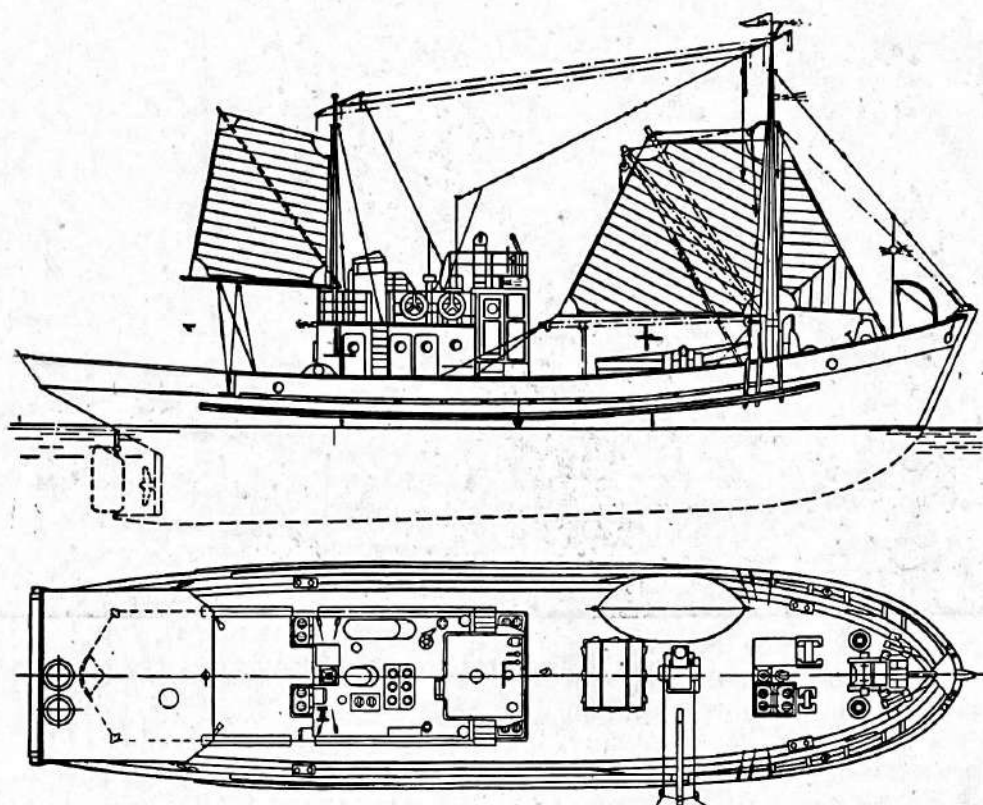


Рис. 16. Сейнер СЧС. Общее расположение.

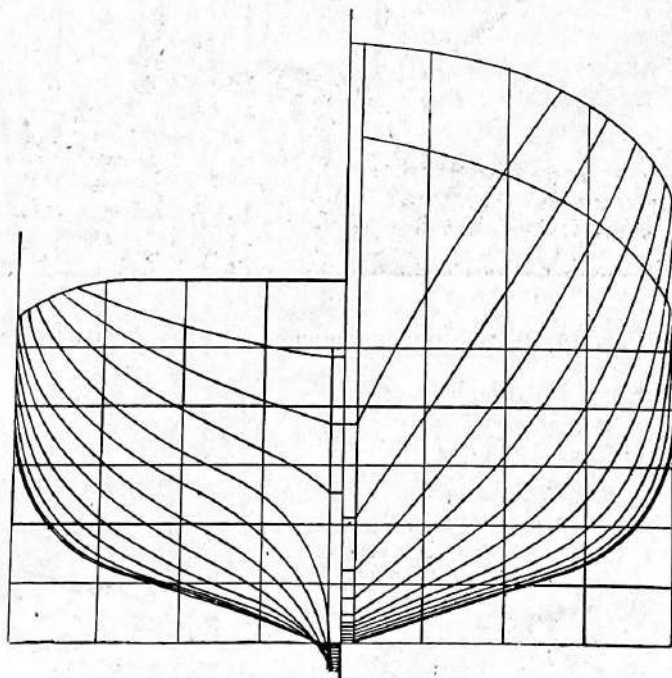


Рис. 17. Сейнер СЧС. Теоретический корпус.

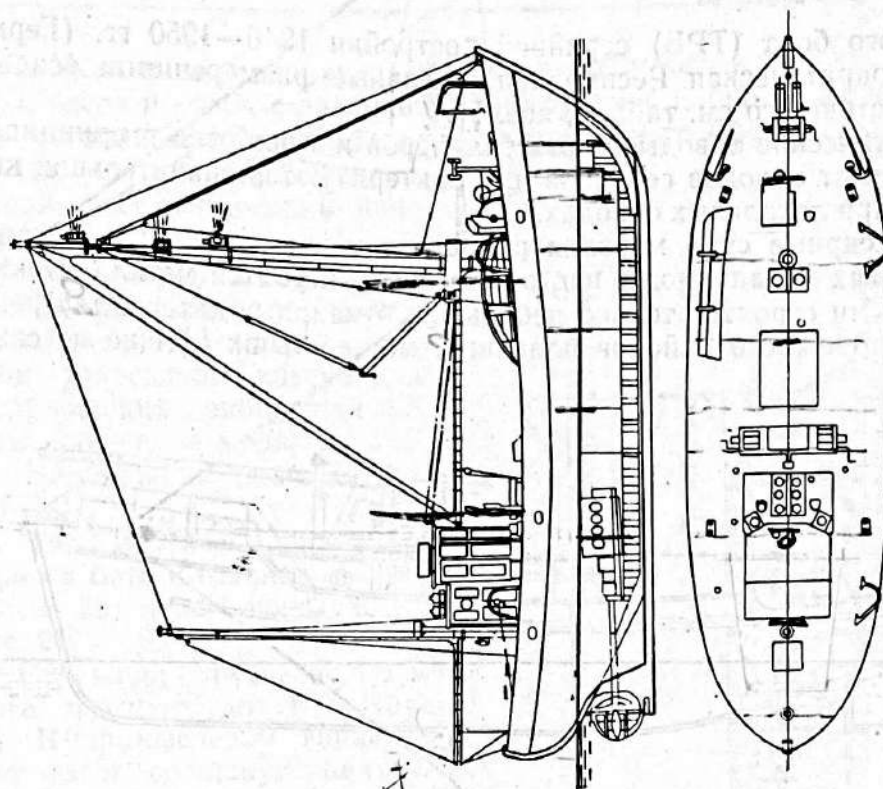


Рис. 19. Траловый рыболовный бот ТРБ. Общее расположение.

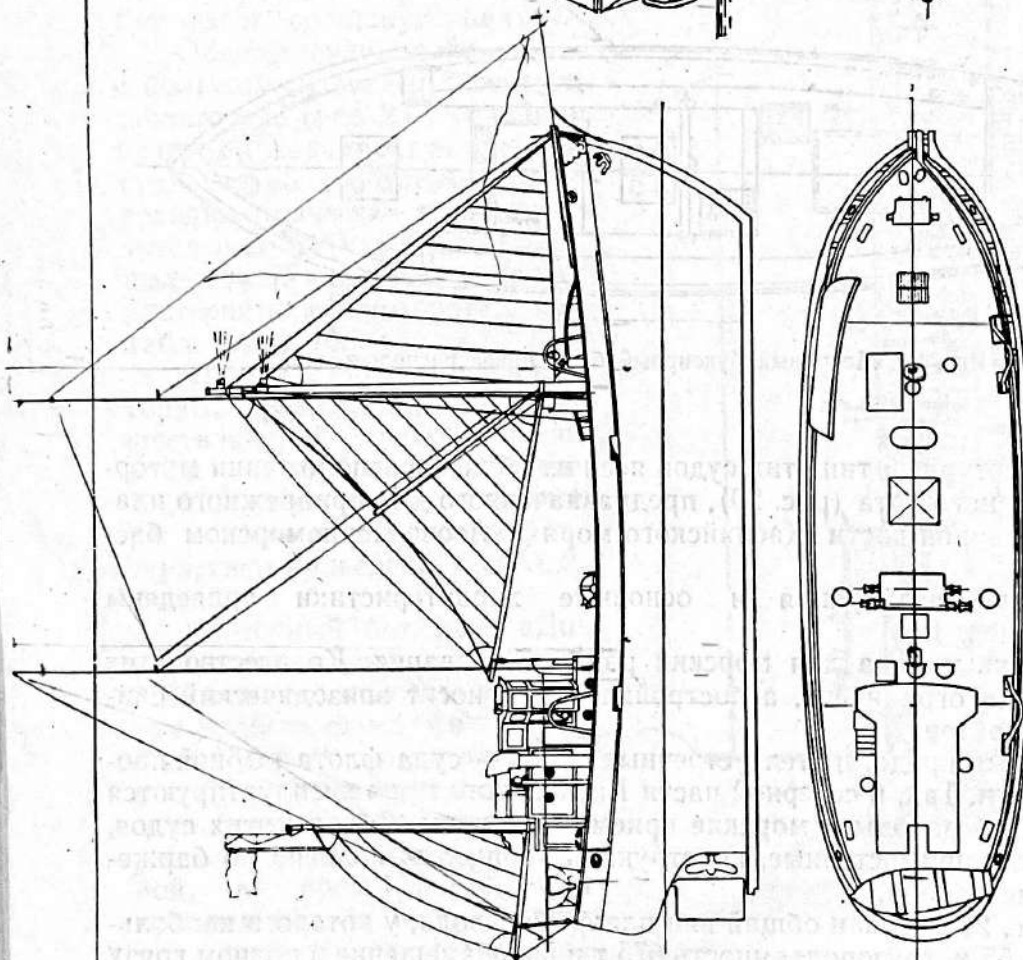


Рис. 18. Малый рыболовный траулер МРТ. Общее расположение.

рыболовного бота (ТРБ) серийной постройки 1946—1950 гг. (Германская Демократическая Республика); главные размерения и основные характеристики его см. табл. 2, поз. 14.

Теоретические обводы малых траулеров и тралботов в принципе не отличаются от обводов сейнеров и характеризуются значительной килеватостью при лекальных обводах.

3. Буксирные суда морских районов плавания с большой мощностью главных механизмов в настоящее время строятся металлическими. Деревянными строятся только небольшие буксирные катеры для рейдового и прибрежного районов плавания; мощность их обычно не свыше 150 л. с.

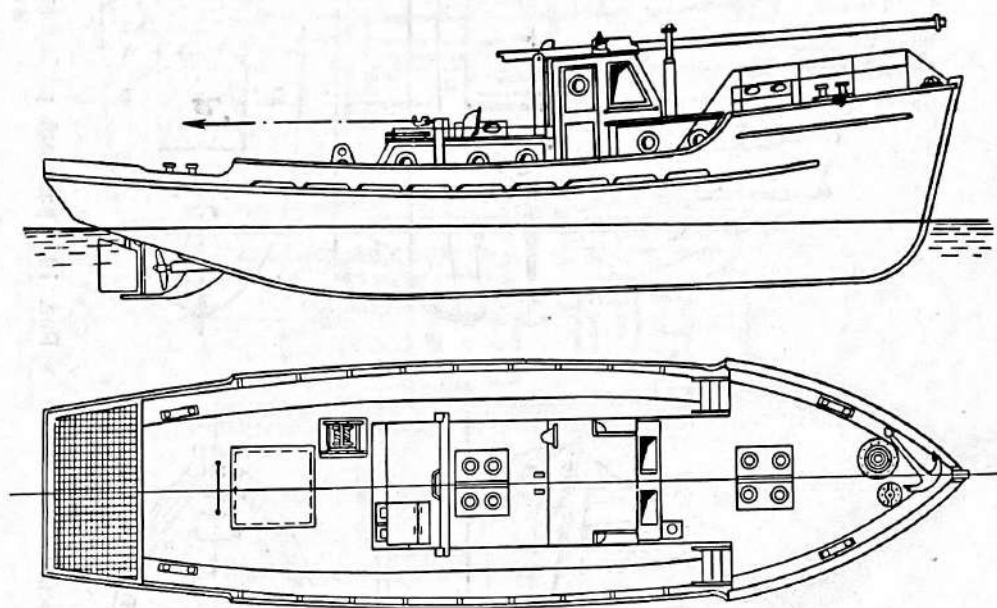


Рис. 20. Моторный буксирный бот. Общее расположение.

Архитектурный тип этих судов ясен из общего расположения моторного буксирного бота (рис. 20), предназначенного для прибрежного плавания в северной части Каспийского моря и Азово-Черноморском бассейне.

Главные размерения и основные характеристики приведены в табл. 2, поз. 12.

4. Стоечные суда для морских районов плавания. Количество этих судов весьма ограничено, а постройка новых носит эпизодический единичный характер.

Типичные представители стоечных судов — суда флота рыбной промышленности. Так, в северной части Каспийского моря эксплуатируются плавучие рыбозаводы и морские приемные пункты. Обводы этих судов, как правило, прямостенные, конструкция корпуса выполнена по баржевой системе набора.

На рис. 21 показан общий вид плаврыбозавода, у которого наибольшая длина 55 м, грузоподъемность 675 т и водоизмещение в полном грузу 1235 т.

5. Мелкие морские суда представляют многочисленную группу катеров, ботов и лодок с различной конструкцией набора корпуса, отличающихся большим разнообразием архитектурного оформления.

На рис. 22 представлен моторный бот, имеющий наибольшую длину около 11 м и мощность мотора 20 л. с.

На рис. 23 дано общее расположение 50-сильного служебно-разъездного катера для обслуживания прибрежной полосы Баренцова моря.

Наибольшая длина катера 15,5 м.

Транспортный вариант моторного бота с главным двигателем 20 л. с. показан на рис. 24.

Открытый грузовой трюм бота вмещает до 5 т груза. В промысловом варианте бот имеет сплошную палубу.

Обводы судна лекальные, с большим развалом носовых шпангоутов (рис. 25), что обеспечивает хорошую всхожесть судна на волну и высокие мореходные качества при незначительных размерах. Главные размеры и основные характеристики мотобота см. табл. 2, поз. 46.

На рис. 26 представлен моторный промысловый бот, осуществляющий траловый лов рыбы в прибрежной полосе Балтийского моря; главные размеры и основные характеристики приведены в табл. 2, поз. 52.

Моторный бот типа «Дори», строящийся в транспортном и в промысловом вариантах (в обоих случаях открытый беспалубный), представлен на рис. 27. В транспортном варианте бот используется для перевозки грузов и как разъездной, в промысловом — для прибрежного и кошелькового лова рыбы (в открытом море вблизи судна-базы, на которое боты поднимают во время переходов и в штормовую погоду).

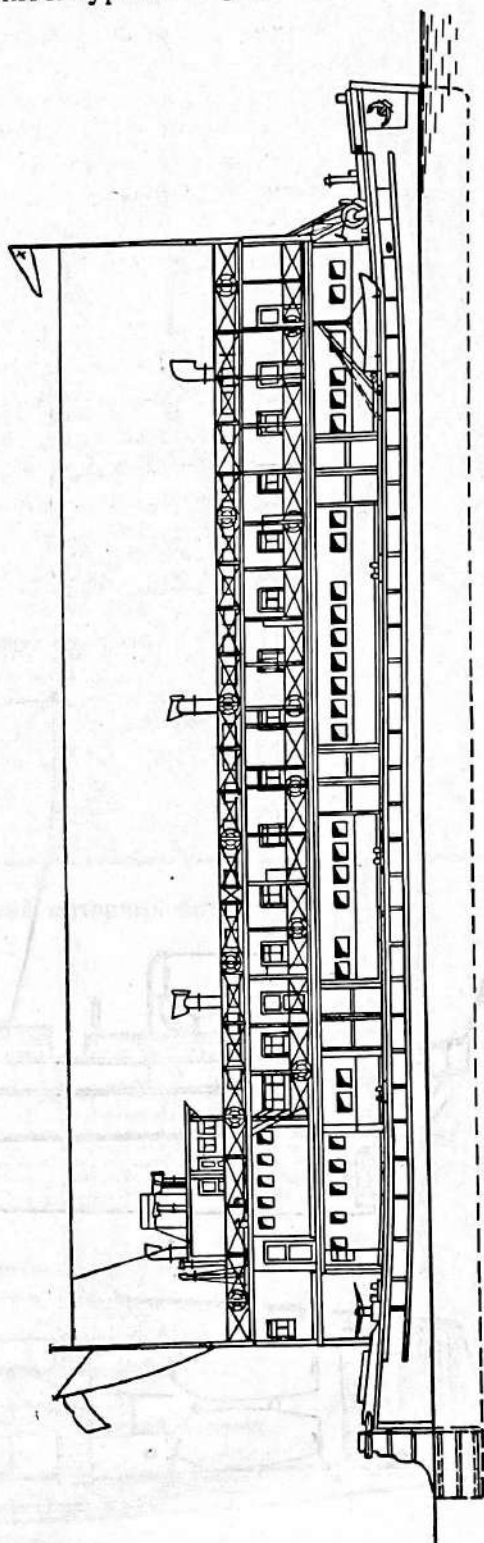


Рис. 21. Плавающий рыбозавод.

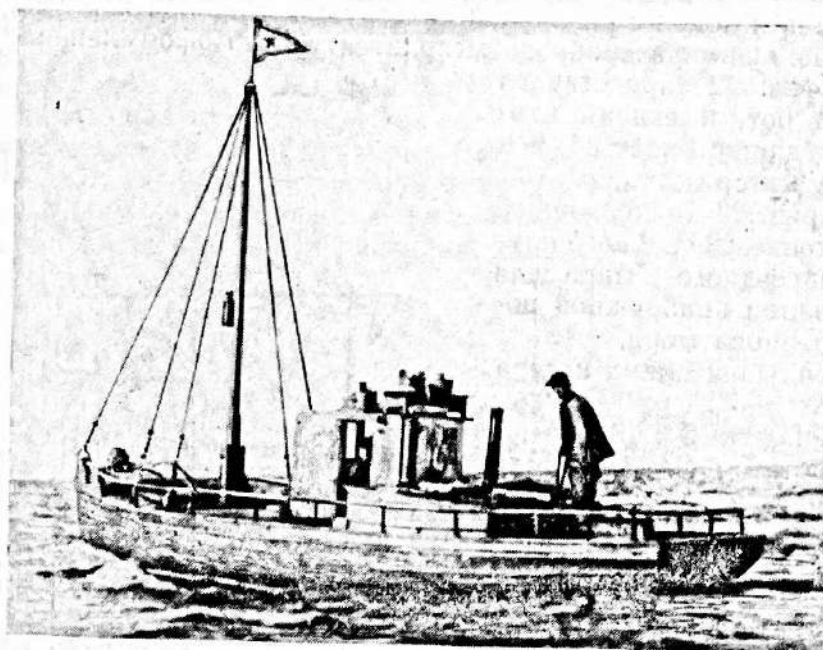


Рис. 22. Моторный бот.

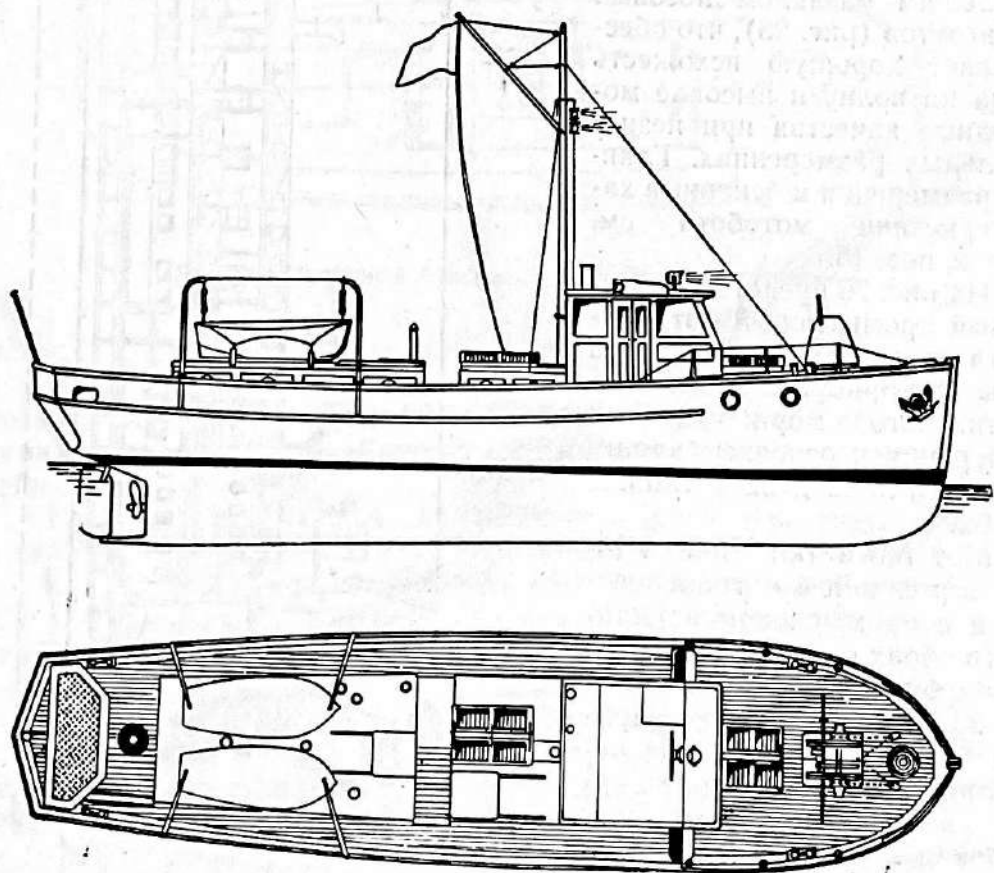


Рис. 23. Служебно-разъездной катер. Общее расположение.

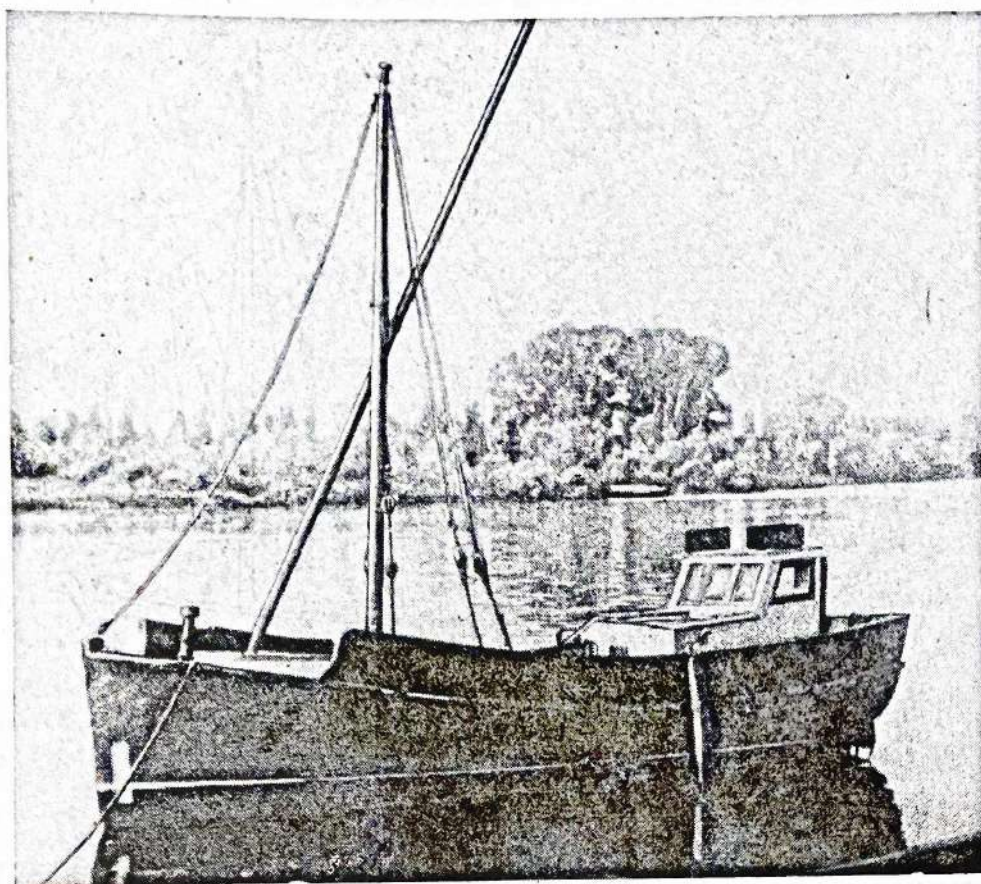


Рис. 24. Транспортный моторный бот.

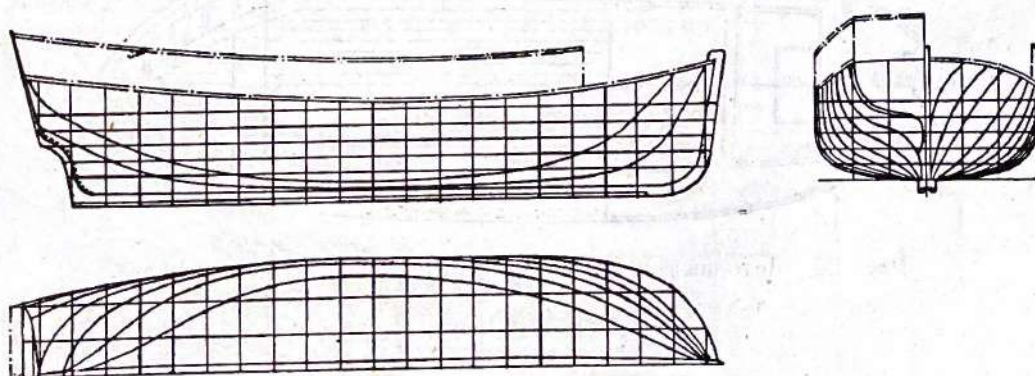


Рис. 25. Моторный бот. Теоретический чертеж.

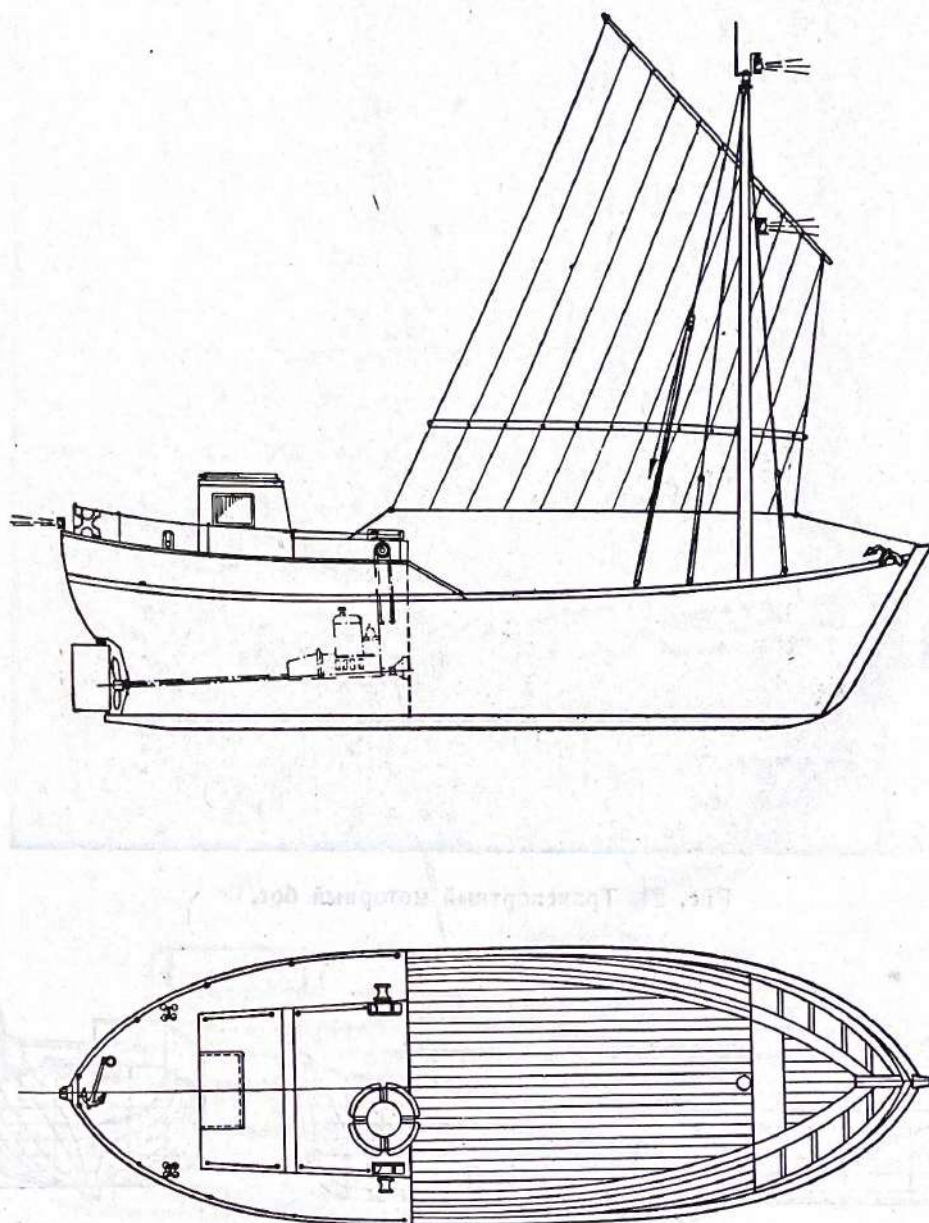


Рис. 26. Моторный промысловый бот. Общее расположение.

The image contains two technical line drawings of a boat hull. The top drawing is a side profile view, showing the hull's curved shape, a row of small circular openings along the gunwale, and a complex mechanical assembly at the stern. The bottom drawing is a cross-sectional view, revealing the internal structural ribs, a central longitudinal beam, and a transverse bulkhead. A mechanical component is also shown in the lower-left section of the hull.

В табл. 2, поз. 49 приведены главные размерения и основные характеристики бота «Дори».

Из приведенного краткого описания некоторых судов видно, что современные морские деревянные суда достаточно многообразны как по размерениям, так и по назначению. Для справок в табл. 2 даны основные сведения о ряде морских деревянных судов, построенных за последние 25 лет в СССР и за рубежом.

Таблица 3

Типы судов	Соотношение главных размеров				Коэффициенты теоретического чертежа		
	$L:H$	$L:B$	$B:H$	$B:T$	δ	α	β
Транспортные суда:							
самоходные	5,9—10,4	3,0—4,4	1,5—2,7	2,1—3,9	0,32—0,61	0,79—0,85	0,59—0,86
несамоходные	8,9—11,9	3,1—4,1	2,9—3,5	4,1—4,9	0,56—0,82	0,75—0,84	0,91—1,0
Промысловые суда	6,3—12,7	2,8—4,6	1,7—3,7	2,0—5,3	0,41—0,63	0,71—0,83	0,62—0,85
Буксирные суда	8,2—9,2	3,4—4,2	2,1—2,4	2,5—3,4	0,44—0,58	0,70—0,85	0,73—0,78
Стоечные суда	10,6—23,5	3,0—5,2	2,9—4,9	4,9—10,3	—	—	—
Мелкие морские суда	5,6—10,2	3,0—4,3	1,6—2,9	2,6—4,4	0,49—0,53	0,71—0,77	0,68—0,80

3 Г. Б. Терентьев

Таблица 4

Весовые характеристики,
положение центра тяжести и значения начальной метацентрической высоты некоторых морских деревянных судов

Тип судна	$L \times B \times H, м^3$	Мощность главного двигателя, л. с.	Обозначения или формула	Корпус с устройствами и оборудованием								Механическая установка, электро- и радиооборудование, трубопроводы и системы			Судно порожнем	Вес судна порожнем на единицу $L \times B \times H$	Значения начальной метацентрической высоты в эксплуатационных случаях на грузки, м
				дерево в корпусе и надстройках	металлические крепления	осмола, окраска, конопатка	отделка и оборудование по-мешений	судовые устройства	итого весов по корпусу	вес корпуса на единицу $L \times B \times H$	главный двигатель и м/м	прочие веса	итого весов по механической части	вес механической части на 1 л. с.			
Зверобойная шхуна	$32,0 \times 8,01 \times 4,00 = 1030$	300	P, τ $z, м$ $k = \frac{z}{H}$	216,7 2,83 0,71	18,5 2,97 0,74	3,5 2,95 0,74	8,6 5,15 1,29	28,1 5,34 1,33	275 3,18 0,80	0,267	20,4 1,87 0,47	57,5 3,71 0,93	78 3,23 0,81	0,260	353 3,19 0,80	0,343	0,60—0,66
Моторбот	$11,6 \times 3,40 \times 1,40 = 55$	30	P, τ $z, м$ $k = \frac{z}{H}$	8,7 1,09 0,78	0,5 0,98 0,70	0,2 1,19 0,85	0,6 1,39 1,00	1,5 2,43 1,73	11,5 1,28 0,91	0,209	1,9 0,78 0,56	2,1 1,09 0,78	4,0 0,95 0,68	0,134	15,5 1,19 0,85	0,282	~0,57
Экспедиционное судно (двухпалубное)	$40,0 \times 9,20 \times 6,30 = 2320$	600	P, τ $z, м$ $k = \frac{z}{H}$	308,2 3,43 0,55	53,3 3,82 0,61	5,2 4,01 0,64	33,3 6,03 0,96	56,1 7,03 1,12	456 4,18 0,66	0,197	34,5 1,92 0,31	94,5 3,65 0,58	129 3,20 0,51	0,215	585 3,95 0,63	0,253	~0,65
Шхуна грузоподъемностью 50 т	$28,0 \times 5,60 \times 3,00 = 470$	300	P, τ $z, м$ $k = \frac{z}{H}$	68,4 1,90 0,63	4,3 2,58 0,86	1,5 2,21 0,74	3,9 3,31 1,10	8,6 4,09 1,36	87 2,22 0,74	0,185	20,6 1,36 0,45	26,4 2,20 0,73	47 1,84 0,62	0,157	134 2,09 0,70	0,285	0,40—0,50
Рыболовный бот	$10,0 \times 4,16 \times 1,92 = 80$	30	P, τ $z, м$ $k = \frac{z}{H}$	11,0 1,54 0,80	0,6 1,44 0,75	0,3 1,45 0,75	1,1 1,95 1,02	2,0 3,48 1,80	15 1,82 0,95	0,188	1,9 1,00 0,52	2,3 1,63 0,85	4,2 1,33 0,69	0,140	19 1,72 0,89	0,238	0,68—0,71

$216,7 + 2,83 + 0,71 = 219,24$
 $18,5 + 2,97 + 0,74 = 22,21$
 $3,5 + 2,95 + 0,74 = 7,19$
 $8,6 + 5,15 + 1,29 = 15,04$
 $28,1 + 5,34 + 1,33 = 34,77$
 $275 + 3,18 + 0,80 = 278,98$
 $0,267$
 $20,4 + 1,87 + 0,47 = 22,74$

Тип судна	$L \times B \times H, м^3$	Мощность главного двигателя, л. с.	Обозначения или формула	Корпус с устройствами и оборудованием							Механическая установка, электро- и радиооборудование, трубопроводы и системы				Судно порож- нем	Вес судна порожнем на единицу $L \times B \times H$	Значения на- чальной мета- центрической высоты в экс- плуатационных случаях на- грузки, м
				дерево в кор- пусе и над- стройках	металлические крепления	осмолка, ок- раска, коно- патка	отделка и обо- рудование по- мешений	судовые уст- ройства	итого весов по корпусу	вес корпуса на единицу $L \times B \times H$	главный дви- гатель и ли- ния вала	прочие веса	итого весов по механиче- ской части	вес механиче- ской части на 1 л. с.			
Несамход- ный дуб- грузоподъ- емностью 20 т	$14,2 \times 4,90 \times 1,60 - 110$	—	P, τ $z, м$ $k = \frac{z}{H}$	14,6 1,06 0,66	0,5 1,00 0,62	0,2 1,00 0,62	0,5 1,30 0,81	1,5 1,60 1,00	17 1,17 0,73	0,154 — —	— — —	— — —	— — —	— — —	17 1,17 0,73	0,154 — —	1,67 (в грузу)
Несамход- ный дуб- грузоподъ- емностью 40 т	$17,5 \times 6,05 \times 1,75 - 165$	—	P, τ $z, м$ $k = \frac{z}{H}$	21,3 1,28 0,73	1,2 1,41 0,81	0,5 1,38 0,79	0,5 1,82 1,02	3,5 2,29 1,58	27 1,42 0,81	0,164 — —	— — —	— — —	— — —	— — —	27 1,42 0,81	0,164 — —	1,93—1,99 (в грузу)
Шхуна гру- зоподъ- емно- стью 50 т (па- русно-мо- торная)	$21,5 \times 5,97 \times 2,45 - 315$	30	P, τ $z, м$ $k = \frac{z}{H}$	41,5 1,63 0,67	2,6 1,25 0,51	0,7 1,35 0,55	2,0 1,95 0,80	8,7 3,87 1,58	56 1,99 0,82	0,178 — —	— — —	— — —	5,8 1,51 0,61	0,193 — —	61 1,94 0,80	0,194 — —	1,16 (в грузу)
Дрифтер- бот	$26,0 \times 6,39 \times 3,39 - 560$	140	P, τ $z, м$ $k = \frac{z}{H}$	75,7 2,40 0,71	5,9 2,05 0,61	1,2 2,16 0,64	5,3 2,83 0,83	13,6 4,47 1,32	102 2,67 0,79	0,182 — —	5,8 0,97 0,29	11,4 2,25 0,66	17 1,81 0,53	0,121 — —	119 2,55 0,75	0,213 — —	0,84—0,87
Буксир озерного типа	$15,2 \times 3,72 \times 1,65 - 95$	40	P, τ $z, м$ $k = \frac{z}{H}$	15,4 1,03 0,61	1,3 1,3 0,77	— — —	0,8 1,40 0,82	1,4 2,46 1,45	19 1,30 0,77	0,200 — —	1,7 0,9 0,53	2,9 1,75 1,03	4,6 1,45 0,85	0,115 — —	24 1,33 0,78	0,252 — —	0,33—0,37

Тип судна	$L \times B \times H, м^3$	Мощность главного двигателя, л. с.	Обозначения или формула	Корпус с устройствами и оборудованием								Механическая установка, электро- и радиооборудование, трубопроводы и системы				Судно порож- нем $L \times B \times H$	Вес судна порож- на единицу $L \times B \times H$	Значения на- чальной мета- центрической высоты в экс- плуатационных случаях на- грузки, м
				дерево в корпусе и настройках	металлические крепления	осмола, окраска, конопатка	отделка и обору- дование помеще- ний	судовые устрой- ства	итого весов по корпусу	вес корпуса на единицу $L \times B \times H$	главный двига- тель и линия вала	прочие веса	итого весов по механической части	вес механической части на 1 л. с.				
Сейнер	$21,0 \times 5,80 \times 2,70 = 330$	150	$P, т$ $z, м$ $k = \frac{z}{H}$	41,2 1,83 0,68	7,8 2,50 0,93	1,9 2,40 0,89	10,8 2,99 1,10	10,8 3,68 1,36	72 2,36 0,87	0,218	2,3 0,84 0,31	12,2 2,21 0,82	14,5 2,00 0,74	0,097	87 2,29 0,85	0,264	0,68—0,77	
Сейнер	$18,0 \times 5,13 \times 2,40 = 220$	150	$P, т$ $z, м$ $k = \frac{z}{H}$	29,4 1,56 0,65	2,1 1,38 0,58	0,9 0,77 0,32	2,4 2,50 1,04	6,7 3,33 1,38	42 2,06 0,86	0,191	2,5 0,83 —	6,8 2,32 0,96	9,3 1,92 0,80	0,062	51 2,04 0,85	0,232	0,59—0,66	
Буксирный катер	$16,4 \times 4,24 \times 1,76 = 120$	150	$P, т$ $z, м$ $k = \frac{z}{H}$	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	30 1,53 0,87	0,250	— — —	— — —	7 1,21 0,69	0,047	37 1,47 0,84	0,307	0,68—0,72	

Примечания. 1. При вычислении кубического модуля $L \times B \times H$ ширина судна B принята с учетом толщины наружной обшивки. 2. P — вес отдельных статей нагрузки или судна в целом; z — возвышение от основной линии центра тяжести этих статей или судна в целом.

ГЛАВА II

ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МОРСКОМ ДЕРЕВЯННОМ СУДОСТРОЕНИИ. СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

§ 5. ЛЕСО- И ПИЛОМАТЕРИАЛЫ. ФАНЕРА

Породы леса и их применение

Применяемые породы. Для постройки судов на корабельном и других типах набора применяют главным образом сосну, ель, лиственницу и дуб. Кедр применим наряду с рудовой сосной; пихта может быть использована взамен ели.

Ясень, бук, вяз, тик, каштан и акацию применяют преимущественно для отделки помещений и для деталей корпуса судов типа катеров. Береза применяется для отдельных поделок и изготовления фанеры.

Быстроходные небольшие суда, рассчитанные на небольшой срок службы, можно строить из липы.

Области применения основных пород леса приведены в табл. 5. Менее распространенные в деревянном судостроении породы дерева применяют для следующих целей:

акацию — для изготовления штевней и нагелей;

вяз — для изготовления килей, наружной обшивки в подводной части, весел и пр.;

Таблица 5

Применение основных пород леса в судостроении

Порода леса	Область применения
Сосна (рудовая)	Для изготовления всех частей продольного и поперечного набора, обшивки, надстроек и других частей деревянных судов, а также настила палуб и платформ, рубок, рангоута и т. п. у стальных и деревянных судов
Сосна (мендовая)	Только для неответственных частей: обрешетника, решетки, сланей и пр.
Ель	Допускается наряду с рудовой сосной, главным образом для изготовления наружной обшивки корпуса в подводной части, шпангоутов (за исключением топтимберсов при футерковом наборе), внутренних продольных связей (за исключением кильсонов и связных поясов), бимсов, переборок, внутренней обшивки, частей рангоута крупных судов (стенги, гафели), рангоута мелких судов
Кедр	Может быть допущен наряду с рудовой сосной для изготовления всех элементов продольного и поперечного набора, обшивки, настила палубы, переборок и пр.

Продолжение

Порода леса	Область применения
Лиственница	Для изготовления килей, штевней, наружной обшивки (при достаточной толщине) и других частей продольного и поперечного набора, а также мачт с тяжелым вооружением. Не рекомендуется применять для настила палубы, планширей и других деталей, подверженных действию влаги и солнца
Пихта	Допускается наряду с елью для изготовления деталей меньшей крепости и стойкости в переменных условиях влажности
Дуб	Для изготовления всех частей деревянных судов, где вес не является решающим, а также мебели, отделки, фундаментов, подушек
Ясень	Применяется наряду с дубом, преимущественно для изготовления гнутых деталей набора, шпангоутов мелких судов и шлюпок, бимсов, килей, а также весел
Бук обыкновенный	Допускается для изготовления наружной обшивки в подводной части и килей; для изготовления мебели и внутренней отделки помещений
Береза	В виде фанеры — для изготовления мебели и внутренней отделки судов; в виде бакелизированной фанеры для наружной обшивки, настила палуб, обшивки рубок, книц, накладок и пр.

Примечание. Рудовой называется сосна, растущая на возвышенных местах (в частности, на Севере и на Урале). Древесина узкослойная плотная, с небольшим содержанием заболони. Мендовая сосна растет в низменных местах и обладает сравнительно широкослойной мягкой древесиной.

тик — для изготовления килей, обшивки, настила палуб, дверей, банок на шлюпках, весел и пр.;

красное дерево — для изготовления наружной обшивки и настила палуб, а также для наружной отделки рубок и внутренних помещений;

каштан — для изготовления обшивки и пр.;

гринхерд¹ — для изготовления ледовой обшивки.

Физико-механические свойства древесины²

Нормативные и расчетные сопротивления древесины сосны и ели, применяемых в морском деревянном судостроении, приведены в табл. 6.

Модуль упругости древесины при растяжении и при сжатии вдоль волокон, а также при изгибе, независимо от породы леса, принимается равным:

	кг/см ²
Для воздушно-сухого леса	100 000
» полусухого леса	85 000
» сырого леса	75 000

¹ Твердое и прочное дерево, произрастающее в Гвинейской республике. Не разрушается морским червем. Удельный вес гринхерда ~0,98.

² Физико-механические свойства древесины приведены по данным Норм и технических условий проектирования деревянных конструкций (Н и ТУ 122—55), Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1955.

Таблица 6

**Нормативные и расчетные сопротивления древесины сосны и ели
(при 15% влажности)**

Вид напряженного состояния	Нормативное сопротивление чистой древесины, кг/см ²		Коэффициент однородности древесины <i>k</i>	Расчетное сопротивление, кг/см ²
		<i>b</i>		
Изгиб	500	330	0,4	130
Растяжение вдоль волокон	550	370	0,27	100
Сжатие и смятие вдоль волокон	300	200	0,65	130
Сжатие и смятие по всей поверхности поперек волокон, а также в щечковых врубках	—	20	0,9	18
Смятие поперек волокон на части длины при длине свободных концов не менее длины площадки смятия и толщины элемента:				
при длине площадки смятия вдоль волокон 10 см и более, а также в лобовых врубках, шпонках и опорных плоскостях конструкций	—	40	0,75	30
при длине площадки смятия 3 см, а также под шайбами при углах смятия от 90 до 60°	—		1,0	40
Скалывание вдоль волокон	40	35	0,7	24
» поперек волокон	20	17		12

Примечание. 1. Нормативные сопротивления, приведенные в графе „а“, определены как пределы прочности чистой древесины при стандартных испытаниях малых образцов. Нормативные сопротивления, приведенные в графе „б“, определены с учетом снижения сопротивления древесины при большей продолжительности воздействия расчетной нагрузки на конструкции, чем при стандартных испытаниях малых образцов.
2. Коэффициенты однородности древесины повышаются на 10% при условии применения древесины с влажностью менее 15% и контроля прочности древесины.
3. Коэффициент однородности для смятия поперек волокон на части длины элемента при длине площадки смятия менее 10 см, но более 3 см, определяется интерполяцией.
4. Расчетные сопротивления древесины сосны и ели при расчете защищенных от увлажнения и нагрева деревянных конструкций на одновременное воздействие постоянной и временной нагрузок определяются как произведения сниженных нормативных сопротивлений чистой древесины (графа „б“) на соответствующие коэффициенты однородности древесины.

Нормы механической прочности обязательны в том случае, если они указаны в договорной спецификации или в технических условиях на постройку судна. Изменение механических свойств древесины, обработанной антисептиками или антипиренами, при оценке прочности судовых конструкций обычно не учитывается.

Основной породой леса, применяемой для постройки морских деревянных судов, является сосна (рудовая) с объемным весом не менее 500 кг/м³ в воздушно-сухом состоянии (при 15—18% влажности), для которой Правилами Морского Регистра СССР регламентируются размеры всех основных связей набора корпуса.

Для оценки прочности древесины других пород сравнительно с рудовой сосной могут применяться коэффициенты, приведенные в табл. 7. При этом для связей, работающих на растяжение или сжатие (киль, стрингеры, скуловые брусья, внутренние привальные брусья и др.), в соответствии с поправочными коэффициентами изменяется площадь

Таблица 7

Коэффициенты нормативных и расчетных сопротивлений древесины разных пород относительно древесины сосны и ели

Порода древесины	Коэффициент нормативного и расчетного сопротивления			Объемный вес древесины в конструкциях, кг/м³	
	растяжению, изгибу, сжатию и смятию вдоль волокон	сжатию и смятию поперек волокон	скалыванию	защищенных от увлажнения	не защищенных от увлажнения
Хвойные					
Сосна, ель	1,0	1,0	1,0	500	600
Лиственница	1,2	1,2	1,0	650	800
Кедр сибирский	0,9	0,9	0,9	} 500	} 600
Пихта	0,8	0,8	0,8		
Твердые лиственные					
Дуб	1,3	2,0	1,3	} 700	} 800
Ясень, клен, граб	1,3	2,0	1,6		
Акация	1,5	2,2	1,8		
Береза, бук	1,1	1,6	1,3		
Вяз, ильм	1,0	1,6	1,0		
Мягкие лиственные					
Ольха, липа	0,8	1,3	1,1	} 500	} 600
Осина, тополь	0,8	1,0	0,8		

Примечание. Объемный вес свежесрубленной древесины хвойных и мягких лиственных пород может приниматься равным 850 кг/м³, твердых лиственных пород—1000 кг/м³.

П р и м е ч а н и е. Объемный вес свежесрубленной древесины хвойных и мягких лиственных пород может приниматься равным 850 кг/м³, твердых лиственных пород — 1000 кг/м³.

поперечного сечения, а для связей, работающих на изгиб (бимсы, шпангоуты и др.), — момент сопротивления.

Приведенные в таблице коэффициенты справедливы при одинаковой влажности сосны и сравниваемой породы древесины. В этом случае точность пересчета вполне достаточна для практических целей.

Влажность древесины

Влажность древесины W в процентах определяется по следующей формуле:

$$W = \frac{G_1 - G_2}{G_2} 100, \quad (1)$$

где G_1 — вес древесины в первоначальном состоянии;

G_2 — вес древесины в абсолютно сухом состоянии.

По влажности, определяемой отношением веса воды, находящейся в древесине, к весу древесины в абсолютно сухом состоянии, лесоматериалы делятся на следующие виды:

- 1) воздушно-сухие (влажность ниже 18%);

- 2) полусухие (влажность 18—24%);
- 3) сырые (влажность свыше 24%).

Влажность древесины лесо- и пиломатериалов, идущих на изготовление деталей набора корпуса, должна составлять для сосны, ели и других хвойных пород не более 18%, для дуба, ясеня и других лиственных пород — не более 20%.

В случае применения пропаривания влажность деталей корпуса допускается до 22%.

Для надстройки и внутренней отделки помещений применяются пиломатериалы с влажностью не свыше 15—18% (лучше 12—15%). Влажность пиломатериала для изготовления клееных деталей не должна превышать 15—18%.

Физико-механические свойства древесины меняются с изменением ее влажности. При оценке прочности судовых конструкций принимается во внимание та влажность, которую будут иметь детали рассчитываемой конструкции во время эксплуатации судна. Отдельные элементы корпуса имеют различную влажность, меняющуюся в зависимости от расположения и соприкосновения с водой, а также от качества защитного покрытия (окраски, лакировки или осмолки).

Влияние влажности на прочность элементов корпуса можно учитывать, умножая допускаемые напряжения в элементе корпуса на соответствующий коэффициент влажности древесины $f(W)$ (табл. 8).

Таблица 8

Коэффициенты влажности для элементов корпуса судна

Влажность древесины $W, \%$	Элементы корпуса	$f(W)$
До 18 (сухая)	Находящиеся внутри корпуса и не соприкасающиеся с сырой наружной обшивкой (подпалубный набор, бортовые связи, идущие поверх шпангоутов, переборки и т. п.)	1,0
18—24 (полусухая)	Подвергающиеся переменному увлажнению (палуба, верхняя часть борта) или влажность которых не достигает предельной величины (набор днища, соприкасающийся с наружной обшивкой)	0,85
Свыше 24 (сырая)	Постоянно находящиеся в воде (наружная обшивка в подводной части корпуса и набор днища при отсутствии эффективного осушения)	0,75

Примечание. Бакелизированная фанера может считаться сухой при закрытии торцов смоляным клеем.

При конструировании элементов судового корпуса учитываются усушка и разбухание древесины, происходящие в условиях переменной влажности. При большей влажности древесины детали должны иметь в поперечных размерах припуски на усушку.

Увеличение срока службы древесины

Лесоматериалы, применяемые в деревянном судостроении, не должны иметь гнили, грибков и глубоких червоточин, так как эти пороки сокращают срок службы древесины. Поэтому с момента заготовки и до постановки древесины на судно, а также в процессе эксплуатации судна осуществляется ряд мероприятий, предупреждающих появление указанных выше пороков. К таким мероприятиям относятся:

- а) применение леса определенных сроков заготовки;
- б) правильная организация сушки и хранения лесо- и пиломатериалов;
- в) наиболее целесообразные конструктивные решения в процессе проектирования.

Так как лес зимней рубки более устойчив, из него и следует изготавливать детали, наиболее подверженные загниванию. Применение при постройке судов сухих лесо- и пиломатериалов, прошедших правильное хранение, в значительной мере определяет срок службы древесины, а следовательно, деревянных судов. Этот фактор является основным средством борьбы с гниением древесины и устранения вредного влияния усушки, вызывающей нарушение водонепроницаемости бортовой обшивки и настила палуб, расстройство сопряжений элементов набора корпуса и усложнение технологии сборки корпуса.

Древесина, применяемая в деревянном судостроении, подвергается естественной (воздушной) или искусственной сушке. В качестве искусственной применяют сушку в паровых камерах, сушку токами высокой частоты или любой другой способ (например, сушку в петролатуме,¹ в расплавленном веществе — сере), не влияющий отрицательно на механические свойства древесины и качество клеевых соединений. Особо следует отметить сушку древесины в петролатуме, получившую в последнее время широкое распространение, так как при этом сушка происходит значительно быстрее.

В петролатуме можно сушить древесину любого сечения, а также готовые детали от любой начальной влажности до конечной, причем усушка древесины значительно снижается. Сушка в петролатуме снижает гигроскопичность и водопоглощение, уменьшает линейное разбухание; древесина почти не коробится. В результате прогрева до температуры свыше 100° происходит сквозная стерилизация древесины, что повышает противогнилостные свойства пиломатериала, обеспечивает некоторую пластификацию древесины и меньшее пересыхание поверхностных слоев, предотвращающее образование трещин. Указанный способ ускоряет процесс сушки в 12—20 раз по сравнению с камерной.

Продолжительность выдержки пиломатериалов в ванне при температуре 120° в зависимости от толщины следующая:

При толщине	25 мм		3 часа
»	»	40—50 »	 6—7 час.
»	»	65 »	 8—9,5 часа

Применяется комбинированная сушка — сочетание естественной с камерной.

¹ Петролатум (смесь твердого парафина с высоковязким минеральным маслом) представляет светло-коричневую массу с температурой размягчения 55°. Получается при депарафинизации нефтяных авиационных масел.

Для увеличения срока службы древесины проводится также искусственная защита ее от гниения, горения и разрушения древоточцами.

Антисептирование древесины деталей набора и обшивки корпуса является одним из основных средств борьбы с гниением. Антисептировать можно пиломатериалы, заготовки или готовые детали. Антисептируют также древесину набора и обшивки и в процессе эксплуатации судна для увеличения межремонтного срока. Одним из способов антисептирования судна в эксплуатации является тампонирование сухим антисептиком мест, наиболее подверженных гниению и малодоступных для осмотра и ремонта.¹

В последние годы получило распространение антисептирование свежевыпиленных пиломатериалов для предохранения их от поражения гнилостным грибом в период атмосферной сушки. Это особенно важно для пиломатериалов летней выработки. Антисептируют как отдельные сортаменты, так и пакеты пиломатериалов, при этом обработке подвергается тонкий периферический слой пиломатериалов, опущенных на очень короткое время в ванну с жидким антисептиком.

Применяются следующие основные антисептики:

а) маслянистые: каменноугольное креозотовое масло, карболинеум (антраценовое масло), смолы. Основными разжижителями для креозотовых и антраценовых масел служат нефть и зеленое масло;

б) солевые: фтористый натрий, кремнесернистый натрий, комбинированные фтористонатриевые и кремнефтористые соли (уралит и триолит), хлористый цинк и поваренная соль;

в) антисептические пасты (суперобмазки) на битумной основе.

Для защиты оборудования судна и элементов корпуса от возгорания применяется пропитка древесины антипиренами. Пропитывать можно заготовки и готовые детали. Антипирены, при минимальном содержании их в древесине, должны обеспечивать наибольшую защиту от огня, не влиять на механические свойства, не препятствовать склейке древесины, не быть ядовитыми и не вызывать коррозию металлических частей. Антипирены должны являться одновременно и антисептиками. В качестве антипиренов применяются диаммонийфосфат, аммоний сульфат и фтористый натрий. Основной недостаток этих антипиренов — растворимость в воде и, как следствие, выщелачивание. Поэтому они пригодны только для древесины, используемой для внутренних частей судна, не подвергающихся воздействию атмосферных осадков или высокой относительной влажности, и недостаточно надежны. Наружные части корпуса защищают внешней обмазкой водостойкими огнезащитными красками. Необходимо отметить, что введение в древесину большого количества антипиренов отрицательно влияет на механические свойства древесины и ее склеивание, а также препятствует нормальной механической обработке древесины, так как способствует значительному износу режущих инструментов.

В связи с тем, что многие антисептики и антипирены ядовиты и имеют резкий неприятный запах, применение их в каждом отдельном случае должно согласовываться с органами Госсанинспекции.

При разработке конструкций набора и оборудования судна предпочтение отдается таким, которые имеют меньшее количество сопряжений, позволяют быстро стекать попавшей на них воде, хорошо проветри-

¹ Сухой антисептик вводят в специально просверленные в деталях набора отверстия, после чего заделывают их пробками.

ваются, минимально подвержены загниванию и наиболее доступны для осмотра. Рекомендуется изолировать менее влажные элементы корпуса от более влажных. Изоляцию следует осуществлять гидроизоляционной прослойкой, введенной между плоскостями соприкосновения элементов. Предусматривается защита гидроизоляционными покрытиями поверхностей, на которых оседает конденсат атмосферной влаги, а также поверхностей, попеременно соприкасающихся с водой и с воздухом. Покрытие наносится на детали, влажность которых не более 18—20%.

В качестве гидроизоляции можно применять масляную краску, пропитку олифой, парусину на специальной мастике, парусину на сурике, нефтебитум с добавкой 10—20% растворителя или разогретый, смолы (буроугольную, газовую, древесную и др.), покрытие древесины смолой с прокладкой толя и т. п.

Для заполнения пространства в переборках внутренних помещений, стенках каркасных надстроек и др. применяются гнилостойкие и неогоряемые материалы.

Для защиты обшивки и набора судна от древооточцев принимаются следующие меры:

- а) покрытие обшивки стальными оцинкованными листами;
- б) пропитка торцов листов фанеры по пазам и стыкам клеем ВИАМ Б-3 или БК-3 (при изготовлении обшивки из бакелизированной фанеры);
- в) периодическое вытаскивание судна на 3—5 дней из воды на воздух или заводка его в пресную воду (реку и др.);
- г) эффективные антибиотики.

Лесоматериалы

Лесоматериалы круглые хвойных пород (ГОСТ 468—49), применяемые без продольной распиловки для постройки и ремонта деревянных судов и изготовления рангоута, делятся по качеству на два сорта: 1-й сорт идет на изготовление рангоута, килей, кильсонов, скуловых брусев; 2-й — на прочие судовые детали. Из бревен 1-го сорта диаметром 8 см и более, длиной 4—17 м, изготавливают рангоут; бревна 1-го и 2-го сортов диаметром 18 см и более, длиной 3—15 м, идут для набора корпуса деревянных судов.

Основная длина бревен для деревянного судостроения 8,5 м.¹ Качество древесины должно удовлетворять нормам ГОСТ.

Бревна дубовые и ясеневые (ГОСТ 1166—41) для изготовления деталей набора корпуса деревянных судов делятся на два сорта: 1-й сорт предназначен для изготовления особо ответственных деталей продольного и поперечного набора; 2-й — для менее ответственных деталей прочного корпуса. Из бревен длиной 2,5—5,0 м изготавливают штевни, шпангоуты, ледовую обшивку и весла, из бревен длиной 5,1—8,5 м — кили, кильсоны, бортовые стрингеры.

Длина бревен из ясеня маньчжурского 8,6—12 м с градацией через 0,1 м. Диаметр бревен 18 см и более.

Качество бревен (по сортам) должно удовлетворять требованиям ГОСТ.

Кокорный (корневой) лес (ГОСТ 2368—43) предназначается для постройки и ремонта деревянных судов. Кокорный лес (рис. 28)² подразделяется на кокорный круглый лес и кокорные кницы.

¹ Рекомендуется применять бревна возможно большей длины.

² По ГОСТ угол у коры составляет 50—120°.

Кокорный круглый лес предназначен для несущих нагрузку продольных и поперечных связей, соединяющихся с помощью своих кокорных частей с другими несущими связями, расположенными под углом.

Кокорные кницы предназначены для соединения под углом деревянных связей набора корпуса.

Кокорный круглый лес заготавливается из древесины ели, а кокорные кницы — из древесины ели и дуба. В особых случаях кокорный лес можно заготавливать из древесины сосны, кедра и ясеня. Заготовка производится только из сырораствующего здорового леса.

Бревна пиловочные хвойных пород для выработки пиломатериалов (ГОСТ 1047—51), применяемые в деревянном судостроении, также делятся на 1-й и 2-й сорта. Из бревен 1-го сорта вырабатывают пиломатериалы, применяемые для деталей несущих конструкций; из бревен 2-го сорта вырабатывают пиломатериалы, применяемые для неответственных конструкций.

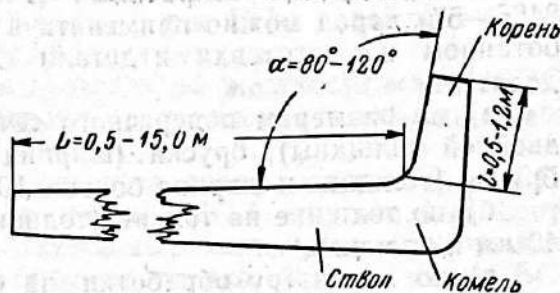


Рис. 28. Кокорный лес.

Длина бревен от 2 до 15 м, с градацией через 0,25 м. Диаметр бревен в верхнем торце 14 см и более, с градацией через 2 см. Качество бревен должно удовлетворять нормам ГОСТ.

Пиломатериалы

Для деталей набора и обшивки судов на корабельном и катерном наборе применяется в основном пиломатериал 1-го сорта. Пиломатериал 2-го сорта применяется для неответственных деталей корпуса и менее нагруженных частей клееных конструкций. Детали набора и обшивки быстроходных катеров изготавливаются из отборного пиломатериала.

Качество пиломатериалов, поступивших на производство, определяется внешним осмотром и соответствующими обмерами, при этом требования устанавливаются применительно к детали, а не к пиломатериалу, из которого деталь изготавливается. Особенно тщательно отбирается материал, подвергающийся гибке по небольшому радиусу, — у него не должно быть сучков по кромкам.

Отрицательно сказываются на качестве деталей набора и обшивки такие дефекты древесины, как широкая заболонь, меняющаяся ширина годовых колец, незначительный процент летней (темной) древесины в годовом кольце. Поэтому при оценке качества пиломатериала следует учитывать, для каких элементов корпуса он предназначен. Значительные косослой и свилеватость недопустимы в элементах конструкций, подверженных большим растягивающим или изгибающим усилиям; трещины недопустимы в тех случаях, когда в рабочем сечении элемента действуют значительные касательные напряжения. Заболонная древесина применима ограниченно; ее следует избегать при изготовлении деталей из сосны, лиственницы, сибирского кедра, дуба и ясеня. Совершенно исключено изготовление из заболонной древесины деталей на-

бора и обшивки, находящихся в условиях переменной влажности (обшивка в районе ватерлинии, днищевой набор и др.). Допускается применять заболонную древесину ели и пихты, но следует учитывать большую влагопоглощаемость заболони.¹

Основные физико-механические свойства пиломатериала, предназначенного для постройки судна, определяются заводской лабораторией перед поступлением материала в корпусный, столярный и другие цехи. Если акты испытаний отсутствуют, испытывают образцы из деталей корпуса.

Пиломатериалы лиственных (ГОСТ 2695—56) и хвойных (ГОСТ 8486—57) пород можно применять в их естественном виде и в переработанном на заготовки и детали судовых изделий. Пиломатериалы делятся:

а) по размерам поперечного сечения на доски (ширина больше двойной толщины), бруски (ширина не больше двойной толщины) и брусья (толщина и ширина больше 100 мм);

б) по толщине на тонкие (толщина до 35 мм) и толстые (толщина 40 мм и больше);

в) по характеру обработки на обрезные (у которых все четыре стороны опилены, а размеры обзолов на пласть и кромках не превышают допустимых для данного сорта) и необрезные (у которых пласть опилена, а кромки не опилены или опилены частично и размеры обзолов превышают допустимые для обрезных пиломатериалов).

Длина пиломатериалов установлена от 1 до 6,5 м с градацией через 0,1 м для лиственных пород и 0,25 м для хвойных пород.

Размеры поперечного сечения пиломатериалов установлены следующие:

а) для лиственных пород толщина 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 150, 180, 200 и 220 мм, ширина — от 50 мм с градацией через 10 мм;

б) для хвойных пород толщина 13, 16, 19, 22, 25, 32, 40, 50, 60, 75, 100, 130, 150, 180, 200, 220 и 250 мм, ширина — 80, 90, 100, 110, 130, 150, 180, 200, 220 и 250 мм.

Ширина необрезных пиломатериалов определяется как полусумма ширины двух пластей, измеренных по середине длины пиломатериала.

Размеры пиломатериалов по толщине и ширине установлены для древесины с абсолютной влажностью 15%. При большей влажности древесины пиломатериалы имеют припуски на усушку по ГОСТ 4369—52 и ГОСТ 6782—58.

Для нужд судостроения пиломатериалы хвойных пород изготавливаются следующих сортов: доски и бруски — отборного, 1-го, 2-го и 3-го, брусья — 1-го, 2-го и 3-го.

Фанера

В зависимости от требований, предъявляемых к той или иной судовой конструкции (прочность, водостойкость и др.), применяется березовая или бакелизированная фанера.

По водостойкости фанера делится на следующие три вида:

а) фанера повышенной водостойкости, склеенная клеями типа фенолформальдегидных;

¹ Нормы допускаемых пороков для пиломатериалов см. ГОСТ 2695—56 и ГОСТ 8486—57.

б) фанера средней водостойкости, склеенная карбамидными или альбумино-казеиновыми клеями;

в) фанера ограниченной водостойкости, склеенная белковыми клеями.

В зависимости от обработки поверхности рубашек фанера бывает шлифованная (циклеванная) с одной или с двух сторон и нешлифованная.

Фанера березовая (ГОСТ 102—49) состоит из трех и более (нечетное число) слоев лущеного березового шпона, склеенных между собой. Изготавливаются следующие марки фанеры:

а) фанера равнослойная марок БС-1 или БП-1 с взаимно-перпендикулярным направлением волокон в смежных слоях;

б) фанера атмосферостойкая повышенной жесткости марки БПС-1 с взаимно-перпендикулярным направлением волокон в смежных слоях и с рубашкой из двух слоев.

В зависимости от механических свойств фанера марок БС-1 и БП-1 выпускается 1-го и 2-го сортов, а марки БПС-1 — только 1-го сорта. При изготовлении фанеры в качестве клеящего материала применяются смола С-1 в жидком виде и бакелитовая пленка. Фанера марки БС-1 склеивается смолой С-1, фанера марки БП-1 — бакелитовой пленкой. Фанера марки БПС-1 толщиной 2, 2,5 и 3 мм, а также внешние слои фанеры толщиной 4, 5 и 6 мм склеиваются бакелитовой пленкой; для склеивания внутренних слоев фанеры толщиной 4, 5 и 6 мм применяется смола марки С-1 в жидком виде.

Толщина листов фанеры следующая:

марки БП-1 — 1,0, 1,5, 2, 2,5 и 3 мм;

марки БС-1 — 2, 2,5, 3, 4, 5, 6, 8, 10 и 12 мм;

марки БПС-1 — 2, 2,5, 3, 4, 5 и 6 мм.

Независимо от толщины длина (вдоль волокон рубашек) и ширина (поперек волокон рубашек) листа фанеры марок БС-1 и БП-1 установлены 1000 × 800 мм и более, с градацией через 50 мм, и фанеры марки БПС-1 1200 × 1200 мм и более, с градацией через 50 мм.

Влажность фанеры, определяемая при сдаче на заводе-поставщике, должна быть в пределах 5—9%. Допускаемые при обработке березовой фанеры дефекты приведены в ГОСТ.

Фанера средней и ограниченной водостойкости применяется для изготовления легких выгородок и переборок, а также деталей оборудования и устройств, не подверженных непосредственному воздействию воды или переменной влажности. Фанера марки БПС-1 применяется при изготовлении внешней обшивки небольших легких катеров.

Пределы прочности березовой фанеры не должны быть меньше приведенных в табл. 9.

Фанера бакелизированная (ГОСТ 1853—51) состоит из нечетного числа слоев березового лущеного шпона, склеенных между собой при взаимно-перпендикулярном расположении волокон древесины в смежных слоях. Толщина фанеры 5, 7, 10, 12, 14 и 16 мм; рекомендуемые форматы 5600 × 1200, 4850 × 1200, 4400 × 1500 мм.

В зависимости от применяемой смолы, фанера изготавливается следующих марок:

а) фанера марки БФС, у которой рубашки пропитываются либо намазываются, а серединки намазываются спирторастворимыми смолами; фанера толщиной 7 мм изготавливается только марки БФС;

б) фанера марки БФВ-1, у которой рубашки пропитываются либо

Таблица 9

Механические свойства березовой фанеры

Толщина фанеры, мм	Предел прочности при растяжении вдоль волокон рубашек, кг/см ² , не менее		Предел прочности при скалывании по клеевому слою всех сортов, кг/см ² , не менее	
	1-й сорт	2-й сорт	в сухом состоянии	после кипячения в течение 1 часа
1	800	675	—	20
1,5—4	800	675	22	18
5	750	650	25	16
6	700	600	25	16
8—12	650	500	27	16

намазываются спирторастворимыми смолами, а серединки намазываются водорастворимыми смолами;

в) фанера марки БФВ-2, у которой рубашки пропитываются либо намазываются, а серединки намазываются водорастворимыми смолами.

Бакелизованная фанера марки БФС может склеиваться как по пласти, так и на ус; фанера марок БФВ-1 и БФВ-2 склеивается только по пласти, так как при склеивании на ус не достигается необходимая прочность соединения.

Поверхность бакелизованной фанеры гладкая и вся покрыта слоем смолы. В листах не должно быть пузырей, расслоений и недопрессовки (краевых утолщений). На рубашках не допускаются не пропитанные или не промазанные смолой места. Глубина царапин, вмятин, выступов, отпечатков от прокладок и плит допускается не свыше 1 мм. Абсолютная влажность не должна превышать $8 \pm 2\%$. Механические свойства фанеры должны удовлетворять нормам, приведенным в табл. 10.

Таблица 10

Нормы прочности бакелизованной фанеры

Толщина бакелизованной фанеры, мм	Предел прочности, кг/см ² , не менее		
	при растяжении вдоль волокон рубашек	при статическом изгибе поперек волокон	при скалывании под углом 45° после кипячения в течение 1 часа
5—7	800	650	20
10—12	—	700	20
14—16	—	800	20

Из бакелизованной фанеры можно изготовлять наружную обшивку, настил палубы, полотно поперечных переборок, рубки и отдельные детали корпусов, подверженные воздействию воды или находящиеся в условиях переменной влажности.

§ 6. КОНСТРУИРОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ НА НАГЕЛЬНЫХ СРЕДСТВАХ КРЕПЛЕНИЯ

Основные положения

Основные крепления на судах на корабельном наборе и типа катеров длиной более 12—15 м рекомендуются делать сквозными.

Для крепления килля, кильсонов, стрингеров, скуловых и привальных брусьев к поперечному набору, а также брусьев этих связей между собой применяются болты. Обшивка крепится к набору болтами, гвоздями, шурупами, заклепками, нагелями.

Подбалочные брусья, брусья связных поясьев и т. п. (особенно на длинных и низких судах) можно крепить между собой металлическими нагелями, загоняемыми в два смежных бруса, что исключает сдвиг скрепляемых брусьев. Нагели могут быть без головок и гаек и не расклепываться; в этом случае они удерживаются в дереве благодаря силе трения.

Диаметр болтов, как правило, равен $\frac{1}{15}$ — $\frac{1}{20}$ длины болта, за исключением болтов дейдвудов, струн и некоторых других соединений, у которых отношение диаметра болта к его длине значительно меньше.

Расстояние между осями болтов обычно выдерживается не менее $6d$ вдоль волокон и $3d$ поперек волокон (d — диаметр болта). Расстояние от оси болта до кромки детали выдерживается не менее $2,5d$, а до торца — не менее 6 — $8d$. В некоторых случаях, например в угловых соединениях, при креплении брусьев обвязки транцевой рамы, брусьев обвязки ходовой рубки и т. п., расстояние от оси болта до торца детали уменьшается до 5 — $6d$. При креплении концов досок обшивки к набору это расстояние приходится уменьшать до 3 — $5d$.

Болты, как правило, ставятся перпендикулярно к соединяемым поверхностям, за исключением тех случаев, когда наклонная постановка предусматривается конструкцией.

Расстояние вдоль волокон между осями заклепок в замках и при склепывании отдельных деталей набора (в зависимости от отношения меньшей из толщин δ соединяемых деталей к диаметру заклепки d) выдерживается следующее: при $\delta : d = 10$ — не менее $10d$; при $\delta : d = 4$ — не менее $20d$.

Расстояние от оси заклепки до торца детали выдерживается не менее $10d$. В тех случаях, когда это расстояние приходится делать меньше (например, в шпунтовых соединениях килля, штевней, привальных и скуловых брусьев), оно не должно быть меньше $6d$.

В конструкциях из бакелизированной или березовой фанеры расстояние между рядами заклепок при цепном их расположении выдерживается не менее 6 — $8d$, а при шахматном расположении — не менее 3 — $4d$; расстояние от края детали не должно быть меньше 4 — $6d$.

В качестве несквозных креплений деталей корпуса и оборудования применяются гвозди, шурупы, глухари.

Корабельные гвозди применяются для частичного крепления наружной обшивки, крепления палубного настила, обшивки переборок и пр. Длина гвоздя обычно принимается равной не менее $2,5\delta$ при толщине прикрепляемой доски δ больше или равной 50 мм и не менее $2\delta + 25$ мм — при толщине прикрепляемой доски δ меньше 50 мм. Во избежание растрескивания доски размер стороны квадрата или диаметр гвоздя не должен превышать $\frac{1}{5}$ ее толщины.

Применять баржевые гвозди взамен корабельных не разрешается.

На судах на катерном наборе в некоторых случаях (крепление палубного настила, деталей оборудования и т. п.) находят применение круглые и квадратные проволочные гвозди.

Для судов облегченной конструкции, в качестве более надежного средства крепления к набору многослойных обшивок, обшивок из фанеры, шпунтовых поясьев, а также для крепления настила палубы и досок обшивки в оконечностях можно рекомендовать шурупы. В этих случаях длина их должна составлять 2,5 толщины прикрепляемых досок. В отдельных случаях (например, при креплении однослойной обшивки к набору) длина шурупов может быть несколько уменьшена (примерно до 2,25 толщины доски).

Глухари и глухие (несквозные) болты применяются для частичного крепления бимсов, связных поясьев, подбалочных брусьев, ватервейсов, шпунтовых поясьев и др. Их ставят также вместо сквозных болтов в труднодоступных местах (при креплении ватервейса к подбалочным брусьям в оконечностях судна, шпунтовых поясьев к килю на судах с острыми обводами и т. п.).

Нагели могут применяться только в цилиндрической части судна для крепления плоских, не требующих выгибания досок обшивки и для крепления футоксов шпангоутов друг с другом. Нагели должны чередоваться с болтами и гвоздями. Изготавливаются нагели из древесины с более высокими механическими свойствами, чем у скрепляемых деталей. Крепление несквозными нагелями практикуется лишь при отсутствии возможности применить сквозные (крепление сплошных шпангоутов между собой в оконечностях и т. п.).

Болты, гвозди, шурупы, глухари, заклепки и нагели располагаются по доске по возможности в шахматном порядке (вразмет), на расстоянии от кромки, равном не менее $\frac{1}{4}$ ширины доски. При размещении вдоль волокон выдерживаются следующие расстояния между осями: шурупов и глухарей — $20 d$, гвоздей — $15 d$ при прибивании досок толщиной большей или равной $10 d$ и $25 d$ — при прибивании досок толщиной около $4 d$.

Здесь приведены лишь некоторые нормативные данные, выработанные практикой постройки и эксплуатации различных типов морских деревянных судов на нагельных средствах крепления, относящиеся главным образом к судам из сосны или близких к ней по механическим качествам лесоматериалов. В случае применения более твердых пород древесины (дуб, ясень и др.) опасность раскалывания при постановке крепежа досок обшивки и других деталей набора значительно уменьшается и может быть допущена более частая его расстановка. Приведенные нормативы могут быть уменьшены на 10—20%.

Нагельные средства крепления

Ниже дается краткое описание основных нагельных средств крепления.

Болты. Для соединения деталей корпуса судна и его оборудования применяются болты судовые с плоскосферической головкой (ГОСТ 7731—55) и болты судовые с полупотайной головкой (ГОСТ 7732—55) диаметром 6—30 мм, имеющие увеличенную опорную поверхность головок (см. Приложение, табл. I и II). Болты изготавливаются из стали ма-

рок. Ст. 1 — Ст. 3, черные, оцинкованные или вороненные в олифе или в газовой смоле (в зависимости от заказа).

Крепление деталей оборудования и устройств к набору осуществляется обыкновенными болтами диаметром 6—48 мм, с шестигранной или квадратной головкой, с нарезной резьбой. Болты с накатной резьбой не применяются, так как накатанная часть стержня, проходя по отверстию в детали, срезает древесину и болт свободно проворачивается. В местах, где невозможно ставить указанные болты, применяются болты с вытянутой прямоугольной головкой, имеющей достаточно опорную поверхность.

Под гайки шестигранные или (квадратные, а также под головки обычных болтов, имеющих недостаточную опорную поверхность, ставятся шайбы судовые круглые (ГОСТ 7734—55) или квадратные (ГОСТ 7735—55) для дерева (см. Приложение, табл. III и IV). Шайбы изготавливаются из стали марок Ст. 0 — Ст. 4.

Гвозди корабельные. Гвозди корабельные круглые диаметром 6—14 мм и квадратные со стороной квадрата от 6 до 14 мм (ГОСТ 1991—54) применяются для частичного крепления наружной обшивки, крепления палубного настила, обшивки переборок и др. (см. Приложение, табл. V).

Гвозди для морских деревянных судов подразделяются:

а) по форме поперечного сечения стержня и форме заострения — на гвозди корабельные квадратные с клиновидным заострением, гвозди корабельные круглые с клиновидным заострением;

б) по отношению толщины стержня к длине гвоздя — на гвозди с нормальным отношением толщины стержня к длине, гвозди укороченные — с увеличенной толщиной стержня, облегченные — с уменьшенной толщиной стержня.

Гвозди изготавливаются из стали марок Ст. 0 — Ст. 5, черные, оцинкованные или покрытые антикоррозионными красками (в зависимости от заказа).

Нагели деревянные. Для частичного крепления плоских, не требующих выгибания досок обшивки, а также для крепления футоксов шпангоутов между собой применяются деревянные нагели: цилиндрические, с коротким конусным заострением, и имеющие незначительную конусность.

Для изготовления нагелей рекомендуются дуб, вереск и можжевельник с влажностью древесины не более 8—10%, без сучков, трещин и других пороков (см. Приложение, табл. VI).

Глухари. При соединении деталей корпуса применяются глухари с шестигранной головкой (ГОСТ 1432—42) диаметром 6—20 мм и с четырехгранной головкой (ГОСТ 1433—42) диаметром 12—20 мм. Под головки глухарей ставятся такие же шайбы, как под болты с шестигранной или квадратной головками. Изготавливаются глухари из низкоуглеродистой стали; размеры приведены в табл. VII и VIII Приложения.

Заклепки. В качестве заклепок в деревянном судостроении применяются штампованные (кованые) и проволоочные стальные гвозди и обычные стальные заклепки. Для склепывания досок обшивки и полотен переборок применяются стальные заклепки с диаметром головки приблизительно равным 2,5 диаметра стержня. Так как стальные за-

Изготавливать гвозди из стали марки Ст. 5 не рекомендуется, так как они очень хрупки.

клепки при постановке в дерево расклепываются в холодном состоянии, их диаметр обычно не превышает 6 мм.

Под замыкающую, а также под закладную головки заклепки в случае малой опорной поверхности ставятся конусные заклепочные шайбы (рис. 29), имеющие небольшой вес и обладающие значительной жесткостью. Диаметр шайб равен $4-4,5 d$ при диаметре заклепки d , равном 2,5—4 мм, и $3-3,5 d$ при d , равном 5—6 мм.

Шурупы, гвозди проволочные и другой крепеж. В зависимости от требований применяются шурупы диаметром от 1,5 до 10 мм с полукруглой (ГОСТ 1144—41), потайной (ГОСТ 1145—41) и полупотайной (ГОСТ 1146—41) головками. Находят также применение гвозди проволочные круглые строительные (ГОСТ 4028—48) диаметром от 1,8 до 8 мм и гвозди проволочные квадратные (ГОСТ 3886—47) со стороной квадрата от 2 до 6,5 мм. Иногда применяются стальные гвозди-ерши, имеющие насечку, которая удерживает гвоздь в древесине.

Рис. 29. Заклепочная шайба.

В замках, при соединении отдельных брусьев, или между брусьями, при соединении их в пакет, ставятся деревянные или металлические пластинчатые шпонки (нагели), деревянные призматические шпонки, деревянные цилиндрические шпонки-коксы, металлические соединители и т. д. Применение шпонок и соединителей более подробно освещено ниже.

Соединения

1. Сращивание брусьев набора по длине. На судах на корабельном и катерном наборах для сращивания по длине продольных или поперечных брусьев применяются косые замки следующих типов: без зуба и без коксов (цилиндрических шпонок), без зуба, но с коксами, с зубом без коксов (рис. 30).

Так как пригонка замков с зубом сложна, они не находят широкого применения. Чаще всего делают косые замки без зуба. В ответственных соединениях, чтобы предотвратить сдвиг в замках брусьев, ставятся цилиндрические шпонки-коксы. По концам замка брусья врезаются один в другой на 0,1 их высоты (см. рис. 30). Диаметр коксов равен 0,15—0,20 высоты брусьев. Длина замков обычно равна пятикратной высоте соединяемых брусьев. В отдельных конструкциях Правилами Морского Регистра СССР предусмотрено применение более коротких замков.

Для увеличения прочности замка, в тех случаях, когда это возможно, ставятся накладные пластины, простирающиеся за концы брусьев на величину, равную высоте соединяемых брусьев (рис. 31). Накладки врезаются в брусья или ставятся внакрой. Накладки могут быть из бакелитизированной фанеры, металлические, деревянные. Рекомендуется применять двусторонние накладные пластины.

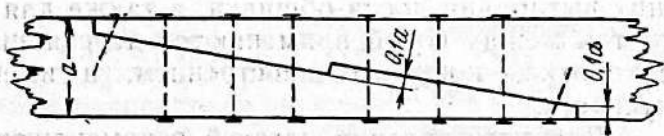


Рис. 30. Косой замок с зубом.

Количество и диаметр болтов в соединениях определяются в соответствии с Правилами Морского Регистра СССР, расположение болтов рекомендуется шахматное.



Рис. 31. Косой замок с коксами на двусторонних стальных или фанерных накладках.
1 — соединяемые брусья; 2 — шпонки-кокси; 3 — накладки; 4 — болты.

Не допускается ставить в замках какие-либо закладки, прокладки и т. п. для заполнения зазоров.

2. Соединение пакетов брусьев. В пакетах замки отдельных брусьев располагаются вразгон. Для соединения пакета, кроме болтов, стягивающих брусья, могут ставиться следующие шпонки: деревянные и металлические пластинчатые, деревянные призматические, деревянные цилиндрические (кокси) и др. Шпонки предотвращают сдвиг брусьев.

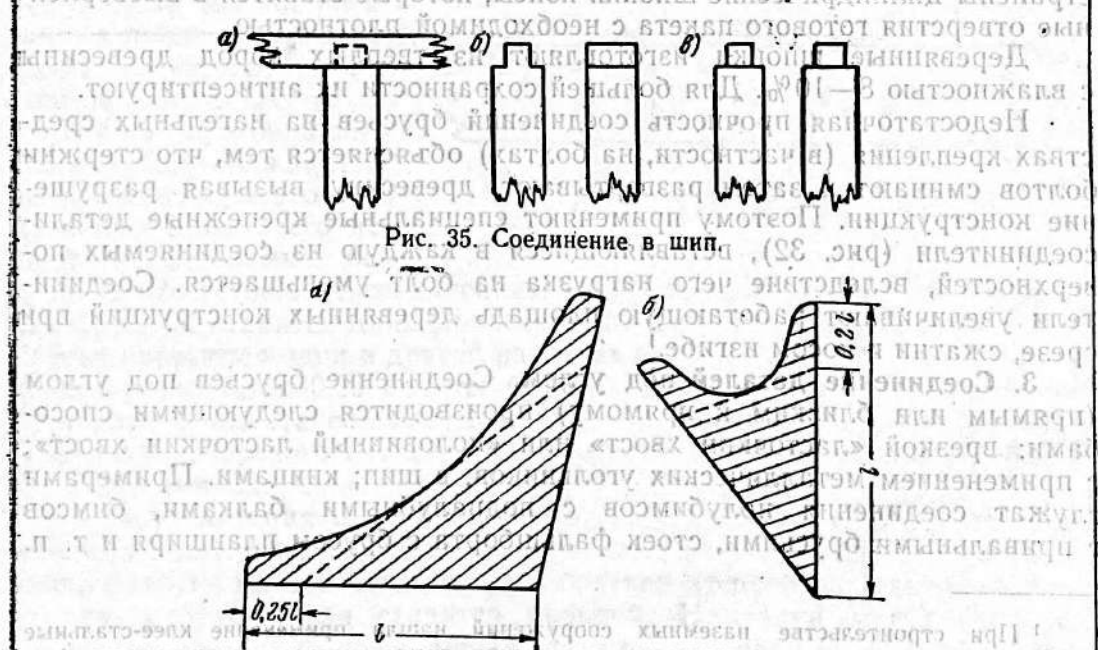
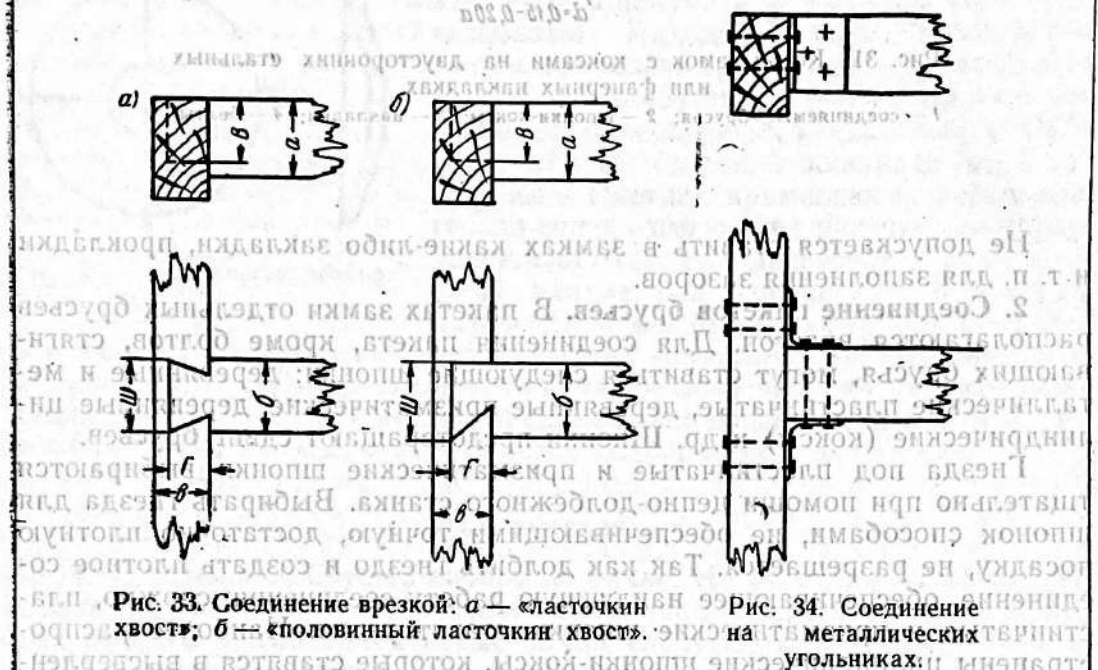
Гнезда под пластинчатые и призматические шпонки выбираются тщательно при помощи цепно-долбежного станка. Выбирать гнезда для шпонок способами, не обеспечивающими точную, достаточно плотную посадку, не разрешается. Так как долбить гнездо и создать плотное соединение, обеспечивающее наилучшую работу соединения, сложно, пластинчатые и призматические шпонки ставят редко. Наиболее распространены цилиндрические шпонки-кокси, которые ставятся в высверленные отверстия готового пакета с необходимой плотностью.

Деревянные шпонки изготовляют из твердых пород древесины с влажностью 8—10%. Для большей сохранности их антисептируют.

Недостаточная прочность соединений брусьев на нагельных средствах крепления (в частности, на болтах) объясняется тем, что стержни болтов сминают и затем разворачивают древесину, вызывая разрушение конструкции. Поэтому применяют специальные крепежные детали-соединители (рис. 32), вставляющиеся в каждую из соединяемых поверхностей, вследствие чего нагрузка на болт уменьшается. Соединители увеличивают работающую площадь деревянных конструкций при срезе, сжатии и косом изгибе.¹

3. Соединение деталей под углом. Соединение брусьев под углом (прямым или близким к прямому) производится следующими способами: врезкой «ласточкин хвост» или «половинный ласточкин хвост»; с применением металлических угольников; в шип; кницами. Примерами служат соединения полубимсов с подпалубными балками, бимсов с привальными брусьями, стоек фальшборта с брусом планширя и т. п.

¹ При строительстве наземных сооружений нашли применение клее-стальные шайбы, представляющие металлические пластинки, приклеиваемые специальными клеями по плоскостям соединяемых деталей. В этом случае усилие от болта сосредоточенно передается шайбе, а затем, через клеевой шов, рассредоточенно — древесине.



Соединение врезкой (рис. 33). В зависимости от размеров соединяемых брусьев выдерживаются следующие размеры врезки:

$$\text{высота } B = \left(\frac{1}{2} - \frac{2}{3} \right) a;$$

$$\text{глубина } \Gamma = \left(\frac{1}{3} - \frac{2}{3} \right) в;$$

$$\text{ширина } Ш = б,$$

где $a, б, в$ — размеры поперечного сечения соединяемых брусьев.

Указанные пределы высоты, глубины и ширины одинаковы для врезок «ласточкин хвост» и «половинный ласточкин хвост», однако первое соединение несколько более прочно, хотя и более трудоемко.

Соединение на металлических угольниках. Соединение брусьев под углом с применением металлических угольников (рис. 34) производится на болтах, количество которых на каждой полке угольника зависит от размеров соединяемых брусьев, но должно быть не менее двух.

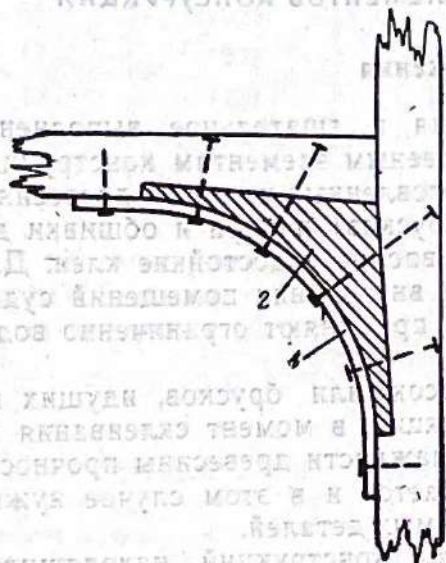


Рис. 37. Кница с большим перетесом волокон.

1 — гнутая доска; 2 — кница.

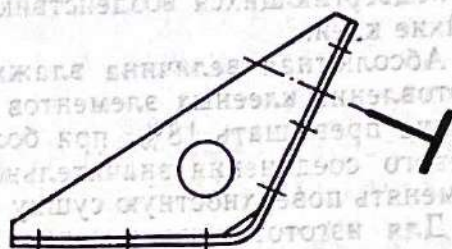


Рис. 38. Металлическая кница.

Соединение в шип. В некоторых случаях, при соединении деталей корпуса (например, стоек фальшборта с брусом планширя) или в соединениях деталей оборудования применяют соединение в шип (рис. 35, а). Шип выбирается или только с кромок (рис. 35, б), или и с кромок и с пласти (рис. 35, в). Размеры поперечного сечения шипа относительно размеров поперечного сечения бруса зависят от типа соединения и размеров соединяемых деталей.

Соединение кницами. Для соединения деталей корпуса могут применяться деревянные и металлические кницы. Применение деревянных кривослойных книц (кокор) ограничено ввиду их дефицитности. Их целесообразно применять лишь при совпадении направления волокон кницы с направлением волокон соединяемых элементов или при незначительном отклонении этих направлений. В противном случае рекомендуется ставить кницы из прямослоя.

При установке прямослойных книц необходимо учитывать следующее:

перетес волокон свободной кромки не должен превышать 0,25 l , где l — длина плеча (прилегающей стороны) кницы (рис. 36, а), при углах между плечами больше 90°;

при углах 90° и меньше перетес свободной кромки допускается до 0,2 l (рис. 36, б).

Для уменьшения веса могут применяться выпиленные кницы с гнутыми досками, поставленными по свободной кромке. В этом случае перетес волокон может быть увеличен, но должны быть выдержаны размеры минимально допустимого радиуса изгиба доски и нахлеста концов доски за пределы выпиленной части кницы. Размер нахлеста (перекроя) должен допускать установку не менее одного болта или шурупа (рис. 37).

Наряду с деревянными кницами описанных конструкций в настоящее время широко применяются металлические сварные кницы (рис. 38).

§ 7. КОНСТРУИРОВАНИЕ КЛЕЕНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ

Основные положения

Соблюдение условий конструирования и тщательное выполнение технологии изготовления обеспечивает клееным элементам конструкций и соединений ту же прочность, что у изготовленных из целой древесины.

Для склеивания деталей (досок и брусков) набора и обшивки деревянных судов применяют освоженные и вполне водостойкие клеи. Для судовой мебели и деталей оборудования внутренних помещений судна (не подвергающихся воздействию влаги) применяют ограниченно водостойкие клеи.

Абсолютная величина влажности досок или брусков, идущих на изготовление клееных элементов конструкций, в момент склеивания не должна превышать 18%; при большей влажности древесины прочность клеевого соединения значительно понижается и в этом случае нужно применять поверхностную сушку склеиваемых деталей.

Для изготовления клееных элементов конструкций, находящихся в условиях переменной влажности, применяют доски и бруски толщиной не более 40—50 мм. В других случаях применяют пиломатериалы толщиной до 60—70 мм.

Клеевые соединения, работающие на скалывание, так же прочны, как изготовленные из целой древесины. Пределы прочности и сдвиги при разрушении от скалывания у тех и других деталей практически одинаковы.

Прочность клеевых соединений при работе древесины поперек волокон обуславливается, в основном, прочностью самой древесины.

Элементы набора, работающие на изгиб, обычно изготавливаются прямоугольного сечения. Доски располагаются пластами, параллельно или перпендикулярно плоскости действия изгибающего момента. Элементы набора, испытывающие значительные изгибающие усилия, целесообразно изготавливать двутаврового сечения. Это позволяет расходовать меньше материала и при той же прочности получать конструкции меньшего веса (сравнительно с элементами прямоугольного сечения).

Клееные детали изготавливают прямолинейные и криволинейные. Может иметь место изготовление деталей двойкой кривизны (например, привальные и скуловые брусья). При конструировании криволинейных деталей учитывается, что после снятия с пресса они, из-за упругих свойств древесины, несколько распрямляются, при этом изменение кривизны тем меньше, чем больше слоев досок в детали и чем больше радиус ее кривизны. Минимально допустимые радиусы изгиба досок указаны в табл. 11.

Таблица 11

Минимально допустимые радиусы изгиба досок при изготовлении клееных элементов конструкций

Толщина доски, мм	Радиус изгиба, мм		Толщина доски, мм	Радиус изгиба, мм	
	сосна	дуб		сосна	дуб
5	400	400	20	2200	1750
7	500	450	25	2500	2000
8	700	600	30	3000	2500
10	1000	800	35	4000	—
12	1200	900	40	5000	—
15	1400	1200	45	6000	—
18	1750	1500			

В пиломатериалах, подлежащих изгибу, не должно быть сучков и косослоя. Если же избежать этого невозможно, радиусы изгиба дефектных досок должны быть большими, чем указано в табл. 11.

Клей

Применяемый в морском деревянном судостроении клей (составные части, раствор, пленка, клеевое соединение) должен удовлетворять следующим основным требованиям.

1. Клеевое соединение должно быть не менее прочно, чем древесина склеиваемых деталей, достаточно эластично и хорошо воспринимать ударные нагрузки.

2. Клеевое соединение должно быть водостойким. При воздействии влаги механические свойства клея не должны изменяться больше, чем у древесины.

3. Клеевая пленка должна быть

- а) биологически стойка к различным грибкам;
- б) бензо-, масло- и кислотостойка;
- в) температуростойка (прочность пленки не должна изменяться при колебаниях температуры от -50 до $+70^{\circ}\text{C}$);
- г) способна хорошо прилипать к древесине (иметь хорошую адгезию).

4. Клеевой раствор должен обладать достаточной жизнеспособностью (сохранять требующуюся вязкость в течение времени, необходимого для нанесения на склеиваемые поверхности деталей, их сборки и запрессовки).

5. Клей не должен быть вредным для здоровья в процессе применения и при механической обработке клееных деталей.

6. Технология применения клея должна быть простой и удобной.

7. Клей должен изготавливаться из недефицитного сырья.

Из всех известных клеев (белковых, растительных, каучуковых, натуральных смоляных, на основе эфиров целлюлозы, на основе искусственных смол и др.) наиболее полно отвечают перечисленным требованиям клеи на основе искусственных смол.

Искусственные смолы получают путем взаимодействия (конденсации) различных химических веществ. Наибольшее значение имеют продукты конденсации фенола и формалина (формальдегида), известные под названием бакелитовых смол или бакелита. Вместо фенола могут быть использованы родственные ему соединения — крезол (трикрезол) и резорцин.

Бакелитовая смола и изготовленный на ее основе бакелитовый клей обладают необратимыми свойствами. При определенных условиях смола переходит из плавкого и растворимого состояния в неплавкое и нерастворимое. Однако процесс этот очень длителен; для его ускорения можно применять нагревание (что не всегда удобно и выполнимо) или добавлять в состав клея вещества, ускоряющие процесс отверждения.

Клеи КБ-3 и, особенно, ВИАМ Б-3, наряду с присущими им положительными качествами, обладают некоторыми существенными недостатками, усложняющими их использование. Главными недостатками являются вредное воздействие этих клеев на организм человека и их относительная дефицитность. В то же время они наиболее полно удовлетворяют требованиям к клеям, применяемым в деревянном судостроении, и поэтому находят наибольшее применение.

Прочность клеевых соединений зависит от механических свойств клея как материала. В твердом состоянии клей хрупок, но различно реагирует на деформации: при разрыве и кручении разрушается как хрупкий материал, а при сжатии — как пластичный.

Механические свойства фенольного клея ВИАМ Б-3 в твердом состоянии следующие:

Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$	560 кг/см ²
Предел прочности при растяжении $\sigma_{вр}$	535
Модуль нормальной упругости при сжатии E_c	11 200
Модуль сдвига клея	В 1,5 раза больше модуля сдвига древесины

Клей КБ-3 имеет показатели, близкие к указанным выше. Характеристики механических свойств древесины, склеенной при помощи клеев ВИАМ Б-3 и КБ-3, приведены в табл. 12.

Таблица 12
Свойства древесины, склеенной клеями ВИАМ Б-3 и КБ-3

Наименование клея	Дубовые образцы, склеенные			
	в сухом состоянии		после вымачивания в течение 48 час.	
	прочность при скалывании, кг/см ²	процент разрушения по древесине	прочность при скалывании, кг/см ²	процент разрушения по древесине
ВИАМ Б-3	160	80	126	80
КБ-3	160	80	128	80

Основной составляющей клея ВИАМ Б-3 является смола ВИАМ Б, представляющая собой вязкую жидкость от желтого до красно-коричне-

вого цвета, получаемую при конденсации фенола и формальдегида в присутствии едкого бария как катализатора.

Смолю ВИАМ Б получают из фенола (100 вес. ч.), формалина 37%-ного (100 вес. ч.) и едкого бария (1 вес. ч.), взболтанного в пятикратном количестве воды.

Смолю Б для изготовления клея КБ-3 получают по следующей рецептуре:

	Вес. ч.
Фенол	100
Формалин (37%-ный водный раствор формальдегида)	150
Едкий натр (40%-ный водный раствор)	5

Смола Б, так же, как и смола ВИАМ Б, представляет собой маловязкую жидкость от желтого до красновато-бурого цвета, без каких-либо примесей, расслоения, осадка и сгустков.

Преимуществом клея КБ-3 является меньшее содержание свободного фенола (5% вместо 21% в клее ВИАМ Б-3), делающее клей КБ-3 менее вредным. Вместе с тем, в клее КБ-3 содержится больше воды (30%), чем в клее ВИАМ Б-3 (20%), что в некоторых случаях отрицательно сказывается на прочности клеевых соединений.

Состав смоляных клеев ВИАМ Б-3 и КБ-3

Таблица 13

Марка клея	Компоненты	Вес. ч.
ВИАМ Б-3	Фенольно-баритовая смола ВИАМ Б	100
	Ацетон технический	10
	Керосиновый контакт 1-го сорта (контакт Петрова)	1400 а
КБ-3	Фенольно-формальдегидная смола Б	100
	Керосиновый контакт 1-го сорта	1800 а

Примечание. Индекс „а“ указывает кислотное число контакта, применяемого при приготовлении клея.

Состав клеев ВИАМ Б-3 и КБ-3 приведен в табл. 13. Ацетон, являющийся растворителем, добавляется в клей для понижения вязкости и увеличения жизнеспособности; при отсутствии его можно заменить этиловым (винным) спиртом, несколько удлив процесс открытой выдержки склеиваемых деталей перед соединением.

Для отверждения фенольных клеев применяется керосиновый контакт (контакт Петрова), представляющий собой продукт обработки (очистки) керосинового дистиллата (нефтяные погоны, содержащие керосин) серной кислотой или серным ангидридом. В состав контакта входят сульфонафтенновые кислоты, способствующие отверждению клея. Контакт представляет собой густую, сиропобразную жидкость от желтого до темно-коричневого цвета.

Жизнеспособность клеев ВИАМ Б-3 и КБ-3 ограничена, поэтому клеевой раствор используют в течение 3—4 час. после изготовления. Качество клея контролируется определением вязкости. В случае применения клея пониженной жизнеспособности, с вязкостью смолы выше стандартной, помимо возможного снижения механической прочности, понижается водостойкость клеевого соединения.

Применяемые в производстве растворы фенольных клеев должны иметь следующую вязкость по вискозиметру № 36 (с соплом № 2 диаметром 5 мм): для склеивания усовых, торцовых и полуторцовых соединений, а также при сборочных работах — 40—120°; для склеивания древесины вдоль волокон — 30—90°.

Лабораторными испытаниями установлено, что склеивание древесины фенольными клеями допустимо при влажности древесины не выше 18—20%, так как при большей влажности прочность соединения резко снижается (при влажности древесины 30% клеевое соединение становится вдвое менее прочным). Режимы склеивания древесины клеями ВИАМ Б-3 и КБ-3 приведены в табл. 14.

Таблица 14

Режимы склеивания древесины клеями ВИАМ Б-3 и КБ-3

Операция	Назначение	Продолжительность
Выдержка намазанных клеем образцов до соединения их между собой (открытая пропитка)	Пропитка древесины клеем и испарение растворителя	4—15 мин.
Выдержка соединенных между собой образцов до начала их сдавливания (закрытая пропитка)	Продолжение пропитки, полное соединение двух покрытых клеем поверхностей и достижение клеем высокой вязкости, во избежание полного выдавливания его при запрессовке	5—25 мин.
Склеивание при удельном давлении 2—4 кг/см ² и при температуре наружного воздуха 16° С	Закрепление пропитки и создание тонкой наиболее прочной клеевой пленки между двумя поверхностями	Для прямолинейных деталей 10 час.; для изогнутых при склеивании деталей 20 час.
Выдержка после склеивания (по окончании предыдущей операции), при температуре наружного воздуха не ниже 16° С	Полное затвердение с целью придания клеевому соединению наибольшей прочности	1—2 суток

Рекомендуемая толщина пленки клея в соединении 0,1—0,15 мм. Отвердевший клей ВИАМ Б-3 приобретает вишнево-красный цвет, что служит доказательством полного отверждения.

Основным критерием качества клеев ВИАМ Б-3 и КБ-3 служит их клеящая способность. Предел прочности при скалывании клеевого соединения образцов вдоль плоскости склейки для твердых пород древесины составляет не менее 130 кг/см², однако клей считается годным, если при пределе прочности не ниже 110 кг/см² образец полностью скалывается по древесине.

Клей ВИАМ Б-3 и КБ-3 могут быть использованы для горячей склейки судовых деревянных конструкций при повышенной температуре (40—60° С), при этом клей имеет состав, приведенный в табл. 15. При

Таблица 15

Состав смоляных клеев ВИАМ Б-3 и КБ-3 для склеивания при повышенной температуре (40—60° С)

Марка клея	Состав	Вес, ч.
ВИАМ Б-3	Фенольно-баритовая смола ВИАМ Б	100
	Ацетон или спирт этиловый	10
	Керосиновый контакт	1000
		а
КБ-3	Фенольно-формальдегидная смола Б	100
	Керосиновый контакт	1600
		а

Примечание. Индекс „а“ указывает кислотное число контакта, применяемого при приготовлении клея.

склеивании детали выдерживаются под давлением от 1 часа 30 мин. до 1 часа 50 мин. (толщина склеиваемых пиломатериалов свыше 5 мм). Детали, склеенные горячим способом, могут подвергнуться механической обработке через 2 часа после склейки.

Клеевые соединения и элементы конструкций корпуса судна

1. Сращивание деталей по длине. Для сращивания деталей по длине применяются стыковые соединения — усовые и на накладках.

Стыковые усовые соединения применяются при сращивании отдельных целых деталей (например, досок обшивки, рис. 39), при соединении многослойных клееных деталей (например, киля с форштевнем, рис. 40), или при сращивании отдельных досок и брусков в многослойных элементах судовых конструкций (рис. 41).

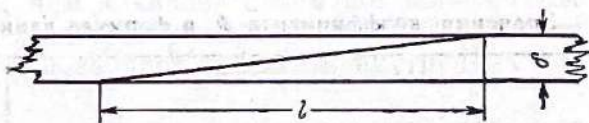


Рис. 39. Усовое соединение целых деталей.

Длина усового соединения определяется по формуле:

$$l = k\delta, \quad (2)$$

где l — длина усового соединения;
 δ — толщина склеиваемой детали;
 k — коэффициент, зависящий от условий работы соединения и породы древесины детали. Значения коэффициента k приведены в табл. 16.

Клеевой слой в усовых стыковых соединениях по возможности располагают в плоскости действия изгибающих сил, так как в этом поло-

жении он выдерживает нагрузку на 30—40% большую, чем если слой перпендикулярен к плоскости изгибающего момента.

Не рекомендуется применять в усовых соединениях нагельные средства крепления (болты, шурупы, нагели и т. п.), ввиду различной податливости клеевых и нагельных соединений. В том случае, когда усовое стыковое соединение при работе на разрыв неравномерно сечению целой детали, но должно надежно воспринимать другие возникающие в нем усилия (например, усилия отрыва в соединении кия с форштевнем), рекомендуется для большей надежности ставить болты.

При соединении целых и отдельных многослойных деталей, а также досок и брусков в многослойных элементах, состоящих из 2—4 слоев, не применяется склеивание в

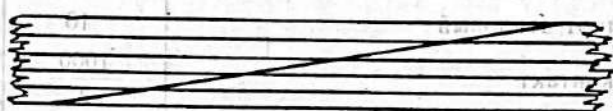


Рис. 40. Усовое соединение многослойных клеевых деталей.

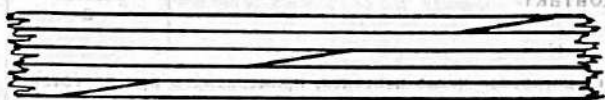


Рис. 41. Усовое соединение досок и брусков в многослойных деталях.

торец. Торцовое соединение деталей, работающих на разрыв, даже при самом тщательном его выполнении обеспечивает восприятие нагрузки, составляющей не более 25% предела прочности древесины детали при разрыве.

Соединения на накладках применяются при сращивании по длине элементов конструкций, в которых соединение может быть менее прочно, чем древесина целой детали. Такие соединения плохо работают на растяжение, так как вследствие эксцентричного приложения нагрузки к склеиваемым

деталю возникают и отрывающие усилия. Соединения выполняются на двусторонних накладках, общая длина которых равна 30-кратной их толщине. Увеличивать общую длину накладки сверх указанного предела не имеет смысла, так как несущая способность соединения практически не возрастает.

Таблица 16

Значения коэффициента k в формуле длины усового стыкового соединения

Порода древесины	Значение коэффициента k для соединений, работающих на разрыв (растяжение)	
	равнопрочных с целой древесиной	неравнопрочных с целой древесиной
Сосна, ель среднего качества и другие близкие по прочности породы	10—12	4—6
Сосна, дуб отборного сорта и другие близкие по прочности породы	12—15	4—6
Бакелизированная фанера	20	10

Примечание. При определении длины усового стыкового соединения отдельных досок и брусков в длинном многослойном элементе значение коэффициента k принимают равным от 4 до 6.

В клеевых соединениях на накладках, работающих на растяжение (так же, как и в усовых соединениях), не рекомендуется применять нагельные средства крепления, поставленные сквозь накладки и соединяемые элементы. Их можно применять только для создания давления запрессовки при склеивании.

Соединения на накладках имеют следующие существенные недостатки: увеличивают габариты соединяемых деталей и напряжения по длине накладок распределяются неравномерно, что вызывает перегрузку клеевого слоя у концов накладок.

2. Изготовление многослойных элементов судовых конструкций. Имеющиеся в лесоматериалах пороки (сучки, трещины, косослой, гниль и др.) не всегда позволяют использовать эти материалы в целом виде для изготовления деталей несущих конструкций корпуса деревянного судна. Применение склеивания дает возможность, разрезав бревна на доски или бруски, удалить негодную часть древесины и изготовить многослойные детали, более прочные, чем из целой древесины. Поперечное сечение и длина деталей могут быть любые, без замков на нагельных средствах крепления, прочность которых намного ниже прочности целой древесины или клеевых соединений, и без перетеса слоев древесины, имеющего место при изготовлении кривых балок из целых бревен.

Склеивание наиболее выгодно при конструировании таких соединений и деталей, выполнение которых требует наименьших затрат времени и пиломатериалов. Важно, чтобы указанные соединения и детали позволяли использовать короткомерный и тонкомерный лесоматериал, значительно более дешевый.

Применение в клееной конструкции прочных пород древесины для наружных, более напряженных, волокон бруса и менее прочных дешевых пород — для внутренних слоев не только повысит прочность конструкции, но и позволит спроектировать ее с минимальным весом. На основании теоретических и экспериментальных исследований В. Т. Кэрри¹ доказывает, что при использовании двух пород древесины, удельный вес одной из которых в два раза больше, слоистая прямоугольная балка, при прочих равных условиях, может быть сконструирована на 19% легче. По английским и американским литературным данным, при выполнении практических расчетов прочности морских деревянных судов, рабочие напряжения в слоистых продольных связях допускаются примерно в два раза большими, чем в связях с тем же поперечным сечением, но выполненных из цельных штук древесины. Объясняется это тем, что клееная конструкция позволяет избежать внутренних пороков древесины.

Выгода изготовления слоистых клееных балок заключается еще и в том, что сушка тонких досок или брусков, из которых выклеиваются балки, может быть осуществлена значительно быстрее. Хорошо высушенные доски не только гарантируют надежность клеевого соединения, но и являются профилактикой против преждевременного загнивания конструкции в процессе эксплуатации.

Кроме того, при склеивании можно применять гнутые, изготавливая детали необходимого сечения и нужной кривизны. У гнутых клееных деталей все волокна остаются непрерывными, что делает их значительно прочнее деталей, вытесанных из цельных прямослойных бревен.

¹ В. Т. Кэрри. Теория и проектирование слоистых балок из двух видов древесины. Forest Products Research Laboratory Bulletin, HMSO, 1955.

Склеивание досок и брусков в многослойном элементе производится по пласти (рис. 42). В случаях, когда ширина досок или брусков недостаточна, производится склеивание и по кромкам (рис. 43).

В слоистых балках, работающих на растяжение, расстояние между концами усовых соединений в смежных слоях выдерживается равным

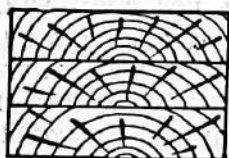


Рис. 42. Склеивание по пласти.

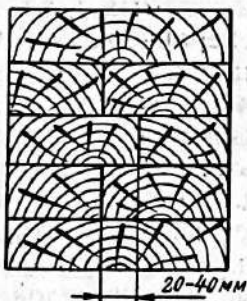


Рис. 43. Склеивание по кромкам и по пласти.

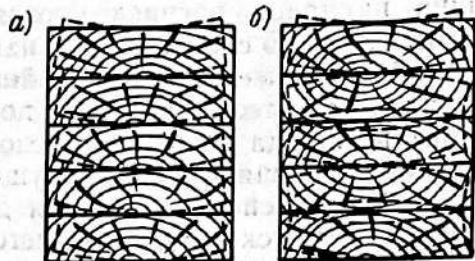


Рис. 44. Склеивание по пласти при согласованном и при чередующемся расположении годовых слоев.

не менее полуторной длины уса, а для досок, расположенных через один слой, это расстояние может быть равно длине уса.

В многослойных балках, работающих на изгиб, если они склеены из пяти и более слоев, допускается постановка в средних слоях более коротких досок и стыкование их в торец с разгонкой стыков в смежных слоях. В этом случае торцовые стыки следует относить в менее нагруженные участки балки. В четырех наружных слоях (по два с каждой стороны) доски стыкуются на ус вразгон.

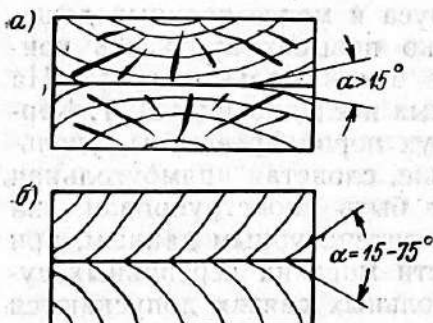


Рис. 45. Склеивание по пласти с чередующимся расположением годовых слоев при тангенциальной и радиальной распиловке досок.

В слоистых элементах набора, у которых отдельные слои состоят из двух-трех досок, склеенных по кромкам, допускается стыкование этих досок при помощи усовых соединений, расположенных в одном месте.

Слоистые балки могут состоять по ширине из двух-трех досок; в этом случае кромки склеиваемых досок в соседних слоях разгоняются. Расстояние между кромками 20—40 мм (в зависимости от размеров склеиваемых деталей) выдерживается всюду одинаковым (см. рис. 43).

В смежных досках слоистых балок судового набора рекомендуется применять согласованное расположение годовых слоев (рис. 44, а). При чередующемся расположении годовых слоев (рис. 44, б) соблюдаются следующие условия:

в случае применения досок тангенциальной распиловки угол наклона между годовыми слоями должен быть более 15° (рис. 45, а);

в случае применения досок радиальной распиловки угол должен быть равен $15-75^\circ$ (рис. 45, б).

Двутапавровые балки могут иметь полки и стенки, изготовленные из цельных брусков или склеенные из отдельных досок. Доски в стенке

балки располагаются параллельно или перпендикулярно полке. Толщина каждой полки двутавровой балки равна $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{6}$ общей высоты профиля балки; толщина стенки равна $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ ширины полки (рис. 46).

Для изготовления клееных балок применяется фанера. Такие балки могут быть двутаврового (рис. 47, а) и коробчатого (рис. 47, б) сечения с фанерными стенками. Доски, составляющие полки, приклеиваются к стенке с обеих сторон (или между стенками) пластами в один-два и более слоев. Для устойчивости листов стенки на них наклеиваются вертикальные бруски.¹

3. Угловые клеевые соединения. На судах на корабельном и катерном наборах угловые клеевые соединения осуществляются в основном

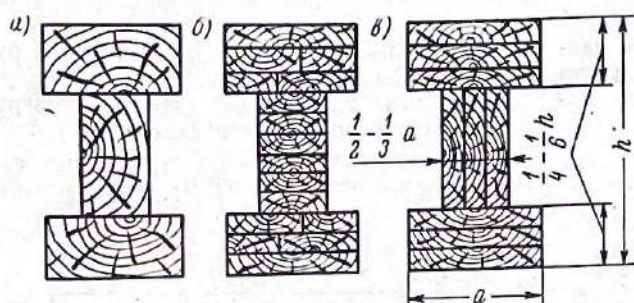


Рис. 46. Клееные двутавровые балки: а — из брусков; б, в — из досок.

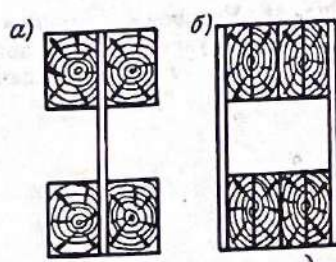


Рис. 47. Двутавровая и коробчатая клееные балки из фанеры.

в деталях поперечного набора корпуса. При конструировании угловых клеевых соединений необходимо учитывать следующее:

1) в условиях значительных изменений влажности древесины, в сопряжениях под углом 45° ширина соединяемых деталей не должна превышать 150, а в соединениях под углом 90° — 100 мм, так как клеевые угловые соединения при больших размерах поперечного сечения деталей недостаточно надежны;

2) длина поверхности склеивания не должна превышать 200 мм, если значительные сосредоточенные усилия действуют вдоль поверхности склеивания (рис. 48), так как эти усилия воспринимаются клеевым соединением неравномерно. Графическая зависимость разрушающей нагрузки и напряжений скалывания от длины поверхности склеивания приведена на рис. 49;

3) в условиях незначительных изменений влажности могут применяться угловые клеевые соединения, находящиеся в основном под действием крутящего момента (рис. 50). Поверхность склеивания указанного соединения рассчитывается по следующей формуле:

$$F = m \frac{M_{кр}}{155}, \quad (3)$$

где F — площадь склеивания, $см^2$;

m — коэффициент запаса;

$M_{кр}$ — разрушающий крутящий момент, $кгсм$, действующий на клеевое соединение;

155 — эмпирический коэффициент.

¹ Бруски квадратные или прямоугольные с отношением высоты к ширине до 0,5 и сторонами, равными 5—10 толщинам фанерной стенки. Расстояние между брусками не более 1,0 м.

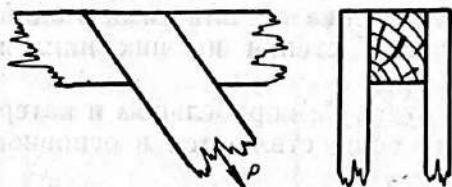


Рис. 48. Угловое соединение при действии нагрузки вдоль поверхности склеивания. P — разрушающая нагрузка, т.

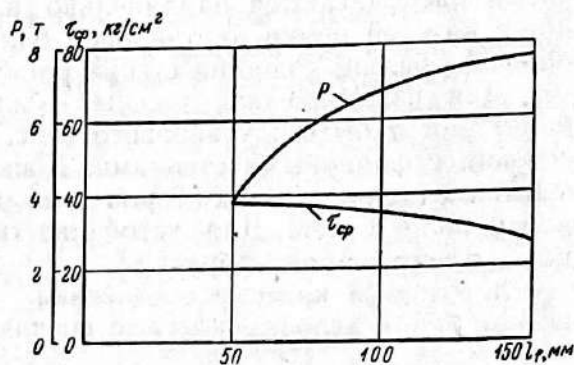


Рис. 49. Зависимость разрушающей нагрузки и средних напряжений скалывания от длины поверхности склеивания (действие нагрузки вдоль поверхности склеивания).

P — разрушающая нагрузка, т; $\tau_{ср}$ — среднее напряжение скалывания, кг/см^2 ; l — длина площади склеивания, мм.

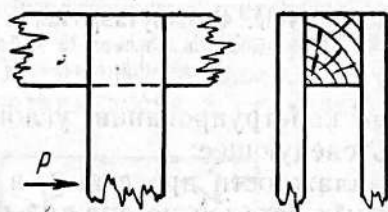


Рис. 50. Угловое соединение под действием крутящего момента,

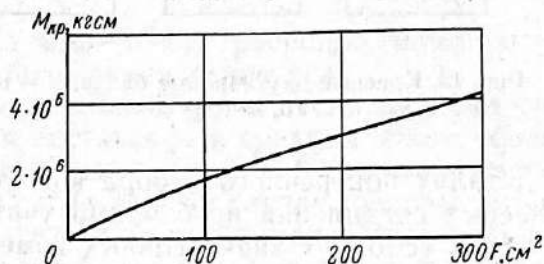


Рис. 51. Зависимость крутящего момента от площади склеивания, по которой происходит скалывание.

$M_{кр}$ — разрушающий крутящий момент, кгсм; F — площадь склеивания, см².

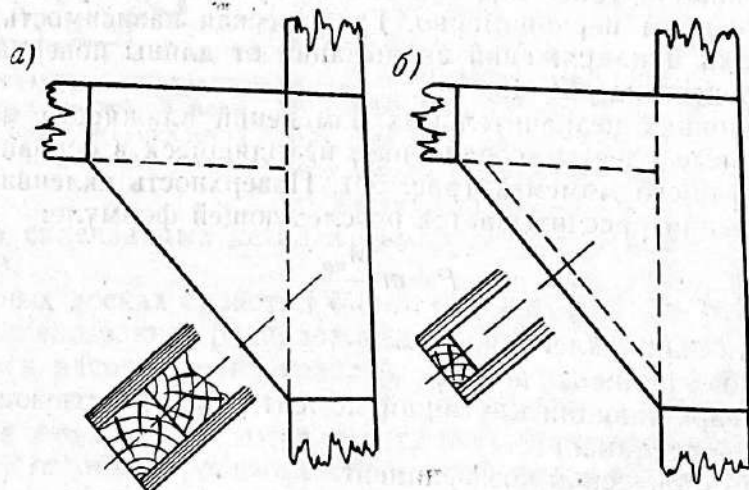


Рис. 52. Угловое соединение на фанерных кницах.

Формула (3) справедлива, если площадь склеивания углового соединения не превышает $200-400 \text{ см}^2$, а поверхность склеивания представляет прямоугольник с отношением сторон (ширины приклеиваемой детали к длине поверхности склеивания) от 1 до 0,5. На рис. 51 представлена графическая зависимость $M_{кр}$ от площади склеивания, по которой происходит скалывание.

Угловые клеевые сопряжения ветвей шпангоутных рам и другие выполняются с помощью фанерных книц, наклеиваемых на соединяемые детали с обеих сторон. Между кницами можно вклеить брусок-заполнитель, равный по толщине склеиваемым деталям, полностью заполняющий все пространство (рис. 52, а) или приклеиваемый только по кромкам (рис. 52, б).

ГЛАВА III

КОНСТРУКЦИЯ КОРПУСА МОРСКИХ ДЕРЕВЯННЫХ СУДОВ

§ 8. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КОРПУСА

Назначение основных связей корпуса. Разбивка корпуса на отсеки

Корпус морского деревянного судна представляет достаточно сложное инженерное сооружение, способное безопасно воспринимать все действующие на него общие и местные нагрузки и усилия.

Естественно, что развитие всех отраслей техники находит отражение и в конструкции корпуса морского деревянного судна, также непрерывно совершенствующейся. Эти усовершенствования выражаются прежде всего в изменении конструкций отдельных деталей, узлов и их соединений: кокорные кницы и соединения заменяются бескокорными, металлические кованые кницы — металлическими сварной конструкции, нагельные крепления — клеевыми соединениями и конструкциями и т. п. Однако указанные изменения не меняют общих черт, присущих корпусу всякого судна как деревянной, так и металлической или любой другой конструкции.

Корпус судна состоит из набора и оболочки. Набор корпуса является скелетом или каркасом для оболочки, т. е. для обшивки и палубы. Набор состоит из балок и ребер различного направления и воспринимает совместно с оболочкой все силы, действующие на судно как изнутри, так и снаружи.

Следует различать продольный набор, образующийся связями (балками) судового корпуса, направленными вдоль судна, и поперечный набор, состоящий из поперечных (шпангоутных) рам и поперечных переборок. В отдельных случаях связи могут не иметь явно выраженного направления (например, металлические диагональные шины у судов с футоксовым набором).

Оболочка состоит из наружной обшивки, делящейся в свою очередь на бортовую и днищевую, и настила палубы.

Наружная обшивка и настил палубы выполняются обычно из досок продольного направления, опирающихся на поперечные связи и крепящихся к ним механическими средствами крепления, т. е. гвоздями, нагелями и болтами. На некоторых типах судов обшивка выполняется из двух или трех слоев досок, имеющих диагональное направление, или из фанеры. Набор корпуса судна совместно с обшивкой и настилом палубы образует днищевое, бортовые и палубное перекрытия.

С точки зрения строительной механики корабля корпус судна представляет собой пустотелую балку, воспринимающую общий изгибающий момент и обеспечивающую судну его продольную прочность.¹ Днищевое и палубное перекрытия являются нижним и верхним поясами

¹ У морских деревянных судов, для которых отношение $B:H$ обычно не выходит за пределы 1,6—2,4, общая поперечная прочность всегда обеспечена.

балки, а бортовые перекрытия связывают пояски, вовлекая их в совместную работу. Кроме общей (продольной) прочности, перекрытия воспринимают все приходящиеся на них местные нагрузки и обеспечивают местную прочность.

Корпус судна разделен водонепроницаемыми переборками на отсеки. Разбивка корпуса на несколько отсеков имеет целью обеспечить судну полную непотопляемость или по возможности повысить вероятность непотопляемости в случае повреждения какой-либо части водо-

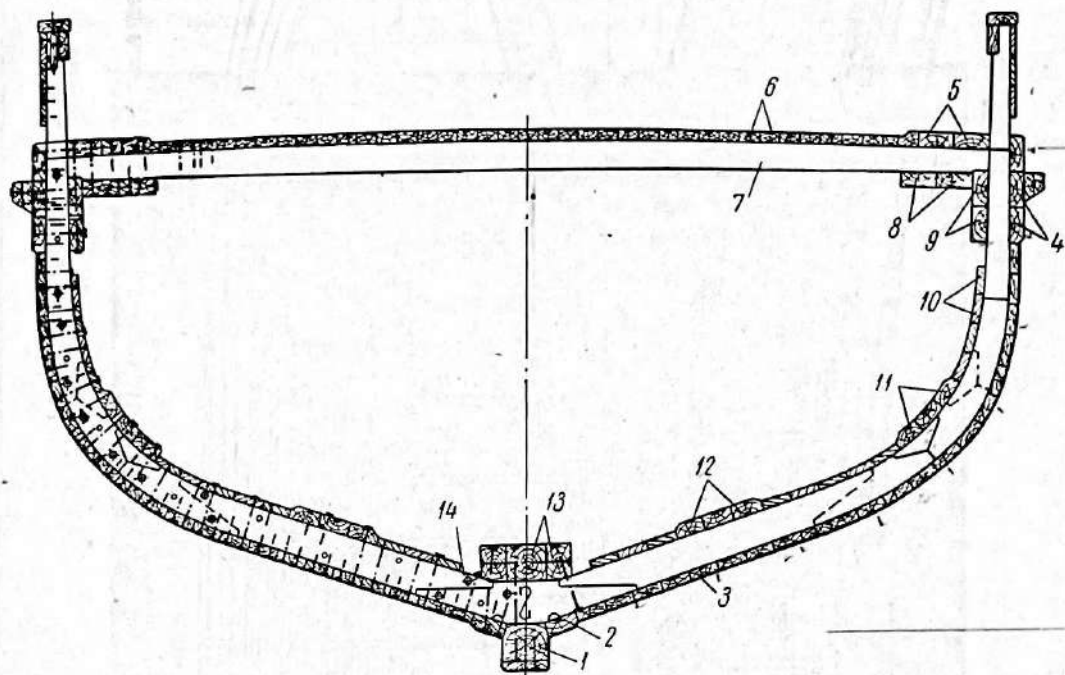


Рис. 53. Конструктивный мидель-шпангоут однопалубного судна на корабельном наборе.

1 — киль 260×210 мм; 2 — шпунтовый пояс 80×200 мм; 3 — наружная обшивка ($\delta = 50$ мм); 4 — бархоут $3 \times 80 \times 210$ мм; 5 — ватервейс $2 \times 90 \times 210$ мм; 6 — палубный настил ($\delta = 60$ мм); 7 — бимс 120 мм (размер по правке); 8 — шельф $2 \times 90 \times 210$ мм; 9 — подбалочные бруссы $2 \times 90 \times 210$ мм; 10 — внутренняя обшивка ($\delta = 50$ мм); 11 — скуловые связные пояски $3 \times 80 \times 180$ мм; 12 — днищевые связные пояски $3 \times 80 \times 100$ мм; 13 — кильсон 240×210 мм и $2 \times 150 \times 210$ мм; 14 — шпангоут 140 мм (размер по правке одного ряда футоксов).

непроницаемой наружной обшивки. Кроме того, отсеки позволяют и разделить различные по назначению помещения.

Количество и расположение поперечных водонепроницаемых переборок в значительной мере зависят от типа и назначения судна. Поперечные переборки играют также существенную роль в общей и местной прочности судна. Они являются жесткими диафрагмами — опорами для пустотелой тонкостенной балки, какой является корпус судна, служат жесткими опорами для всех продольных связей корпуса и одновременно выполняют роль опор для днищевых, палубных и бортовых перекрытий.

Продольные переборки, если они имеются и простираются в средней части судна не менее чем на 15% длины судна, так же, как и наружная обшивка, участвуют в восприятии общего изгибающего момента и перерезывающей силы. Одновременно продольные переборки служат опорами для днищевых и палубных перекрытий и их поперечных связей.

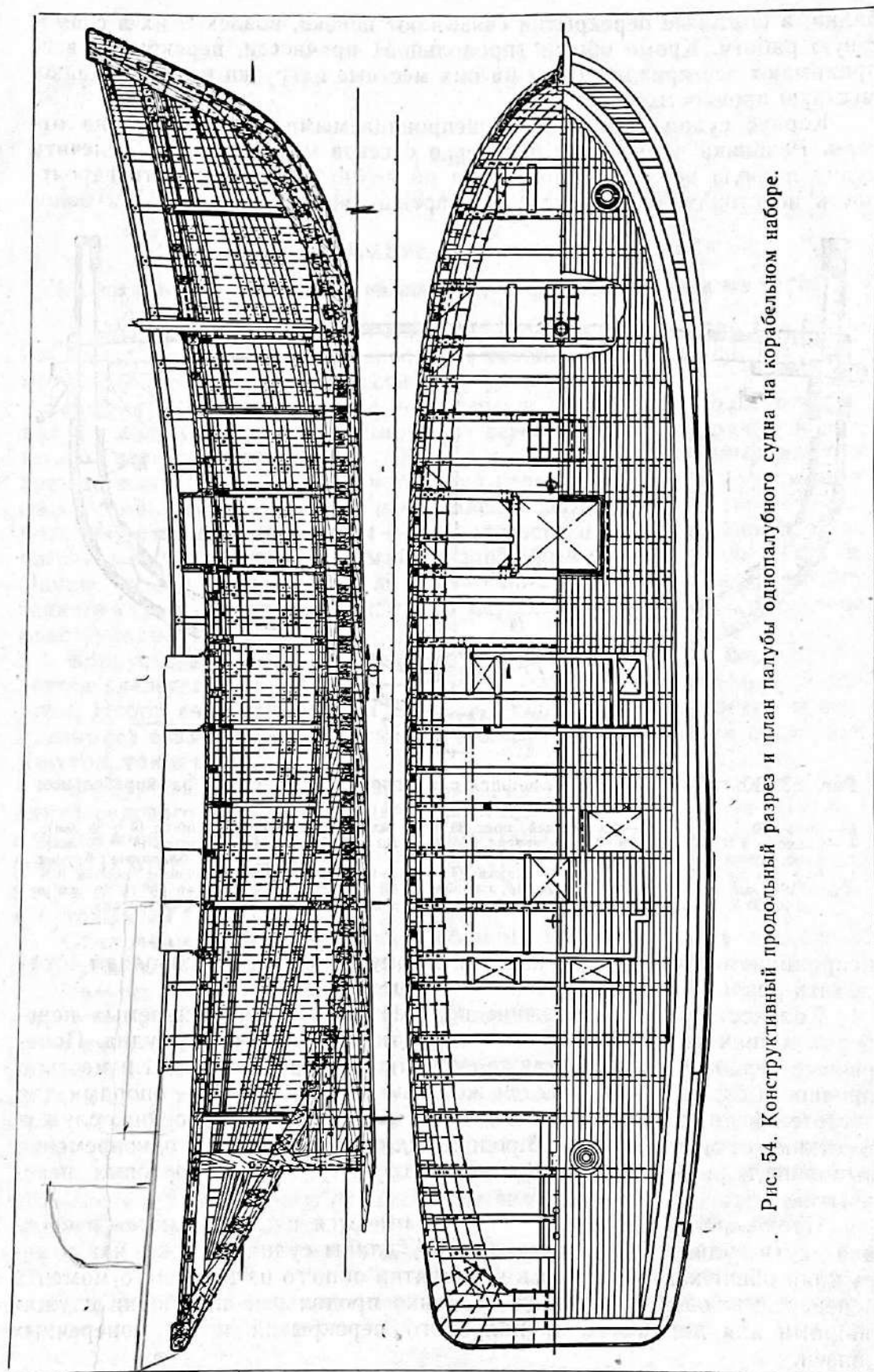


Рис. 54. Конструктивный продольный разрез и план палубы однопалубного судна на корабельном наборе.

Суда на футовковом наборе

Основным отличительным признаком конструктивного типа судна на футовковом наборе является конструкция его шпангоутов, которые выполняются двухслойными. Каждый слой состоит из отдельных частей — футовков (см. § 9). Стыки футовков одного слоя располагаются вразгон со стыками футовков другого слоя, в результате чего создается крепление стыка футовков одного слоя цельной древесиной футовка другого слоя, выполняющего роль односторонней накладки. Оба слоя (ряда) футовков скрепляются нагелями и болтами.

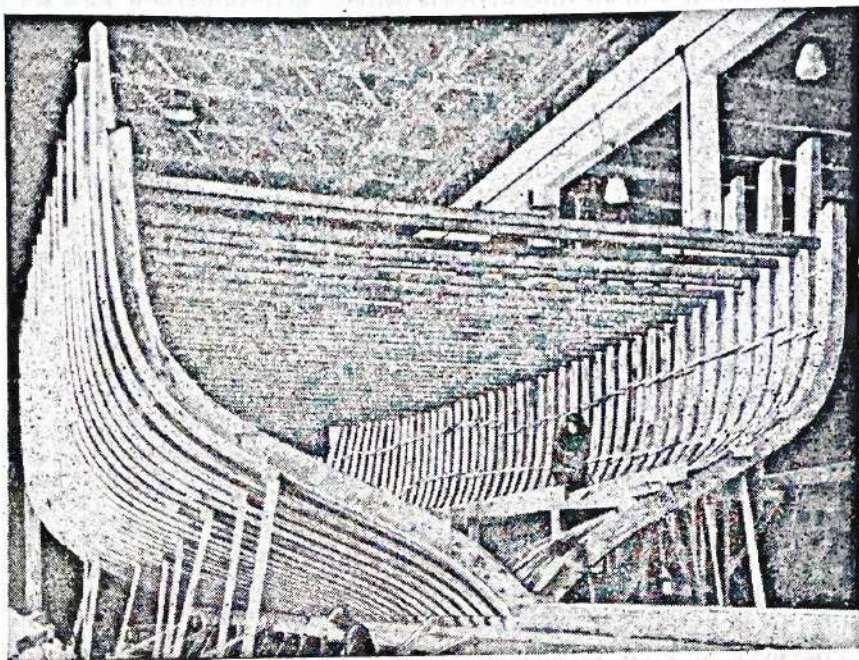


Рис. 55. Судно с футовковым набором в постройке.

Шпангоуты из футовков обеспечивают надлежащую поперечную прочность корпуса судна и при отсутствии криволинейного леса могут изготавливаться из прямослойного, так как перетес и нарушение волокон одного слоя компенсируется другим, с ненарушенными волокнами.

Недостатком указанного набора является увеличение веса корпуса и большой расход лесоматериалов при выпиливании футовков сравнительно с конструкциями набора с однорядными или гнутыми шпангоутами.

Футовковый набор применяется на судах с округлыми обводами и значительной килеватостью (преимущественно морских), по назначению и районам плавания работающих в наиболее тяжелых условиях. Для этих судов некоторое увеличение веса корпуса решающего значения не имеет, а изготавливать гнутые шпангоуты, ввиду большой площади их поперечного сечения, невозможно.

Для судов на футовковом наборе весьма характерна однослойная наружная обшивка (см. § 9) из относительно толстых досок, расположенных вдоль судна. Для достижения водонепроницаемости пазы и стыки досок конопатятся. Такая конструкция, несмотря на ее большой,

по сравнению с двухслойной или трехслойной диагональной обшивкой вес, наиболее проста в постройке и ремонте, вследствие чего является для указанных судов наиболее распространенной.

Типовая конструкция однопалубного морского судна с футоксовым набором, у которого длина между перпендикулярами 21,0 м, ширина 5,8 м и высота борта 2,7 м, представлена на рис. 53 и 54. На рис. 55 показана постройка судна, имеющего футоксовые (двухслойные) шпангоуты.

Суда с натесными однорядными шпангоутами

Натесные однорядные шпангоуты могут выполняться как из прямо-
слойного леса, так и из кривослая. Шпангоуты из прямо-
слойного леса применяются преимущественно на судах с V-образными (ломаными)

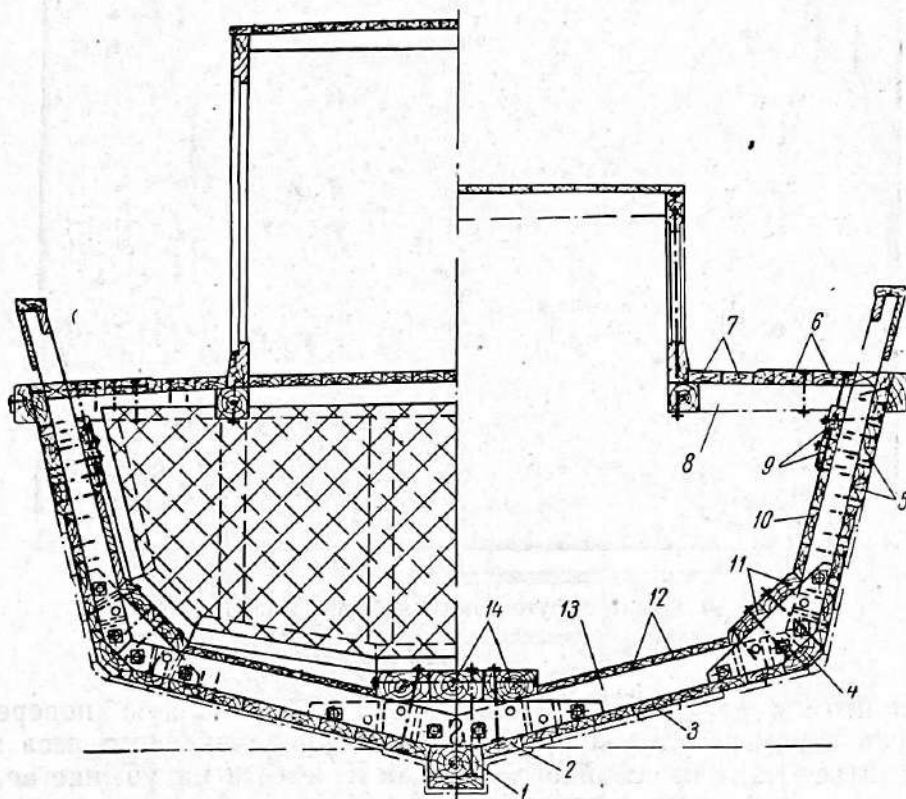


Рис. 56. Конструктивный мидель-шпангоут буксирного катера.

1 — киль 125 × 215 мм; 2 — шпунтовый пояс 55 × 160 мм; 3 — наружная обшивка (δ = 40 мм); 4 — череповой брус 80 × 220 мм; 5 — бархоут (δ = 50 мм); 6 — ватервейс 2 × 55 × 160 мм; 7 — палубный настил (δ = 40 мм); 8 — бимс: по правке 85 мм, по лекалу в ДП 140 мм; 9 — подбалочные бруссы 2 × 55 × 130 мм; 10 — топтимберс: по правке 85 мм, по лекалу у скулы 115 мм, у палубы 85 мм; 11 — скуловые связные поясы 2 × 55 × 180 мм; 12 — внутренняя обшивка (δ = 25 мм); 13 — флортимберс: по правке 85 мм, по лекалу у кия 140 мм, у скулы 115 мм; 14 — кильсон 3 × 125 × 215 мм.

обводами или с малым радиусом скулового закругления. Шпангоуты из кривослая применяются на судах с округлыми обводами.

На рис. 56 показан мидель-шпангоут морского буксирного катера с ломаными обводами, а на рис. 57 — его продольный разрез и план палубы. Главные размерения: длина между перпендикулярами 11,6 м, ширина 3,40 м, высота борта 1,40 м.

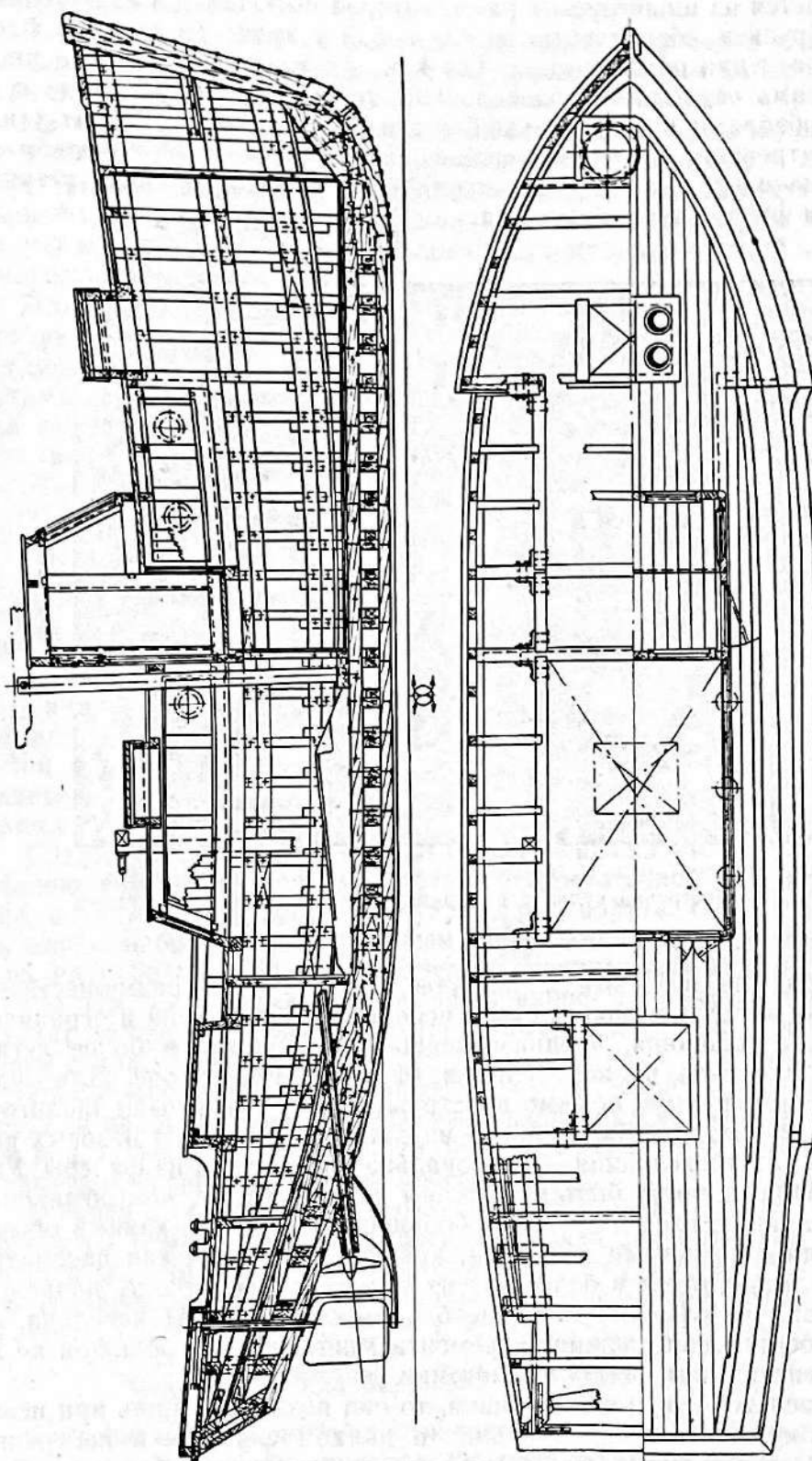


Рис. 57. Конструктивный продольный разрез и план палубы буксирного катера.

Основной отличительной особенностью судов этого конструктивного типа является их шпангоутная рама, которая выполняется из отдельных прямых брусков, соединяемых между собой у киля при помощи флора и на скуле — при помощи книц. Так как при такой конструкции шпангоутная рама оказывается однослойной, то естественно, что суда с ломаными обводами имеют меньший вес и больший коэффициент утилизации внутреннего объема по сравнению с судами на футоксовом наборе. Однако прочность их шпангоутной рамы в соединениях уступает прочности футоксового шпангоута.

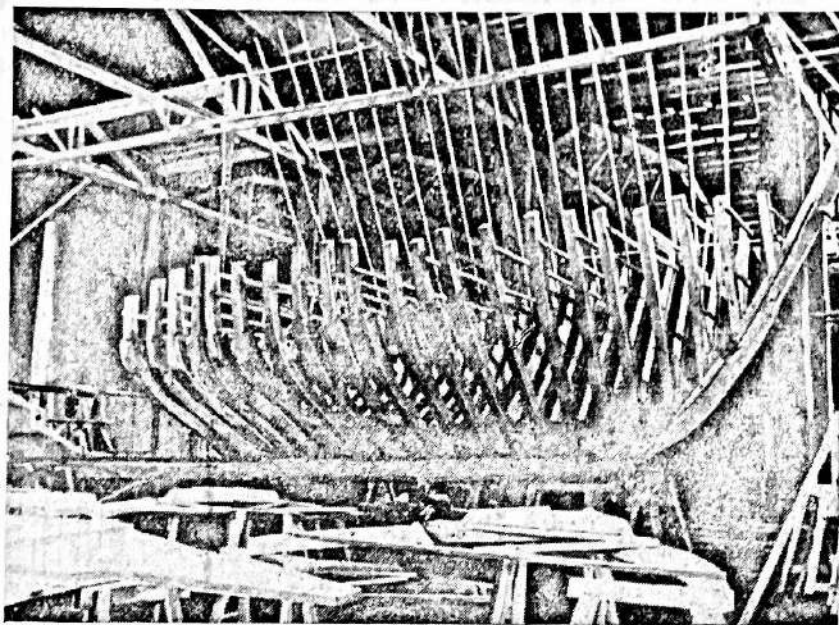


Рис. 58. Постройка судна с однорядными натесными шпангоутами.

Однорядные натесные шпангоуты применяются преимущественно на морских катерах и других судах небольших размеров и ограниченного района плавания, предназначенных для работы в более легких условиях, чем суда на корабельном (футоксовом) наборе. Для судов с ломаными обводами, помимо конструкции описанной выше шпангоутной рамы, характерна однослойная наружная обшивка на пазовых рейках, двух- или трехслойная — диагональная и обшивка из фанеры. Указанные обшивки могут быть выполнены более легкими, чем обыкновенная однослойная, что для судов небольших размеров, какими обычно строят суда с ломаными обводами, крайне важно. Так как рассматриваемые суда работают в более легких условиях, вероятность повреждения обшивки (а следовательно, необходимость ремонта) невелика, поэтому относительная сложность ремонта многослойных обшивок не является препятствием для их применения.

Что касается фанерной обшивки, то она возможна лишь при незначительной кривизне обводов судна (в данном случае — в поперечной плоскости), что и имеет место у судов с ломаными обводами. Естественно, что по весу фанерная обшивка наиболее выгодна.

В случаях, когда условия работы судна достаточно тяжелы, неза-

висимо от характера обводов следует предпочесть обыкновенную однослойную обшивку.

В заключение следует отметить, что постройка судов с ломаными обводами менее трудоемка, чем судов на корабельном наборе, а технология постройки значительно проще.

На судах с округлыми обводами натесные однорядные шпангоуты могут выполняться из кривослойного леса твердых пород — дуба, вяза и пр. Так же, как и при прямослойных однорядных шпангоутах, набор с кривослойными однорядными шпангоутами облегчает вес корпуса и требует меньше леса. На рис. 58 показана постройка судна с натесными однорядными шпангоутами.

Для увеличения прочности корпуса применяется комбинированная чередующаяся постановка натесных и гнутых или натесных и футоксовых шпангоутов. Недостатком набора с натесными однорядными шпангоутами из кривослоя является сложность заготовки большого количества кривослойного леса, поэтому постройка судов этого конструктивного типа не имеет промышленного значения.

Суда с гнутыми шпангоутами

Иллюстрацией конструкции корпуса судна с гнутыми шпангоутами может служить мидель-шпангоут морского служебно-разъездного катера (рис. 59). На рис. 60 показан гнутый набор небольшого мотобота с открытым грузовым трюмом.

Гнутые шпангоуты изготавливаются из брусков, которым искусственно придается кривизна по форме обводов судна. Сложность гнутья шпангоутов ограничивает их применение: гнутые шпангоуты применяются главным образом на круглоскулых судах с большим радиусом закругления скулы.

Суда с гнутыми шпангоутами имеют меньший вес и большую утилизацию внутреннего объема, обладают достаточной прочностью корпуса, а также устойчивостью и упругостью бортов. Гнутый набор, так же, как и набор судов с ломаными обводами, применяется, как правило, на небольших судах, не предназначенных для тяжелых условий работы. На таких судах, в сочетании с набором из гнутых шпангоутов, находят также применение многослойные конструкции наружной обшивки судна.

Кроме многослойной обшивки, на мелких судах применяется конструкция наборной обшивки. Наружная обшивка из фанеры у этих судов, как правило, не выполняется, из-за невозможности придать листам кривизну одновременно в двух плоскостях.

В связи со сложным изготовлением гнутых шпангоутов, постройка судов с гнутым набором ограничена. К судам данного типа относятся главным образом такие, у которых вес корпуса должен быть минимальным (различные шлюпки, разъездные и другие катера, боты, некоторые спортивные суда).

Суда баржевой постройки

Суда баржевой конструкции распространены в морском деревянном судостроении весьма ограниченно. Обычно это несамоходные буксируемые и стоечные суда, предназначенные для плавания в дельтах больших рек с выходом в предустьевую часть моря.

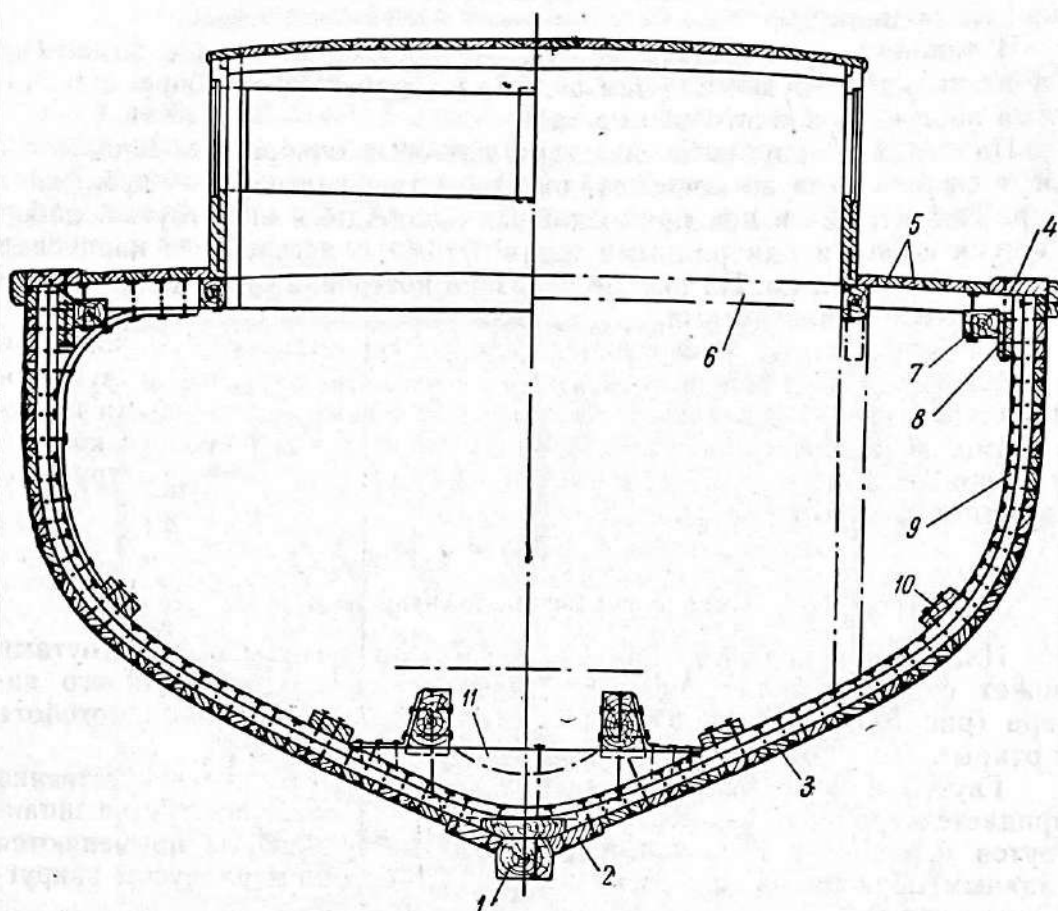


Рис. 59. Конструктивный мидель-шпангоут разъездного катера 13,8 × 3,62 × 2,10 м.
 1 — киль 200 × 140 мм (дуб); резенкиль 300 × 75 мм (дуб); 2 — шпунтовый пояс 50 × 200 мм (сосна); 3 — наружная обшивка (δ = 35 мм, сосна); 4 — ватервейс 50 × 200 мм (сосна); 5 — палубный настил (δ = 30 мм, сосна); 6 — бимс: по правке 65 мм, по лекалу в ДП 80 мм (сосна); 7 — шельф 90 × 120 мм (сосна); 8 — подбалочный брус 50 × 150 мм (сосна); 9 — шпангоут 30 × 50 мм два слоя (дуб); 10 — скуловой связной пояс 60 × 150 мм (сосна); 11 — флор 50 × 250 мм (сосна).

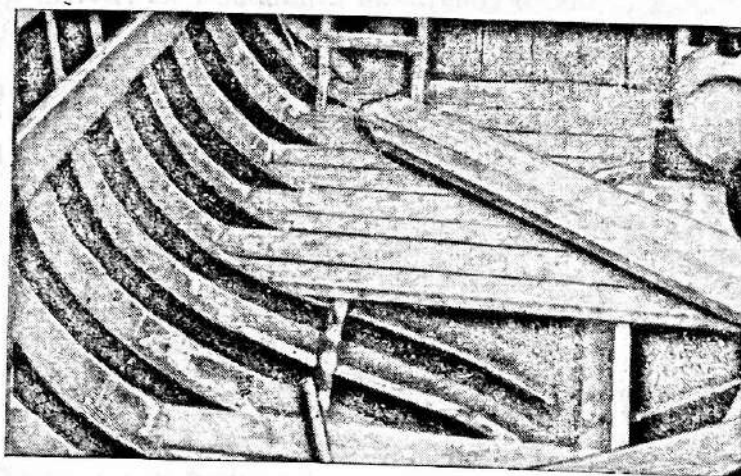


Рис. 60. Гну́тый набор.

Конструкция набора судов этого типа во многом отлична от описанных выше. Шпангоутная рама в пределах всей цилиндрической части судна имеет прямоугольную форму и состоит из одной днищевой, двух бортовых и одной палубной ветвей. Для обеспечения достаточной поперечной прочности по длине судна, помимо нормальных, устанавливают несколько усиленных (рамных) шпангоутов или поперечных ферм. Длина и ширина судов достаточно большие, осадка и высота борта сравнительно малые, поэтому для обеспечения продольной прочности внутри корпуса предусматривается установка одной или нескольких продольных ферм.

Наружная обшивка выполняется однослойной из досок, расположенных вдоль судна. Для достижения водонепроницаемости пазы и стыки досок конопатятся.

Постройка морских судов баржевой конструкции в настоящее время носит эпизодический характер.¹ Это объясняется сложностью заготовки крупносортаментного высококачественного лесоматериала и продолжительностью его сушки. Кроме того, деревянные суда больших размеров нерентабельны, ввиду сравнительно небольшой долговечности и относительно высокой стоимости постройки и эксплуатации. Наконец, потребность в таких судах весьма ограничена, тем более, что даже стоечные суда экономически более эффективны при постройке их железобетонными или металлическими.

§ 9. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ СВЯЗЕЙ (ОБШИВКИ И НАБОРА)

Выше были рассмотрены особенности конструкции корпуса судов различных типов и указаны области их применения. В настоящее время практическое значение имеет постройка судов только первых трех конструктивных типов, а именно на корабельном (футоксовом) наборе, с натесными однорядными шпангоутами и с гнутым набором. Далее рассматриваются конструкции, характерные для упомянутых типов, а также нагельные средства крепления, надежность которых проверена многолетней практикой постройки и эксплуатации морских деревянных судов, и возможность применения склеивания в этих конструкциях.

В последние годы склеивание широко применяется в деревянном судостроении и во многом способствует его развитию и совершенствованию. В § 10 приведено описание некоторых судов клееной конструкции, построенных в последние годы, и указаны их особенности и преимущества.

Штевни, дейдвуды, связи кормового подзора

Форштевень

Форштевень на небольших судах выполняется из одного, а на более крупных — из двух вертикальных или несколько наклоненных вперед брусьев. Если форштевень выполнен из двух брусьев, первый называется стем, а второй — фальстем (рис. 61). При значительных размерах судна могут возникнуть затруднения в подборе для форштевня

¹ При проектировании и постройке морских судов баржевой конструкции следует руководствоваться Правилами постройки несамоходных судов внутреннего плавания СССР Речного Регистра СССР, 1950 г. Описание конструкции см. Н. К. Дор м и д о н - т о в, Конструкция и устройство судов внутреннего плавания, ч. I, Водтрансиздат, 1953.

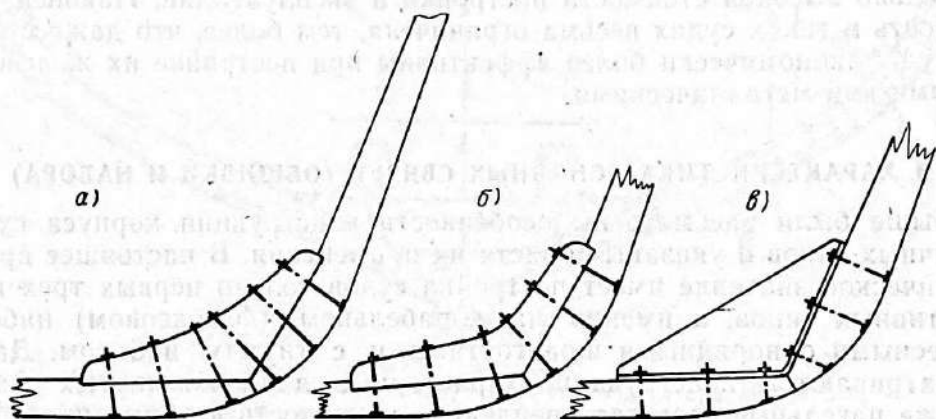
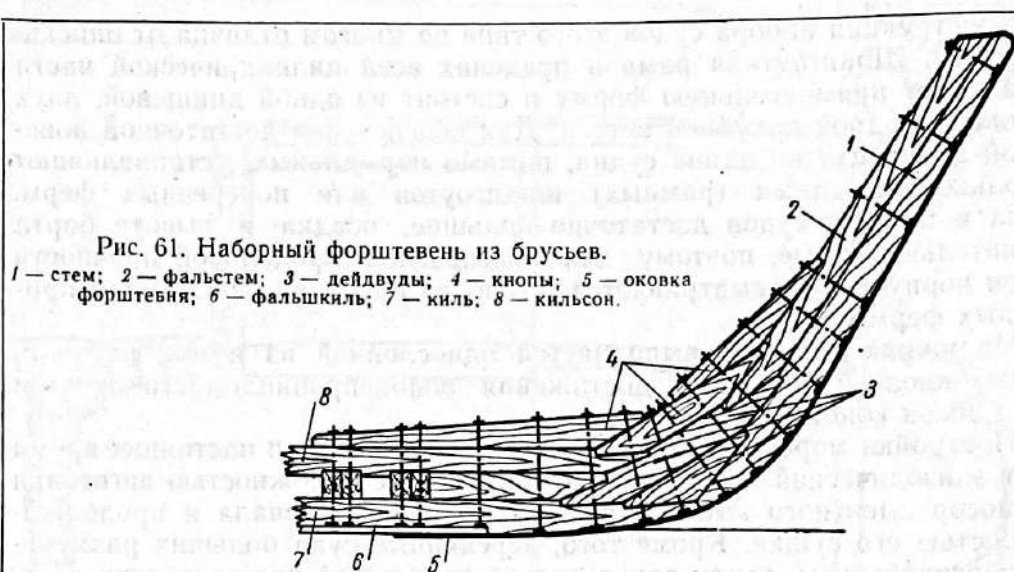


Рис. 62. Соединение форштевня с килем кницами.

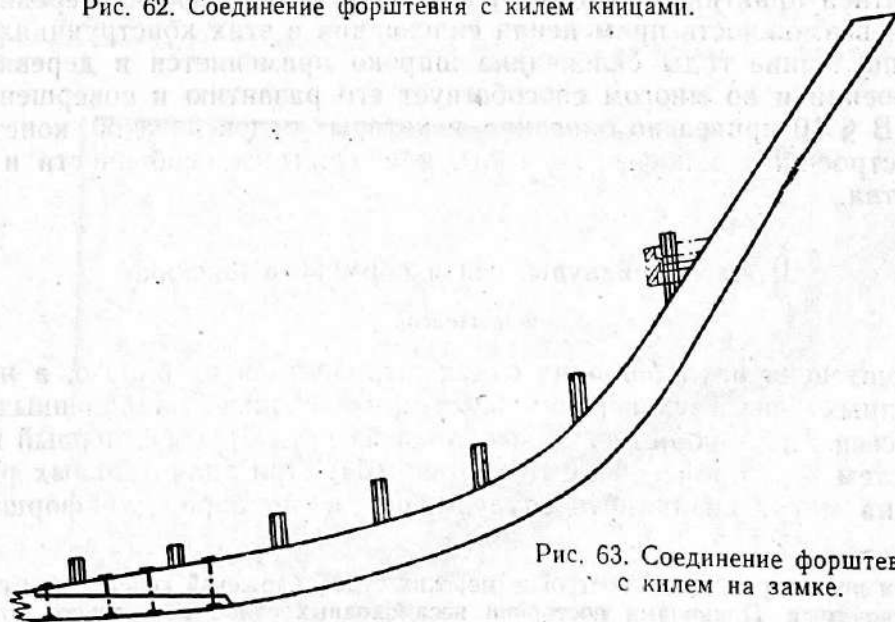


Рис. 63. Соединение форштевня с килем на замке.

бревен нужных длины и диаметра, поэтому допускается устройство стема из двух частей, соединенных косым замком.

Так как форштевень в районе ватерлинии наиболее подвержен ударам и повреждениям, его замок следует располагать не в районе возможных ватерлиний судна, а как можно выше ватерлинии, соответствующей максимальной осадке.

Брусья форштевня соединяются между собой, а также с килем и кильсоном при помощи коротких брусьев — дейдвудов и кнопов и болтами. Дейдвуды соединяют форштевень с килем, а кнопы с кильсоном. На небольших судах длиной до 15—18 м применяют соединение форштевня с килем без дейдвудных брусьев, заменяя их простой кноповой кницей (рис. 62, а), кокорной кницей (рис. 62, б) или металлической кницей (рис. 62, в). Так как такое соединение значительно слабее, оно не может быть рекомендовано для судов, предназначенных выполнять тяжелые работы, например буксирных или промысловых, форштевень которых постоянно подвергается ударным нагрузкам. Что касается выбора кнопочного соединения (в тех случаях, когда оно возможно), то следует учесть успешную замену деревянных книц металлическими сварными. При металлических кницах обматывание болтовых отверстий, а также самой кницы под гайками и шайбами болтов исключается, при деревянных кницах эти деформации имеют место, а следовательно, узел расшатывается быстрее.

Можно непосредственно соединять форштевень с килем при помощи замка (рис. 63), когда форштевень выполнен гнутым из твердых пород леса, гнутым клееным или из кривослойного леса.

Для соединения концов досок наружной обшивки с форштевнем выбирается углубление — шпунт. Минимальная толщина бруса форштевня между выбранными шпунтами, а также ширина шпунта должны быть не менее двойной толщины обшивки (рис. 64). При толщине обшивки до 50 мм ширина шпунта принимается равной 100 мм.

У мелких морских судов типа катеров и ботов, имеющих сравнительно тонкую наружную обшивку, ширина шпунта и толщина бруса форштевня между выбранными шпунтами может быть меньше 100 мм, однако во всех случаях она должна равняться не менее чем 2,5 толщины обшивки и только для быстроходных катеров облегченного типа может быть равна двум толщинам обшивки. Если обшивка выполнена в два или три слоя, учитывается ее общая толщина.

При фанерной обшивке размеры шпунта и штевня такие же, как при обшивке из досок.

Боковые грани форштевня, для придания ему более обтекаемой формы, несколько стесываются, а передняя кромка защищается стальной полосой — оковкой, простирающейся, как правило, по всей высоте форштевня и перекрывающей киль не менее чем на одну-две шпации. Рекомендуемые сечения оковок для различных судов длиной от 10 до 40 м приведены в табл. 17.

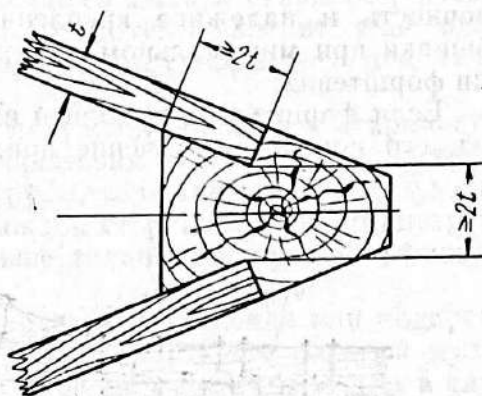


Рис. 64. Соединение наружной обшивки с форштевнем.

Форштевни криволинейной формы в последнее время набираются из слоев тонких досок, склеиваемых по пласти. Каждый слой, в свою очередь, можно склеивать из нескольких досок по длине и ширине. Форштевень клееной конструкции представлен на рис. 65.

Материалом для форштевня служат сосновые бруссы. Передний брус форштевня — стем, наиболее подверженный ударам и другим механическим повреждениям, рекомендуется выполнять из твердой породы (дуб).

На мелких судах типа катеров и ботов, независимо от условий их работы, также желательно иметь форштевень из твердых пород леса, что позволяет обеспечить достаточную прочность и надежное крепление наружной обшивки при минимальном поперечном сечении форштевня.

Если форштевень выполнен из мягких пород, его поперечное сечение приходится уве-

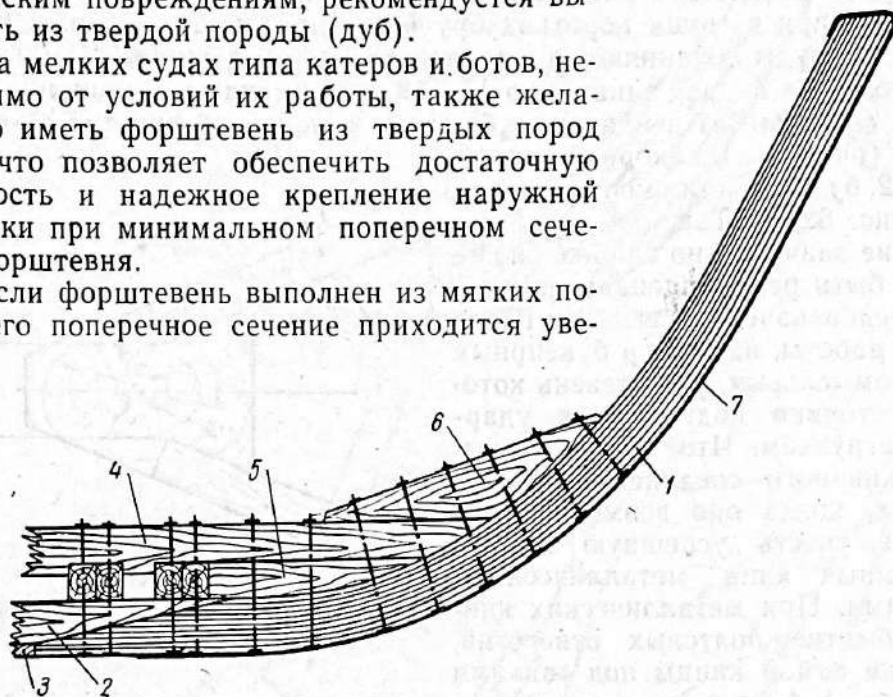


Рис. 65. Форштевень клееной конструкции.

1 — форштевень; 2 — киль; 3 — фальшкиль; 4 — кильсон; 5 — дейдвуд;
6 — кноп; 7 — оковка форштевня.

личивать. При выполнении форштевня клееным из досок мягких пород следует ставить два-три наружных слоя досок из дуба.

Таблица 17

Рекомендуемые сечения оковок форштевня

Длина судна, м	Сечение полосы, мм		Длина судна, м	Сечение полосы, мм	
	для легких судов (типа катеров)	для остальных судов		для легких судов (типа катеров)	для остальных судов
До 10	3 × 15	—	До 35	—	12 × 100
15	4 × 20	4 × 40	45	—	14 × 120
25	8 × 30	8 × 60			

Ахтерштевень и связи кормового подзора

Ахтерштевень (старнпост) на небольших судах выполняется из одного, а на более крупных судах — из двух вертикальных брусев. Второй (передний) брус старнпоста называется фальстарнпост. Старнпост и фальстарнпост врезаются шипами в килевой брус и соединяются

с ним стальной сварной кницей, в каждую ветвь которой ставится не менее трех болтов.

На малых судах старнпост не доводится до верхней палубы, а присоединяется с помощью книц к центральному наклонному брусу кормового подзора, так называемому контртимберу (рис. 66).

На более крупных судах старнпост и фальстарнпост доводятся до верхней палубы и крепятся болтами с бимсами и подпалубными балками (рис. 67). В этом случае контртимбер упирается в старнпост, а по бокам контртимберса накладываются дополнительные брусья — горнтимберсы, которые, простираясь от палубы, охватывают с обеих сторон ахтерштевень, а затем набор кормовых дейдвудных брусьев. На этих же судах, помимо кницы, крепящей киль и старнпост, ахтерштевень к набору кормовых дейдвудных брусьев крепит еще одна кница, которую устанавливают на верхний брус кормового дейдвуда. Вся конструкция крепится болтами.

Для присоединения концов досок наружной обшивки к старнпосту, в нем выбирается шпунт, как и для форштевня. В местах выхода гребного вала, т. е. в районе дейдвудной трубы, толщина старнпоста увеличивается с таким расчетом, чтобы с каждой стороны трубы до внутренней кромки шпунта она была не меньше толщины наружной обшивки (рис. 68).

Следует также иметь в виду необходимость усиления или подкрепления ахтерштевня (контртимберса) в месте прохода баллера руля. Обычно такое усиление достигается установкой горнтимберсов, а в случае их отсутствия — дополнительных боковых коротких накладок (брусков), подкрепляющих контртимберс в районе баллера руля. В настоящее время рудерпост, как правило, выполняется стальным, а не наборным из деревянных брусьев. В тех случаях, когда руль судна навесной на петлях, стальной рудерпост крепится болтами к корпусу судна коваными или сварными кницами (рис. 69).

На судах старой постройки для крепления ахтерштевня с килем и дейдвудами применялись деревянные кокорные кницы; в настоящее время, ввиду дефицитности и дороговизны кокорного леса, они успешно заменены металлическими. О преимуществе металлических книц уже сказано ранее.

Ахтерштевень может быть также монолитной клееной конструкции. Обычно в конструкции ахтерштевня нет большой кривизны и толщина склеиваемых досок может быть сравнительно большой (30—50 мм). Доски склеиваются по пласти, а при большой ширине ахтерштевня — и по кромкам. Клееный ахтерштевень соединяется с килем стыковым усоединением и болтами. Вариант конструкции клееного ахтерштевня на морском судне длиной около 22 м представлен на рис. 70.

На судах типа катеров транец соединяется с развитым набором кормовых дейдвудных брусьев, которые одновременно являются связями кормового подзора. Естественно, что в каждом отдельном случае конструкция кормового набора и дейдвудных брусьев обуславливается обводами в кормовой части судна и положением линии вала.

На двухвинтовых или трехвинтовых судах, помимо установки дейдвудных брусьев в диаметральной плоскости, их устанавливают и в районах выхода из корпуса бортовых валов. Бортовые дейдвудные брусья перерезают шпангоуты и соединяются с ними кницами. На рис. 71 показан набор кормового диаметрального дейдвуда, выполненного из нескольких уложенных один на другой брусьев, скрепленных болтами,

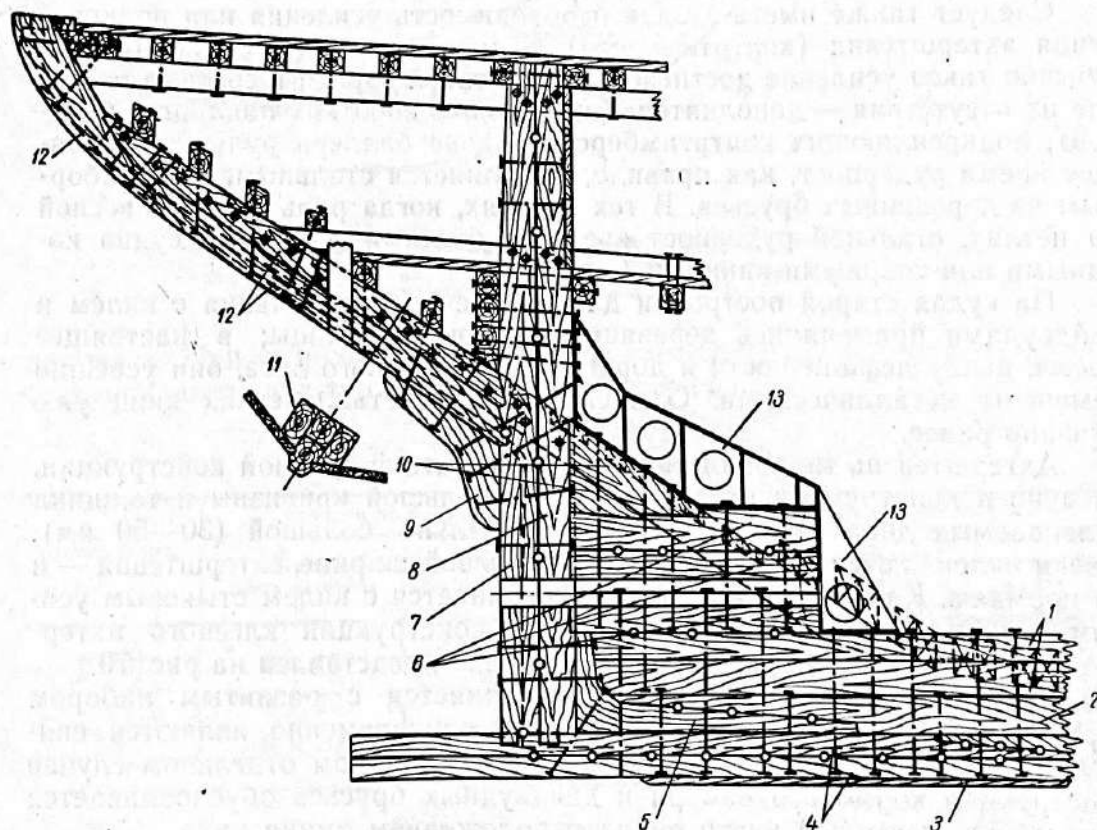
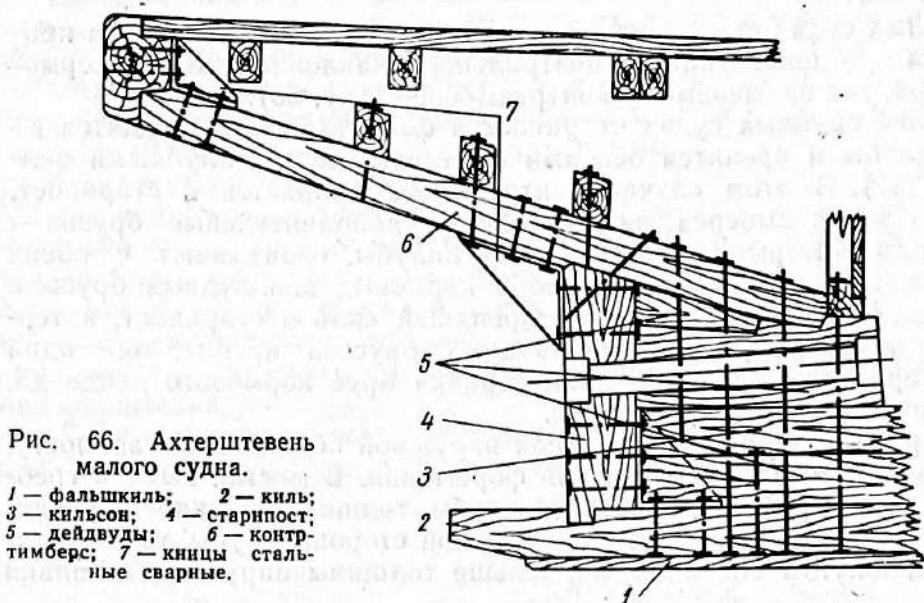


Рис. 68. Соединение наружной обшивки с ахтерштевнем в районе дейдвудной трубы.

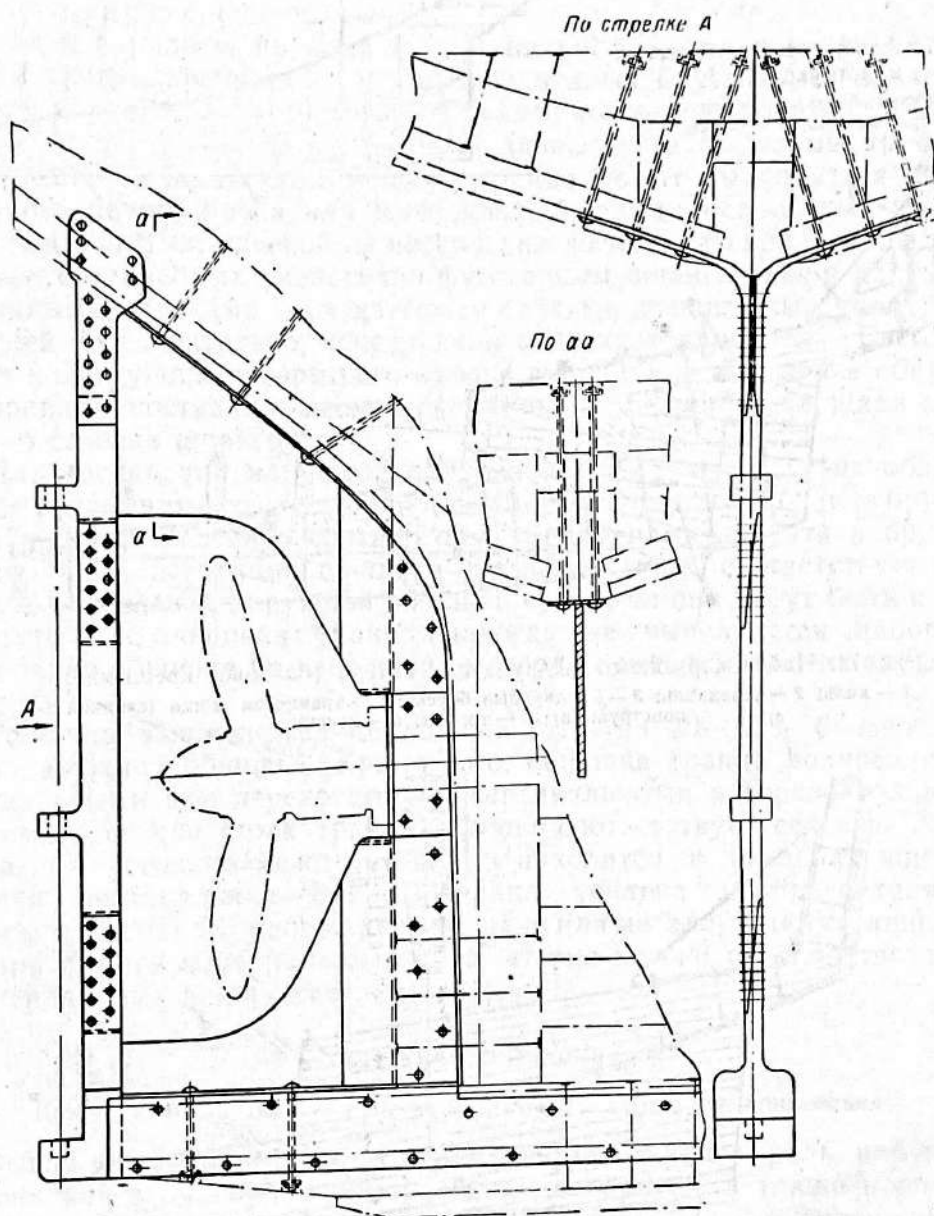
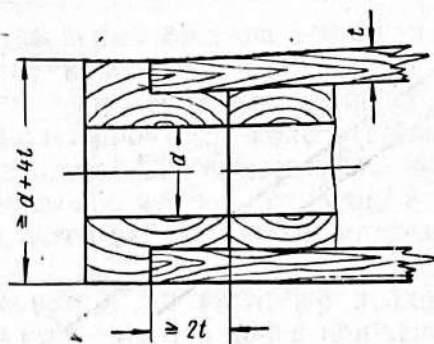
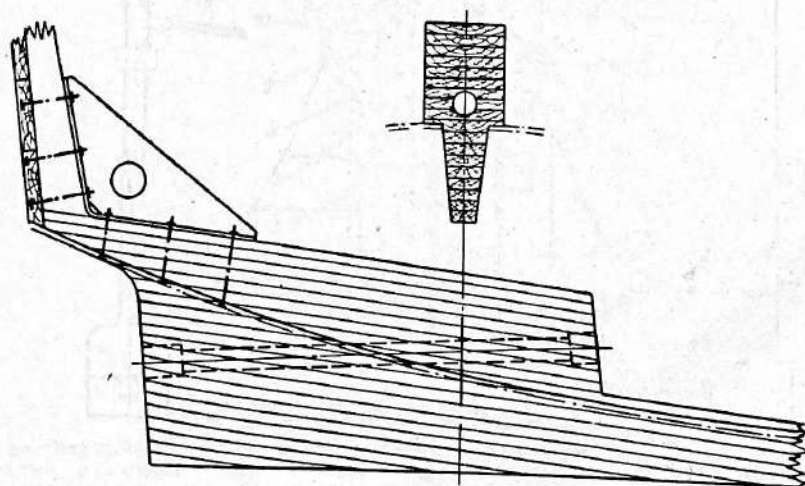
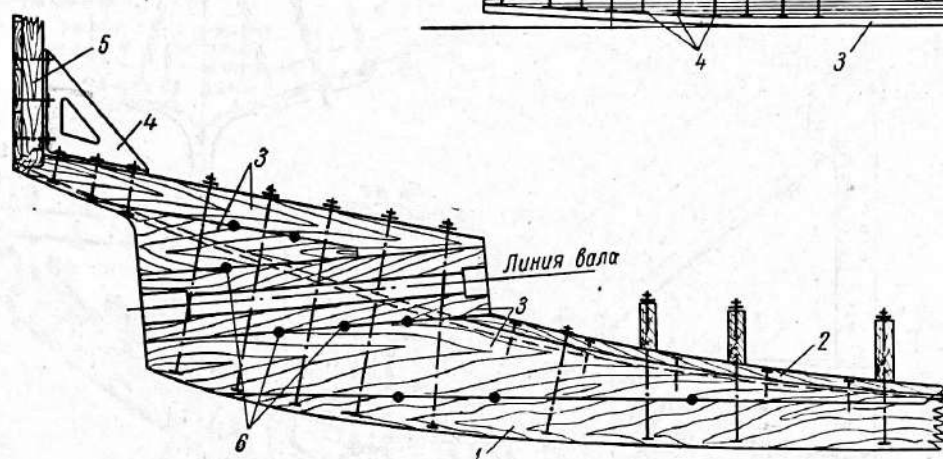
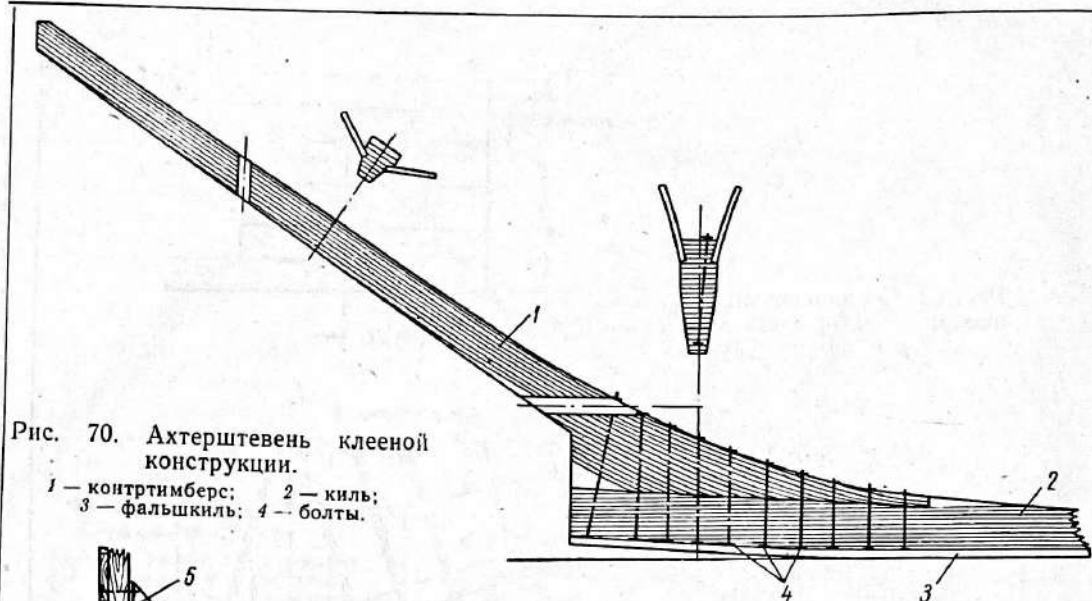


Рис. 69. Крепление стального рудерпоста к корпусу судна.



причем по плоскостям сопряжений отдельных брусьев дейдвуда предусмотрена постановка цилиндрических коксов. Врезка одного бруса в другой, в сочетании с поставленными по плоскостям соединений шпонками или коксами, значительно повышает прочность конструкции и предотвращает ее расшатывание, а следовательно — появление водотечности. Последнее особенно важно, учитывая, что корпус судна в районе кормового подзора все время подвергается вибрационным нагрузкам от вращения вала и гребного винта.

На рис. 72 показана клееная конструкция этого же дейдвудного набора. Киль также клееный, причем его кормовой конец при выклеивании несколько изогнут вверх, что позволило избежать в наборе дейдвуда коротких перетесанных досок.

Как в варианте, представленном на рис. 71, так и в варианте на рис. 72 транец крепится к набору дейдвудных брусьев металлической сварной кницей на болтах. Обычно транец состоит из обвязки, обшивки и подкрепляющих обшивку стоек. В зависимости от формы транца и конструкции набора судна обвязка транца может выполняться гнутой из одного целого бруса или нескольких брусьев, соединенных заклепками или болтами; клееной из нескольких досок; натесной из отдельных брусьев, соединенных аналогично футоксовым шпангоутам, и для судов с ломаными обводами — из натесных брусьев, соединенных вполдерева и кницей. Следовательно, конструкция обвязки транца обычно соответствует конструкции поперечного набора судна. Однако сечение обвязки, как правило, составляет не менее полуторной величины площади поперечного сечения шпангоута.

Для соединения наружной обшивки с транцем в брусьях обвязки транца рекомендуется делать шпунт. Ширина шпунта и толщина брусьев обвязки определяются в соответствии с размерами шпунта в брусьях форштевня. Конструкция обшивки транца обычно соответствует конструкции остальной наружной обшивки судна, но они могут быть и различными (так, обшивка транца никогда не выполняется наборной, а наружная обшивка на небольших моторных катерах и ботах зачастую наборная).

Толщина обшивки транца должна быть на 30—40% больше толщины наружной обшивки. Кроме того, обшивка транца подкрепляется вертикальными или перекрестными вертикальными и горизонтальными стойками. Сечение стоек транца обычно соответствует сечению шпангоутов, а расстояние между стойками находится в пределах шпации. Средняя вертикальная стойка транца усилена и присоединяется к брусьям кормового набора деревянными или металлическими кницами.

При выборе материала для ахтерштевня можно руководствоваться рекомендациями для форштевня.

Наружная обшивка

Конструктивные типы наружной обшивки и область их применения

Выше уже рассмотрено в общих чертах, какова роль наружной обшивки как водонепроницаемой оболочки корпуса, а также в обеспечении прочности судна. При общем продольном изгибе в днищевой обшивке возникают главным образом нормальные напряжения, а в бортовой — касательные.

Продольные усилия, воспринимаемые досками обшивки, передаются при растяжении через болты, гвозди, нагели и другой крепеж,

с помощью которого доски крепятся к набору судна, а при сжатии — через торцы досок в стыках и частично — через тот же крепеж.

В практике морского деревянного судостроения различают следующие конструктивные типы наружных обшивок:

одинарная вгладь — из одного слоя продольно расположенных досок (см. рис. 73);

одинарная — с рейками по пазам (см. рис. 82);

одинарная внакрой — наборная из одного слоя продольно расположенных досок с перекроем пазов (см. рис. 85);

многослойная — из двух или трех слоев досок с различным расположением слоев (см. рис. 86—88);

фанерная — из одного или двух слоев бакелизированной фанеры.

Конструкция одинарной наружной обшивки вгладь, исходя из условий достаточной прочности и обеспечения надежной конопатки, требует применения более толстого пиломатериала. Этот тип наружной обшивки применяется на судах, для которых экономия в весе корпуса не имеет решающего значения, так как он наименее трудоемок в изготовлении и ремонте. Последнее очень существенно для данных судов ввиду значительной вероятности повреждения обшивки.

Остальные типы наружной обшивки применяются на работающих в более легких эксплуатационных и навигационных условиях судах, обычно с гнутым или натесным однослойным набором.

Ниже приведена толщина различных типов обшивки, установленная относительно толщины одинарной обшивки вгладь, принятой за единицу:

Обшивка одинарная вгладь	1,0
» на пазовых рейках и наборная	0,85
» многослойная	0,80
» одинарная из бакелизированной фанеры	0,40
» двухслойная	0,55

Руководствуясь при проектировании деревянных судов перечисленными выше условиями и требованиями, выбирают конструкцию наружной обшивки, учитывая тип судна, его назначение, главные размерения, район и условия плавания и производственные возможности верфи-строителя.

Одинарная обшивка вгладь

Конструкция одинарной обшивки вгладь наиболее типична для судов с футоксовым набором (рис. 73 и 74). В этом случае как бортовая, так и днищевая обшивки состоят, в основном, из досок одинаковой толщины. Исключение составляют несколько утолщенных поясьев бортовой обшивки, расположенных у палубы судна, называемых бархоутом, и один — три утолщенных пояса днищевой обшивки у киля, называемых шпунтовыми поясьями.

Практикой постройки морских деревянных судов, в соответствии с формой обводов и соотношением главных размерений, а также с условиями их работы на взволнованном море выработан ряд рекомендаций для определения размеров досок обшивки, разгона их стыков, количества, вида и порядка размещения крепежных средств и т. д. Эти рекомендации нашли свое отражение в Правилах Морского Регистра СССР по постройке морских деревянных судов.

Обычно ширина досок наружной обшивки равна не более $150 + \frac{t}{2}$, где t — толщина доски, мм. Длина отдельных досок обшивки в средней части судна принимается для бархота и шпунтовых поясов не менее 18 шпаций, а для прочей обшивки — не менее 15 шпаций. Рекомендуемые средние значения величины шпаций приведены в табл. 18.

В настоящее время при внедрении склеивания необходимую длину досок обшивки можно получать, склеивая их из двух-трех более коротких досок. Стыки досок обшивки по возможности разгоняются.

Для судов с отношением $L : H = 8$ и более стык на одном и том же шпангоуте может приходиться лишь через четыре пояса, т. е. в каждом пятом поясе, а стыки двух соседних поясов должны отстоять один от другого не ближе, чем на три шпангоутных расстояния. Стыки двух поясов, между которыми проходит один целый пояс, должны отстоять один от другого по длине не менее чем на два шпангоутных расстояния. На рис. 75 показана возможная схема разгона стыков наружной обшивки.

В оконечностях длина досок обшивки может уменьшаться до 70% длины досок в средней части судна. Могут быть также понижены требования и к разгону стыков отдельных досок.

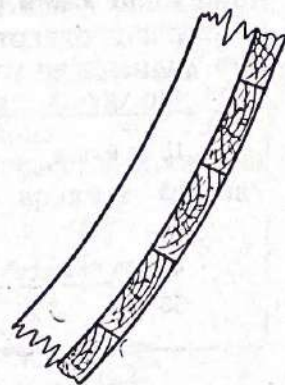


Рис. 73. Однослойная обшивка вгладь.

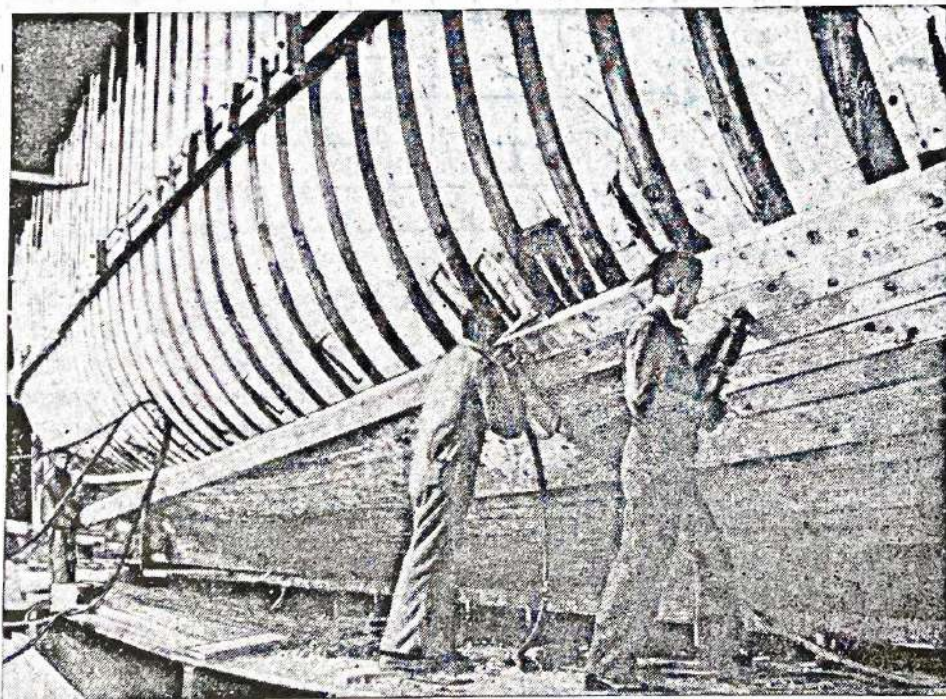


Рис. 74. Постройка судна с одинарной обшивкой вгладь.

Доски обшивки крепятся к шпангоутам болтами, деревянными нагелями и корабельными гвоздями. Различают простое и полуторное крепление. Простым считается такое, когда каждая доска на каждом

шпангоуте имеет два крепления, причем при футоксовом наборе в каждый ряд футоксов приходится по одному креплению (рис. 76).

Таблица 18

Размеры шпаций в зависимости от длины судна

Длина судна, м	Шпация, мм
15 и менее	370
25	470
35	560
45	640
55	700

Полуторным креплением считается такое, когда каждая доска на каждом шпангоуте имеет три крепления; при футоксовом наборе крепления ставятся попеременно: по одному и по два через доску в каждый ряд футоксов (рис. 77).

Простое крепление разрешается при ширине доски до 180 мм включительно. При большей ширине доски необходимо ставить полуторное крепление.

Правилами Морского Регистра установлен обязательный процент сквозных креплений болтами и нагелями, в зависимости от размеров судна. Так, в досках бархоута ставится:

— на судах длиной до 20 м включительно — нагелей 0%, болтов — по одному в каждое четвертое дерево набора;

— на судах длиной 30 м включительно — нагелей и болтов 40%, в том числе болтов не менее чем по одному в каждое третье дерево набора;

— на судах длиной свыше 30 м — нагелей и болтов 50%, при этом на судах длиной до 35 м включительно болты должны ставиться не менее чем по одному в каждое третье дерево набора, а для судов большей длины — не менее чем по одному в каждое второе дерево набора.

Для остальной наружной обшивки сохраняется тот же процент сквозных креплений, что и для бархоута, однако болтовых креплений может быть меньше, а именно: в обшивке на скуле

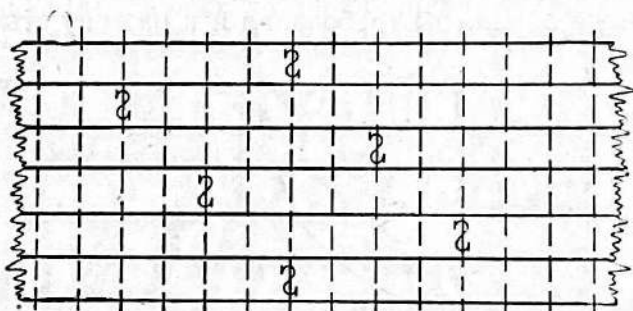


Рис. 75. Схема разгона стыков обшивки.

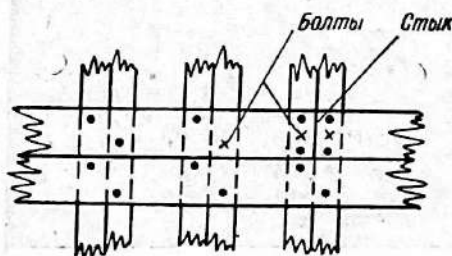


Рис. 76. Простое крепление.

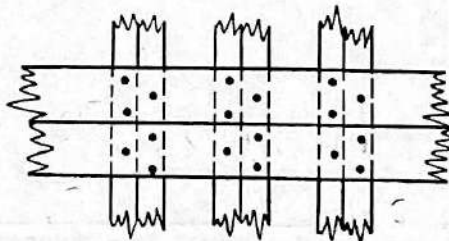


Рис. 77. Полуторное крепление.

против скуловых связных поясьев каждый пояс на протяжении 70% длины судна в средней части должен крепиться не менее чем одним болтом в каждое пятое дерево набора; прочие поясья обшивки по днищу

и выше скулы до бархоута должны крепиться не менее чем одним болтом в каждое седьмое дерево набора.

Каждый конец доски у стыка должен крепиться двумя корабельными гвоздями и одним сквозным болтом. Кроме того, должен ставиться второй болт в ближайшее дерево соседнего шпангоута. При недостатке места у стыка, оба болта могут быть поставлены в ближайшее дерево соседнего шпангоута, а у стыка размещено только два гвоздя.

Сквозные болты у стыков, а также сквозные болты внутренних продольных связей и другие болты, проходящие через наружную обшивку, входят в упомянутый выше процент сквозных креплений.

Чтобы избежать раскалывания шпангоутных деревьев, а также досок обшивки, все крепления должны осуществляться вразмет (в шахматном порядке) и отстоять от кромки доски обшивки и бруса шпангоутного дерева не менее чем на 0,25—0,3 их ширины. Кроме того, раска-

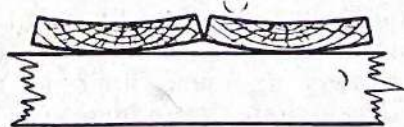


Рис. 78. Коробление досок обшивки при установке сердцевинной от набора.

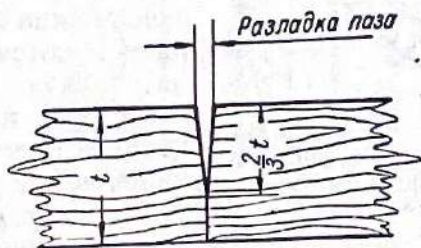


Рис. 79. Разладка стыка или паза для конопатки.

лывание досок и брусьев предотвращается тем, что перед постановкой крепежных средств для них предварительно высверливают отверстия, которые на 2—3 мм меньше, чем сечения забиваемых гвоздей, и на 1—2 мм меньше диаметра забиваемых болтов и нагелей.

Доски обшивки обязательно должны быть плотно пригнаны сердцевинной частью к набору. Такое расположение способствует меньшей изнашиваемости обшивки при механических воздействиях, а также предотвращает раскрытие пазов при набухании древесины (рис. 78). Для надежного крепления наружной обшивки к набору корпуса необходимы гвозди достаточной длины. Считается, что для достаточного сопротивления выдергиванию и сдвигу гвоздь должен проникать в брус набора примерно на полуторную толщину прибиваемой доски и, следовательно, длина его должна равняться приблизительно 2,5 толщины досок обшивки.

Для достижения непроницаемости пазы и стыки обшивки конопатятся, а под головки гвоздей и болтов обязательно подматывается смольная пакля. Чтобы конопатка была надежной, пазы обшивки выполняются с разладкой на глубину $\frac{2}{3}$ толщины доски (рис. 79). Величина разладки по ширине доски составляет примерно 6% толщины доски, но не должна быть меньше 3 и больше 7 мм.

Приведенные выше данные относятся к однослойной наружной обшивке сравнительно крупных судов на футоксовом наборе. Обшивка этого типа может применяться также на небольших судах с однорядными натесными или гнутыми шпангоутами. В этом случае, учитывая более легкую конструкцию набора судна и меньшую толщину самой обшивки, требования к разгону стыков обшивки, способам ее крепления и т. д. должны быть несколько снижены, причем длина досок обшивки

в средней части судна устанавливается не менее 16 шпаций, а шпация принимается равной 5—10 толщинам обшивки (первая цифра относится к судам тяжелого типа).

Ширина поясьев обшивки для толщин 20 мм и менее ограничивается 120—140 мм, а для скуловых поясьев — 90 мм. Кроме того, при малых радиусах закругления скулы в досках обшивки изнутри выбирается желоб, глубина которого не должна превышать $0,4t$, где t — толщина обшивки (рис. 80).

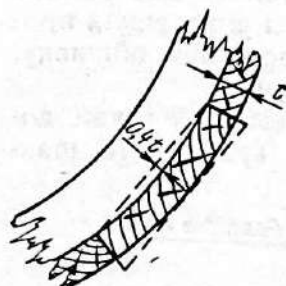


Рис. 80. Доска наружной обшивки с выбранным желобом.

Обшивка крепится к шпангоутам, как правило, заклепками, а при толщине свыше 30 мм — болтами. Гвозди для крепления обшивки применяются лишь на тяжелых судах длиной 12 м и более. При однорядных шпангоутах устройство стыка на шпангоуте невозможно из-за его малой ширины, поэтому стыки размещаются между шпангоутами и выполняются на планках.

Стыки поясьев разгоняются с таким расчетом, чтобы в одной и той же шпации они приходились не чаще, чем через три пояса. Стыковые планки обычно выполняются из дерева твердой породы, из бакелизированной фанеры, или металлические. Ширина стыковой планки, как правило, примерно на $\frac{2}{3}$ шире стыкуемого пояса, длина — по величине шпаций, но не свыше десяти толщин соединяемых досок. На рис. 81 показаны возможные варианты стыкования обшивки на планках. Вариант на рис. 81, б наиболее прост в изготовлении и применяется чаще.

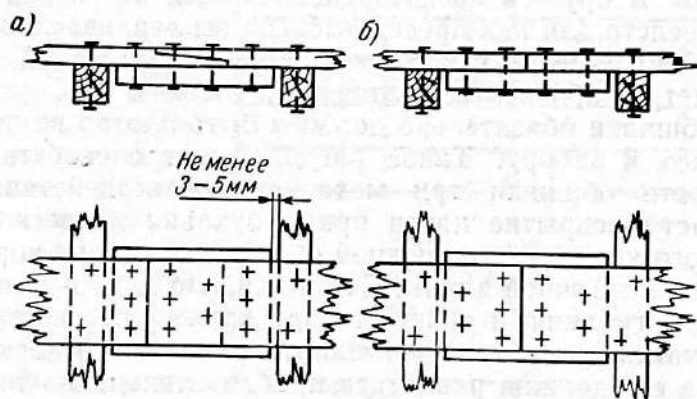


Рис. 81. Стыкование обшивки на планках: а — с замком; б — без замка.

В заключение следует остановиться на некоторых особенностях изготовления однослойной наружной обшивки. На судах баржевой конструкции, строящихся с прямостенными бортами, плоским днищем и большой цилиндрической вставкой, наружную обшивку можно выполнять из чистообрезных досок, обрабатываемых на обычных деревообделочных станках. Этим достигается большая экономия рабочей силы и резко повышается коэффициент использования судостроительного пиломатериала. Поверхность же корпуса морских деревянных судов, как правило, не разворачивается на плоскость, поэтому и заготовка и постановка досок наружной обшивки усложняются, так как доски в заго-

товке получают криволинейными и вытесываются или выпиливаются из необрезных досок. Однако и для судов с лекальными обводами корпуса, не имеющих цилиндрической вставки, при рациональной разметке поясьев можно изготавливать большую часть обшивки из чистообрезных досок. Такой способ, основанный на расположении поясьев обшивки по так называемым геодезическим линиям, был предложен корабельным инженером Д. Н. Николаевым. Описание способа приведено в гл. V.

Обшивка на пазовых рейках и наборная

Конструкция обшивки на пазовых рейках показана на рис. 82. Толщина пазовой рейки обычно принимается равной толщине обшивки, а если рейки выполнены из леса твердой породы (дуба), то равной $0,8t$ (t — толщина обшивки). Ширина рейки принимается равной трем толщинам. Рейки могут врезаться в шпангоуты (рис. 82, а) или устанавливаться под ними при условии заполнения зазора между обшивкой и шпангоутом сухарями (рис. 82, б). Возможна также конструкция, при которой шпангоуты врезаются в рейки (рис. 82, в). В этом случае шпангоуты должны быть тонкие (гну-тые), а рейки — высокие и, как правило, трапецевидной формы.

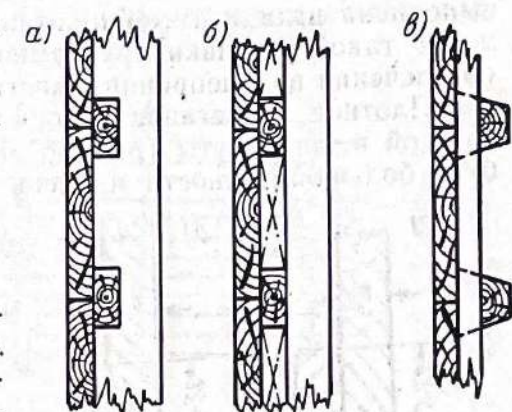


Рис. 82. Обшивка на пазовых рейках.



Рис. 83. Моторный бот с наборной обшивкой.

По пазам доски обшивки крепятся к пазовым рейкам заклепками или шурупами, с шагом 60—100 мм (меньший шаг для обшивки толщиной 10 мм, больший — для обшивки толщиной 30 мм). Обшивку можно также приклеивать к рейке. Кроме крепления к рейкам, каждая доска обшивки крепится к шпангоутам не менее чем двумя заклепками или шурупами.

Водонепроницаемость обшивки на пазовых рейках при толщине до 25 мм достигается без конопатки, так как обшивка устанавливается на белилах, сурике или на прокладке из ткани; при толщине досок свыше 25 мм обшивку в подводной части следует конопатить. Значительно труднее добиться водонепроницаемости обшивки, выполненной аналогично изображенной на рис. 82, в. В этом случае требуется особое внимание на тщательную пригонку паза в районе шпангоутов и эти места конопатить.

Наборная обшивка (рис. 83) осуществляется наложением по пазам одного пояса на другой на 1,5—2,0 толщины доски. Эта кон-

струкция может быть выполнена без фаски или с фаской (рис. 84). У штевней обшивка должна быть выполнена вгладь. В обоих случаях это достигается постепенным скашиванием внутренней кромки доски на ус.

Для судов облегченного типа подводная часть обшивки может быть выполнена вгладь путем пригонки пазов (рис. 85, а), однако изготовление такой обшивки трудоемко и требует особой тщательности для обеспечения водонепроницаемости.

Плотное прилегание наборной обшивки к шпангоутам достигается врезкой в шпангоуты (рис. 85, б). Выполнение таких шпангоутов требует большой точности и очень трудоемко, что весьма ограничивает

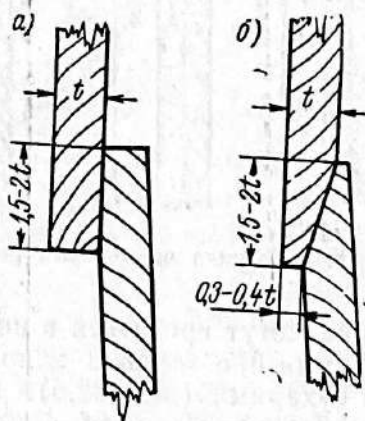


Рис. 84. Наборная обшивка: а — без фаски; б — с фаской.

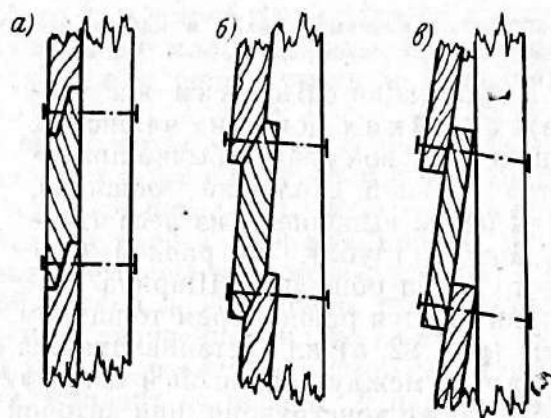


Рис. 85. Наборная обшивка: а — вгладь; б — с врезкой в шпангоуты; в — с клиновидными прокладками.

применение наборной обшивки в морском судостроении (спасательные шлюпки).

Вместо врезки обшивки в шпангоуты иногда применяется установка клиновидных прокладок (рис. 85, в). Эта конструкция не обладает достаточной прочностью и может применяться в исключительных случаях с особого разрешения Регистра СССР.

Пазы наборной обшивки скрепляются заклепками; шаг заклепок тот же, что и для обшивки на пазовых рейках. Крепится наборная обшивка к шпангоутам по пазу одновременно через оба пояса. Наборная обшивка не требует конопатки, за исключением шпунта киля.

Величина шпации, как и при обшивке на пазовых рейках, принимается в пределах от 6 до 12 толщин обшивки. Для судов облегченной конструкции с обшивкой на пазовых рейках величина шпации может быть увеличена до 35 толщин обшивки.

Устройство стыков для обоих видов обшивок, а также требования о разгоне стыков аналогичны изложенным для обшивки вгладь. Стык пазовой рейки учитывается так же, как и стык пояса обшивки.

Многослойная обшивка

Могут быть выполнены следующие типы многослойной обшивки:

а) двухслойная продольная (из двух продольных слоев досок одинаковой ширины, расположенных так, чтобы паз одного слоя приходился по середине ширины другого слоя, рис. 86);

б) диагонально-продольная двухслойная (из внутреннего диагонального и наружного продольного слоя, рис. 87);

в) диагонально-продольная трехслойная (из двух внутренних диагональных, взаимно-перекрещивающихся слоев, и наружного продольного слоя);

г) двухслойная диагональная (из двух диагональных взаимно-перекрещивающихся слоев, рис. 88).

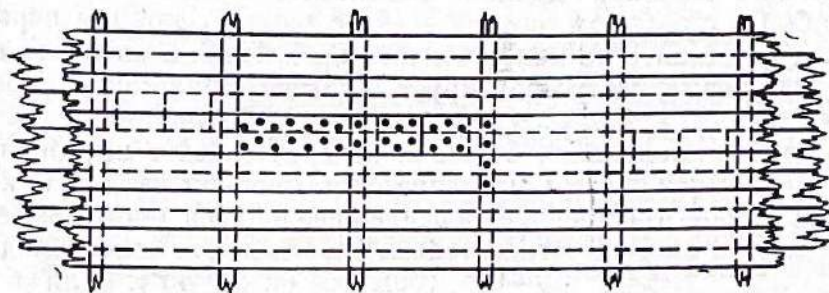


Рис. 86. Двухслойная продольная обшивка.

При двухслойной обшивке толщина наружного слоя принимается равной от $\frac{1}{2}$ до $\frac{2}{3}$ всей толщины, а при трехслойной — от $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{2}$ всей толщины.

При двухслойной продольной обшивке доски крепятся заклепками с шагом не менее 15 диаметров. Крепление же обшивки к шпангоутам

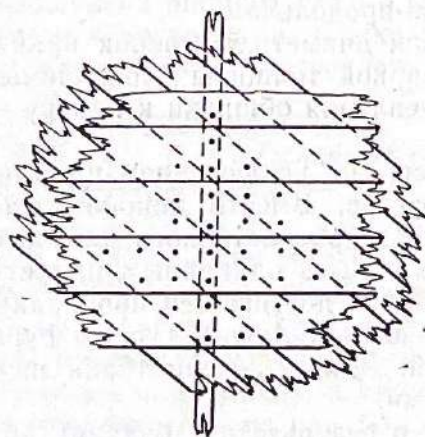


Рис. 87. Диагонально-продольная двухслойная обшивка.

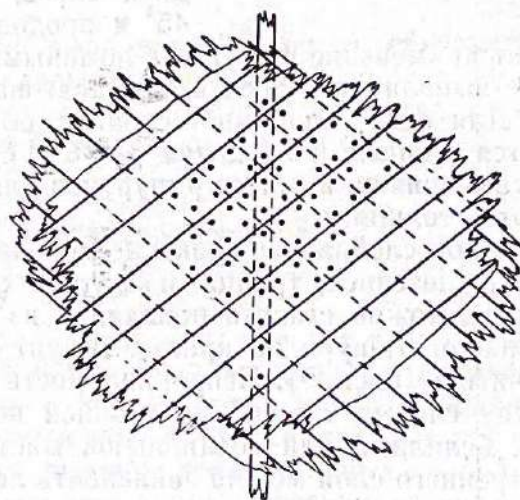


Рис. 88. Двухслойная диагональная обшивка.

осуществляется шурупами (не менее двух). Стыки наружного и внутреннего слоев взаимно разгоняются на возможно большее расстояние, внутренние и наружные стыки подкрепляются изнутри стыковыми планками. Если ширина шпангоутов позволяет ставить два ряда креплений, стыковать внутренний слой досок можно непосредственно на шпангоуте без стыковой планки, что дает некоторую экономию лесоматериала и уменьшает вес конструкции.

При диагонально-продольной обшивке внутренний слой располагается под углом $30-60^\circ$. Целые доски диагонального слоя должны простираться от киля до палубы (при плавных обводах) или от киля до скулового бруса и от скулового бруса до палубы (при ломаных обводах). Стыки досок допускаются только в продольном слое. В районе стыков с внутренней стороны обшивки устанавливается стыковая планка.

Крепление обшивки должно обеспечить надежную связь слоев между собой и с набором, но при всех условиях в каждом пересечении досок следует ставить не менее четырех креплений, а на более крупных судах — пять-шесть, что гарантирует плотное прилегание слоев друг к другу.

Диагонально-продольная обшивка из трех слоев с внутренними перекрещивающимися слоями выполняется в основном так же, как и двухслойная обшивка. Внутренние перекрещивающиеся слои размещаются

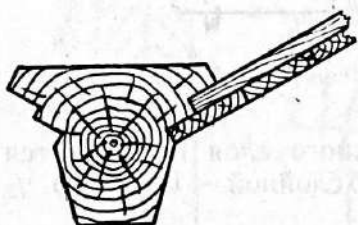


Рис. 89. Ступенчатый шпунт в киле.

относительно продольного слоя под углом $30-60^\circ$ (обычно около 45°). Для большего удобства при сборке обшивки может применяться предварительная склепка двух слоев, а затем установка третьего слоя с последующим проклепыванием всех слоев. При размещении креплений следует следить, чтобы они не попадали в пазы внутренних слоев и не откалывали у досок кромки.

Двухслойная диагональная обшивка из двух слоев, перекрещивающихся под углом 45° к продольному направлению, обычно на-

ходит применение на судах с ломаными обводами. Эта обшивка в принципе выполняется так же, как диагонально-продольная.

Для всех типов многослойных обшивок диаметр заклепок принимается равным в пределах $8-15\%$ суммарной толщины скрепляемых слоев обшивки, а диаметр шурупов для крепления обшивки к набору — $\frac{1}{6}$ этой толщины.

Многослойная обшивка не конопатится, за исключением шпунтов у киля, штевней, транца и скуловых брусев. Вместо конопатки по шпунту можно ставить прокладку из тонкого расплетенного хлопчатобумажного шнура на краске. Шпунт может быть одинарным или ступенчатым (рис. 89). Непроницаемость обшивки достигается прокладкой между слоями ткани, пропитанной подмазочным лаком, густым суримом, белилами или специальной мастикой. Для экономии ткани пазы внутреннего слоя можно заклеивать лентами.

Чтобы избежать коробления обшивки в результате набухания древесины после спуска судна на воду, не следует чрезмерно плотно пригонять одну к другой доски обшивки: при нормальной влажности построечного леса (18%) зазор в пазах должен составлять $0,5-1,0$ мм.

Благодаря взаимному креплению слоев, многослойная обшивка обладает большой монолитностью и жесткостью; при такой конструкции допускается выдерживать величину шпации от 7 до 15, а для судов облегченной конструкции — до 20 толщин обшивки.

При диагонально-продольной обшивке возможна постройка небольших судов по продольной системе набора с ограниченным числом поперечных связей (в виде рамных шпангоутов и переборок) и с часто поставленными достаточно прочными стрингерами.

Обшивка из бакелизированной фанеры

Наружная обшивка из бакелизированной фанеры применяется обычно на небольших судах разъездного типа и изготавливается из фанеры марки БФС. Известны попытки применить бакелизированную фанеру для наружной обшивки судов, работающих в тяжелых условиях. Так, в 1949—1950 гг. была построена серия рыбопромысловых судов (главные размерения $18,0 \times 5,13 \times 2,40$ м) с наружной обшивкой из бакелизированной фанеры. Как показал опыт, обшивка непригодна для данного типа судов, так как, не обладая достаточной упругостью и прочностью, легко проламывается от толчков и ударов. Попытки оградить наружную обшивку установкой по борту защитных реек приводят к полной зашивке бортов досками. Следовательно, применять бакелизированную фанеру для наружной обшивки можно лишь на немногих судах, и лишь тех, обводы которых имеют кривизну в одном направлении. Учитывая последнее обстоятельство, при раскрое листов обшивки в оконечностях допускают устройство пазов в различных направлениях, что позволяет избежать двоякой кривизны отдельных листов. Листы соединяют на ус или на стыковых или пазовых планках на клею, и ставят болтовые или заклепочные крепления. К набору листы крепятся шурупами диаметром 0,35—0,40 т и болтами диаметром около 0,7 т (т — толщина листов обшивки).

Для обеспечения водонепроницаемости обшивки в местах прилегания к килю, скуловым брусьям, штевням и подпалубным связям следует предусмотреть прокладки из расплетенного хлопчатобумажного шнура или другие средства (например, ставить обшивку на густую краску).

Двухслойную обшивку можно выполнить из листов сравнительно небольшой ширины (до 1,0 м), укладываемых поперек корпуса и соединяемых заклепками. Стыки листов наружного слоя располагаются по середине листов внутреннего слоя и выполняются впритык.

Основные связи продольного набора

Общие положения

В обеспечении общей продольной прочности корпуса судна, помимо его оболочки (наружной обшивки и палубного настила), существенное значение имеют и другие продольные связи (киль, кильсон, подбалочные брусья, шельфы, внутренние привальные брусья, связные пояся и внутренняя обшивка).¹ Схема расположения перечисленных продольных связей показана на рис. 90. Участие всех связей в восприятии приходящихся на корпус судна общих нагрузок может быть достигнуто при достаточной протяженности и цельности их по длине судна.

При постройке судов на нагельных средствах крепления прочность связей в замковых и стыковых соединениях значительно уступает прочности вне этих соединений, поэтому нужная прочность и монолитность конструкции достигаются разгонкой стыков и замков в соседних поясях каждой связи. На это обстоятельство следует обращать особое внимание в процессе проектирования и постройки судна. Стыки продольных

¹ В общей прочности корпуса судна участвуют и подпалубные балки, если они составлены из двух и более рядов брусьев и простираются непрерывно на 0,4—0,5 L в средней части судна. Конструкция подпалубных балок рассмотрена ниже.

связей должны быть разогнаны как можно больше, исходя из длины имеющегося лесоматериала.

Применяя клееные конструкции, следует стремиться, чтобы продольные связи были непрерывны по всей длине судна. Если по технологическим или другим причинам это невозможно, связь следует составлять из брусков и досок возможно большей длины, склеивая их из более коротких.

Практикой постройки морских деревянных судов выработан ряд требований и рекомендаций по разгону стыков и замков в продольных связях. Ниже изложены основные положения, которые следует учитывать при проектировании продольных связей. При проектировании морских деревянных судов следует иметь в виду, что наличие бака и юта увеличивает нагрузку судна в оконечностях и в случае попадания его на вершину волны, т. е. перегиба судна, растягивающие усилия в верхних связях корпуса возрастут. Для обеспечения при этих условиях достаточной прочности верхних связей необходимо предусмотреть их усиление, что может быть достигнуто установкой шельфов или увеличением сечения подбалоч-

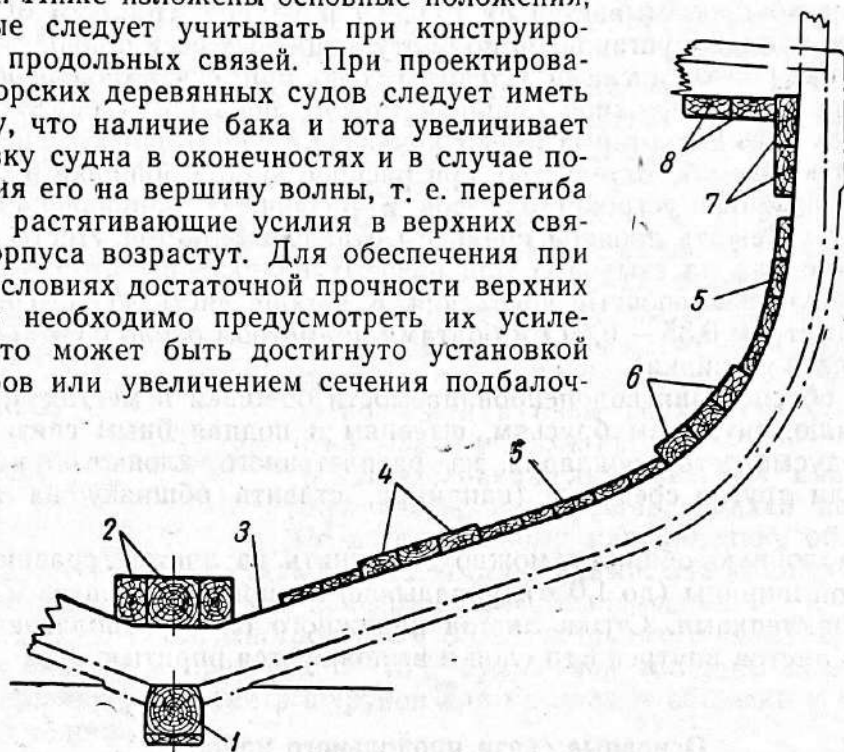


Рис. 90. Схема расположения продольных связей.

1 — киль; 2 — кильсон; 3 — лимбербортовый канал; 4 — днищевые связные пояса; 5 — внутренняя обшивка; 6 — скуловые связные пояса; 7 — подбалочные брусья; 8 — шельфы.

ных брусьев на 25—35%. Поскольку при наличии шельфов можно отказаться от установки значительного числа бимсовых книц, установку шельфов обычно предусматривают независимо от наличия бака или юта.

При утопленной надстройке, когда верхняя палуба прерывается, следует предусмотреть конструктивные решения, обеспечивающие хорошее соединение связей верхней палубы со связями утопленной надстройки.

По мере удаления от миделя к оконечностям напряжения в продольных связях от общего изгиба судна уменьшаются, поэтому сечения связей на расстоянии $\frac{1}{4}$ длины судна в носовой и кормовой оконечностях также могут быть уменьшены по сравнению с сечениями на миделе до 85%. Уменьшение должно выполняться постепенно, за счет площади поперечного сечения отдельных брусьев и числа рядов досок или брусьев в пакете связи.

Площадь сечения среднего кильсона при наличии киля может уменьшаться за счет площади сечения отдельных брусьев, при условии, что это не ухудшит соединение киля и среднего кильсона со штевнями.

Боковые кильсоны обычно продолжают в нос и корму, насколько позволяют обводы судна.

В подбалочных брусьях и в связных поясах уменьшения сечения достигают, сокращая число поясов, однако в каждом пакете связей должно быть не меньше двух поясов, доходящих до штевней.

Уменьшение поперечного сечения связей в оконечностях позволяет сэкономить материал и, кроме того, при меньших сечениях продольных связей их легче устанавливать в оконечностях с крутыми образованиями.

В заключение следует отметить, что уменьшение площади поперечного сечения той или иной связи не всегда достаточно для изгиба по обводу судна, поэтому в продольных связях, круто изгибающихся в оконечностях, делается один или два продольных пропила, что облегчает придание брусу (связи) необходимой кривизны.

Киль, резенкиль и фальшкиль

Киль представляет продольную связь в основании судна, выполняемую из длинных отдельных брусьев. По нормам Морского Регистра для судов на корабельном наборе длина брусьев киля в средней части судна должна равняться 9—11 м. Для судов длиной до 40 м киль можно изготовлять из более коротких брусьев, но не короче 8 м в средней части судна, причем в этом случае киль должен состоять по высоте из двух рядов брусьев.

На морских катерах и ботах киль в большинстве случаев изготовляется с резенкилем (часть киля, расположенная внутри корпуса), но не исключено его исполнение и по типу, изображенному на рис. 91.

Резенкиль можно выполнять монолитно с килем или в виде отдельного бруса, уложенного поверх киля и скрепленного с ним болтами, заклепками или шурупами (рис. 92, 93). Ширина его должна быть больше, чем ширина киля; образовавшийся шпунт служит для присоединения к килю досок обшивки.

Длина отдельных брусьев киля для судов типа катеров и ботов должна составлять при длине судов до 15 м не менее 6 м, при длине до 20 м — не менее 8 м, при длине 25 м — не менее 10 м.

Брусья киля соединяются по длине горизонтальными косыми замками на коксах или призматических шпонках; длина замка обычно равна не менее чем пятикратной высоте соединяемых брусьев. Замок крепится 3—6 болтами, в зависимости от длины (не считая сквозных, крепящих киль и кильсон). Замки киля размещаются так, чтобы сквозные болты были удалены от кромки замка по крайней мере на 100 мм. Рекомендуются располагать болты в шахматном порядке.

Замки киля не должны располагаться под мачтами, главными двигателями и грузовыми люками, т. е. в районах, где возможны большие сосредоточенные нагрузки, могущие расстроить замковое соединение и вызвать течь судна. В двухрядном киле и киле с резенкилем замки отдельных брусьев разгоняются на возможно большее расстояние.

У плоскодонных судов прибрежных районов плавания, а также комбинированного морского и речного плавания высота килевого бруса в целях уменьшения габаритной осадки судна может быть уменьшена.

а в иных случаях киль может даже отсутствовать. В таких случаях ослабление киля или его отсутствие соответственно компенсируется усилением кильсонов и других днищевых продольных связей или большим их количеством.

Киль можно выполнять не только из целых брусев, но и клееным из нескольких слоев досок, которые склеиваются по пласти. Резенкиль

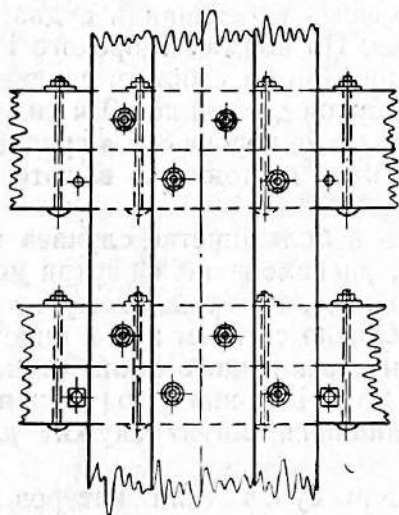
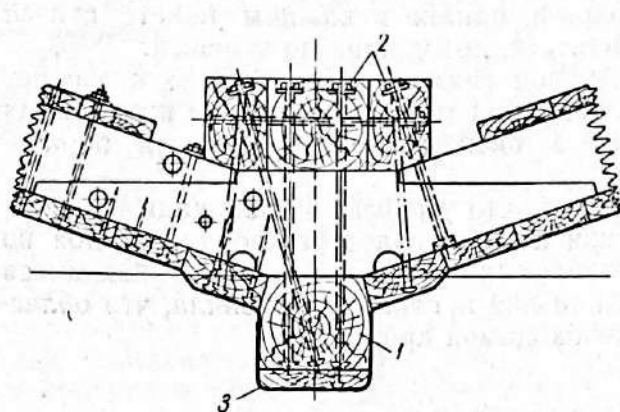


Рис. 91. Киль и кильсон.

1 — киль; 2 — кильсон из трех рядов брусев; 3 — фальш-киль.

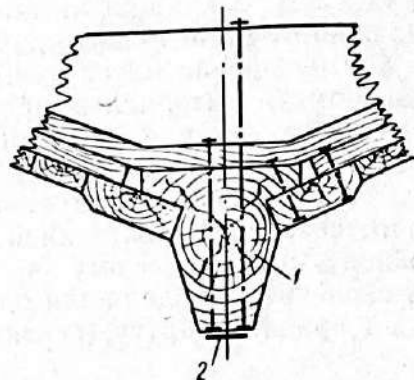


Рис. 92. Киль и резенкиль из одного бруса.

1 — киль; 2 — фальшкиль из металлической полосы.

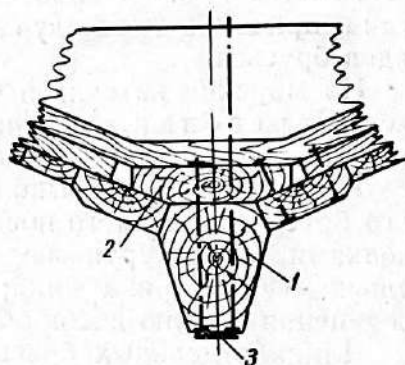


Рис. 93. Киль и резенкиль из отдельных брусев.

1 — киль; 2 — резенкиль; 3 — фальш-киль из металлической полосы

целесообразно выклеивать совместно с килем, но возможна и отдельная заготовка резенкиля с последующей приклейкой к килю. При клееной конструкции доски располагаются горизонтально и в каждом слое склеиваются между собой по длине на ус, при большой ширине киля — и по кромкам. Учитывая, что киль, как правило, представляет собой прямолинейную балку (или с незначительной кривизной), толщина склеиваемых досок допускается от 30 до 50, но не более 60 мм. При большой толщине трудно обеспечить достаточную запрессовку склеиваемого пакета, а следовательно — высокое качество клеевых соединений.

Длина брусев для киля клееной конструкции устанавливается в соответствии с производственными возможностями верфи-строителя.

Во всех случаях, если это не вызывает особых производственных затруднений, рекомендуется делать цельный клееный киль на всю длину судна. В тех случаях, когда отдельные клееные брусья киля стыкуются, размещение замков и креплений должно быть аналогично килю из цельных брусьев. Брусья киля крепятся со шпангоутами и кильсонными брусьями сквозными болтами.

Нижняя грань киля защищена от местных повреждений фальш-килем (см. рис. 91). Фальшкиль выполняется из отдельных досок примерно такой же толщины, как и наружная обшивка судна, крепящихся к килю гвоздями или скобами. Крепление скобами показано на рис. 94. Крепление не должно быть сквозным, во избежание течи.

В ряде случаев (особенно на судах небольших размеров) для уменьшения габаритной осадки судна вместо деревянного фальшкиля ставится защитная металлическая оковка из отдельных полос, крепящихся к килю гвоздями или шурупами (см. рис. 92, 93).

Кильсон

Кильсоном называется продольная связь из брусьев, укладываемых внутри судна над килем поверх шпангоутов. В зависимости от размеров судна, кильсон выполняется из одного, двух и более рядов брусьев. Ряды брусьев могут располагаться как по ширине (см. рис. 91), так и по высоте. По нормам Морского Регистра при однорядном кильсоне и длине судна свыше 15 м отдельные брусья не должны быть короче 11 м в середине и 7 м — в оконечностях. На судах меньшей длины, а также когда кильсон выполняется из нескольких рядов брусьев длина их может быть уменьшена до 8—9 м в средней части и 5—6 м в оконечностях.

На морских катерах и ботах, имеющих килеватость более 15°, кильсон может не ставиться. На судах этого типа длина отдельных кильсонных брусьев (в тех случаях, когда кильсон устанавливается) должна быть не меньшей, чем у киля. Отдельные брусья кильсона соединяются такими же горизонтальными косыми замками, как брусья киля; замки по возможности разгоняются между собой и с замками киля.

Замки кильсона, как и замки киля, не следует располагать непосредственно под мачтами, а также не следует допускать в брусьях кильсона выборку гнезд для шпора мачт, так как они существенно ослабляют кильсон. В последнем случае на кильсон устанавливают специальный брус — степс, крепящийся болтами и служащий опорой для мачты.

Средний брус кильсона крепится с килем через шпангоуты сквозными болтами, болтами же крепятся боковые брусья со шпангоутами и шпунтовыми поясами наружной обшивки. Кроме того, боковые брусья кильсона крепятся между собой и со средним брусом горизонтальными болтами. Если кильсон состоит из нескольких брусьев по высоте, то между плоскостями соединяемых брусьев следует устанавливать коксы или шпонки, что придает конструкции большую монолитность. Если ширина составного кильсона значительно превышает ширину

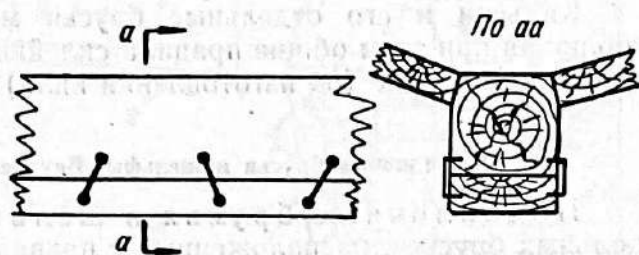


Рис. 94. Крепление фальшкиля скобами.

киля, целесообразно, кроме вертикальных болтов, ставить и наклонные (см. рис. 91).

Средний брус кильсона простирается в нос и корму и соединяется со штевнями набором кноповых и дейдвудных брусев или книц. Если средний брус доходит до транца, он соединяется с его средней стойкой деревянной или стальной кницей.

На небольших моторных судах по условиям размещения двигателя приходится иногда несколько уменьшать сечение кильсона, понижая его высоту, или совсем не ставить его под главным двигателем. В этом случае ослабление продольной прочности судна должно быть компенсировано установкой фундаментных балок такой протяженности, чтобы они перекрыли ослабленную или вырезанную часть кильсона и протянулись в нос до ближайшей поперечной переборки, а в корму — насколько позволяют обводы судна.

Кильсон и его отдельные брусья можно изготовлять клееными, соблюдая при этом общие правила склейки, а также учитывая указания, изложенные выше (об изготовлении кия).

Подбалочные брусья и шельфы. Внутренние привальные брусья

Подбалочные брусья и шельфы представляют пакет продольных брусев, расположенных с правого и левого бортов у шпангоутов под бимсами (рис. 95). Брусья соединяют бимсы со шпангоутами

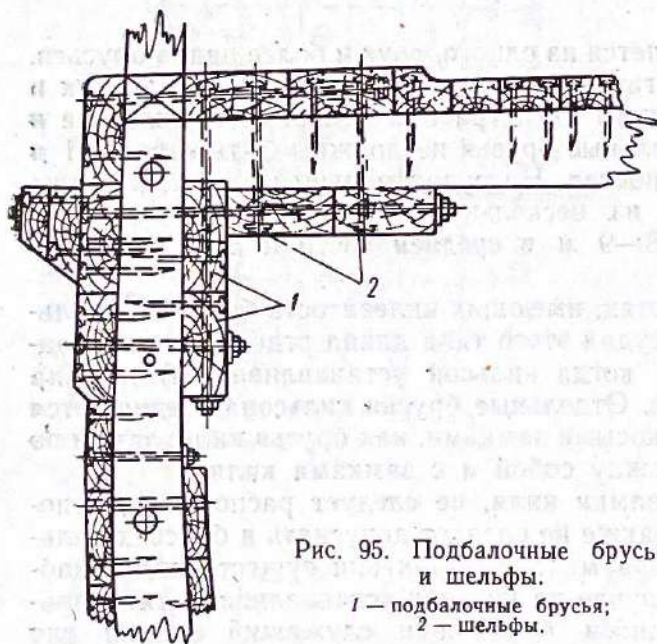


Рис. 95. Подбалочные брусья и шельфы.
1 — подбалочные брусья;
2 — шельфы.

и одновременно существенно влияют на обеспечение общей продольной прочности судна. Подбалочные брусья, называемые иногда клямпами, прилегают к внутренним кромкам шпангоутов.

Шельфы идут под палубой параллельно борту и прилегают к внутренним кромкам бимсов и подбалочным брусьям. Помимо повышения общей прочности корпуса, шельфы увеличивают прочность соединения палубы с бортом и в системе палубного набора работают как горизонтальные палубные кницы.

Число брусев в пакете подбалочных и шельфов зависит от размерений судна. У судов на корабельном наборе их не менее четырех с каждого борта, из них не менее двух брусев играют роль шельфов. Поперечные сечения отдельных брусев представляют прямоугольник с отношением сторон 1:1 — 2:1.

Имеются конструкции, в которых шельфы объединяются с подбалочными в пакете брусев, устанавливаемых только по внутренней кромке шпангоутов. В таких конструкциях для соединения бимсов со

шпангоутами устанавливаются металлические кницы, для упрощения конфигурации которых подбалочные брусья выполняются не прямоугольными, одинаковой толщины, а переменной толщины, постепенно уменьшающейся до толщины внутренней обшивки. Указанная конструкция характерна для судов, подверженных ледовым сжатиям (зверобойные, экспедиционные, плавающие в Северном бассейне, и др.), у которых обязательна установка бимсовых книц на каждом шпангоуте. На рис. 96 показано устройство подбалочных брусьев у экспедиционного судна, предназначенного для работы в Северном Ледовитом океане.

Подбалочные брусья и шельфы не должны быть короче досок наружной обшивки. Их можно изготовлять в виде монолитной клееной конструкции, выклеивая ее (с соблюдением общих правил склейки) из слоев досок по пласти, а при больших поперечных сечениях брусьев — и по кромкам. Толщина досок зависит от кривизны брусьев.

Если подбалочные брусья и шельфы состояются по длине из нескольких брусьев, они должны быть надежно скреплены между собой и с набором. В этом случае отдельные брусья соединяют-

ся по длине косыми горизонтальными или вертикальными замками. Замки выполняются гладкими на коксах или в зуб, длина их не менее четырех высот бруса; в замок ставится не меньше чем четыре болта. Горизонтальные замки скрепляются вертикальными болтами, расположенными параллельно внутренним кромкам шпангоутов. В вертикальном замке засчитываются и болты, крепящие брусья с набором. Замки разгоняются на возможно большую величину, причем в средней части судна расстояние между их центрами у двух соседних поясьев делается не менее трех шпаций.

Подбалочные брусья и шельфы крепятся между собой и с поперечным набором судна горизонтальными и вертикальными болтами. Часть болтов ставится насквозь и учитывается в числе сквозных креплений обшивки и настила палубы.

У небольших судов на катерном наборе подбалочных брусьев и шельфов (рис. 97) может быть меньше четырех. На катерах облегченной конструкции длиной не более 15 м подбалочный брус и шельф

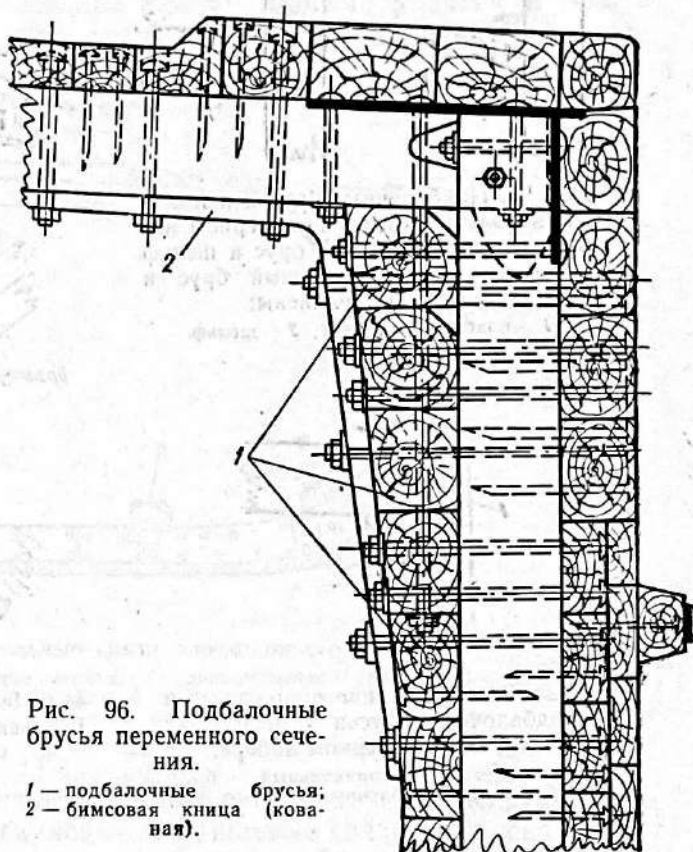


Рис. 96. Подбалочные брусья переменной сечения.

1 — подбалочные брусья;
2 — бимсовая кница (кованая).

могут быть конструктивно объединены в один брус (рис. 97, б). У судов этого типа находят применение и так называемые внутренние привальные брусья (рис. 98), представляющие продольные связи корпуса, идущие по борту под настилом палубы с наружной стороны шпангоутов. Внутренние привальные брусья могут устанавливаться в со-

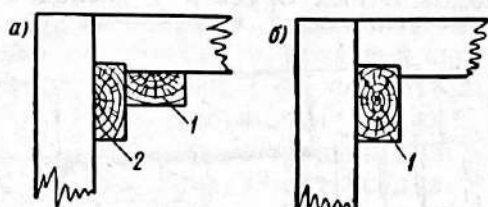


Рис. 97. Подбалочные брусья и шельфы небольших судов на катерном наборе: а — подбалочный брус и шельф раздельно; б — подбалочный брус и шельф объединены;
1 — подбалочный брус; 2 — шельф.

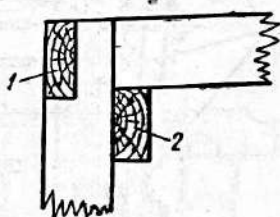


Рис. 98. Внутренние привальные и подбалочные брусья у небольших судов на катерном наборе.
1 — внутренний привальный брус;
2 — подбалочный брус.

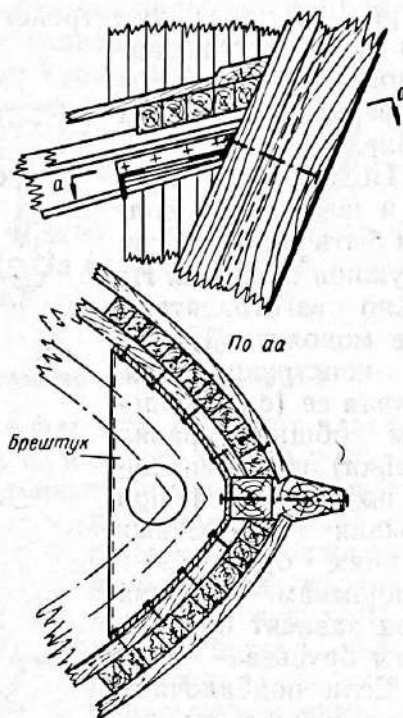


Рис. 99. Крепление подбалочных брусьев к форштевню брештуком сварной конструкции.

четании с подбалочными и без них. В последнем случае поперечное сечение привальных брусьев следует увеличить на площадь поперечного сечения подбалочных брусьев. Применение внутренних привальных брусьев может считаться типичным для катеров с V-образными обводами, особенно при обшивке на рейках, многослойной или фанерной. В последних двух случаях во внутреннем привальном бросе рекомендуется выбирать шпунт для присоединения обшивки. Известны случаи применения внутренних привальных брусьев не только на небольших судах, но и на имеющих значительные главные размерения (подробнее см. § 10, рис. 167).

Подбалочные брусья и шельфы, а также внутренние привальные брусья (если они предусмотрены) должны доходить до форштевня и ахтерштевня (транца) и соединяться с ними при помощи брештуков или книц. Брештуки могут быть металлические, деревянные или из бакелизированной фанеры. На рис. 99 показано крепление подбалочных брусьев к форштевню металлическим брештуком сварной конструкции.

Скуловые и днищевые связные пояса и внутренняя обшивка

Связные пояса и внутренняя обшивка устанавливаются по внутреннему периметру шпангоутов от кильсона до подбалочных брусьев.

Связные пояса, располагающиеся симметрично с каждого борта в районе скулы и в районе днищевой части корпуса судна, представляют несколько поясов утолщенной внутренней обшивки. В зависимости от расположения они называются скуловыми и днищевыми (см. рис. 90).

Скуловые и днищевые связные пояса, помимо участия в общей продольной прочности судна, скрепляют шпангоуты и стыки их отдель-

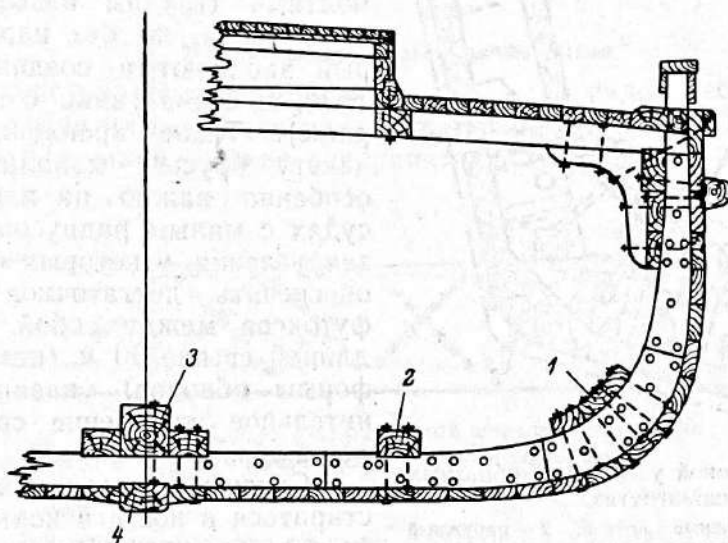


Рис. 100. Продольные связи плоскодонного судна.

1 — скуловые связные пояса; 2 — дополнительный боковой кильсон; 3 — средний кильсон; 4 — киль уменьшенной высоты.

ных частей, если стыки расположены под связными поясами, поэтому, располагая и распределяя скуловые и днищевые связные пояса, необходимо учитывать форму образований судна. Так, на плоскодонных судах с флортимберсами, доходящими до скулы, целесообразно объединять обе группы связных поясов в одну, размещенную так, чтобы обеспечить крепление стыков футоксов и флортимберсов в районе скулы (рис. 100). В этом случае целесообразно также разместить между средним кильсоном и скуловой частью судна ряд боковых кильсонов, которые будут служить перекрестными связями для флортимберсов.

При V-образных шпангоутах (ломаные обводы) скуловые и днищевые пояса располагаются над наружным скуловым брусом и крепятся с ним и с бортовой и днищевой ветвями шпангоутов болтами и гвоздями, чем достигается достаточная прочность всего скулового узла (рис. 101).

Отдельные доски связных поясов не должны быть короче досок наружной обшивки. В клееных конструкциях длину отдельных досок связных поясов следует максимально увеличивать, склеивая несколько досок. Если связные пояса выполняются из толстых брусьев (для судов длиной от 30 м и выше), каждый брус можно делать многослойным клееным, соблюдая правила склеивания. Разгон стыков отдельных досок

или брусев связных поясьев и их крепление к набору в принципе такие же, как для наружной обшивки.

При толщине связных поясьев 120 мм и более рекомендуется сращивать отдельные штуки поясьев косыми замками. Располагать замки следует на шпангоутах и ставить общий крепеж, проходящий сквозь замок и шпангоуты. Рекомендуется также, помимо крепления к поперечному набору, крепить поясья болтами, идущими параллельно внутренним кромкам шпангоутов, располагая их не реже, чем по одному в каждой второй шпации. Если связные поясья состоят более чем из

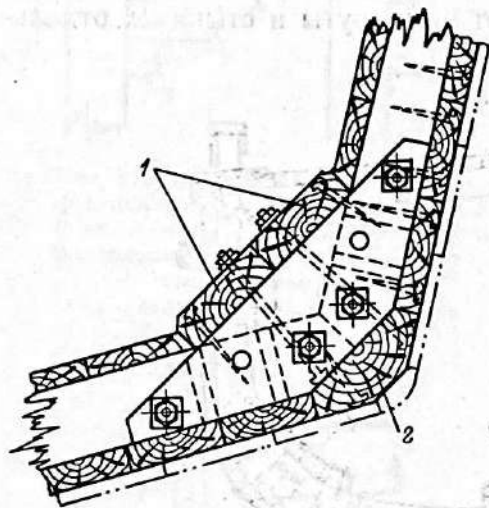


Рис. 101. Скульовой узел при V-образных шпангоутах.

1 — скульовые связные поясья; 2 — наружный скульовой брус.

двух рядов брусев, целесообразно скреплять брусья попарно глухими болтами (глухим называется болт с головкой, но без нарезки, который забивают в соединяемые детали, не ставя гайки с другой стороны). Такое крепление придает пакету брусев монолитность, что особенно важно на плоскодонных судах с малым радиусом скулового закругления, у которых невозможно обеспечить достаточное крепление футоксов между собой. На судах длиной свыше 30 м (независимо от формы обводов) указанное дополнительное крепление связных поясьев обязательно.

Связные поясья должны простираться в нос и в корму насколько это возможно. В носу они обычно доходят до форштевня и кре-

пятся между собой и с форштевнем брештуком. В корме также желательна подобная конструкция, но из-за сложности кормовых образований она не всегда осуществима.

По конструкции брештуки аналогичны брештукам подбалочных брусев, описанным выше.

Внутренняя обшивка устанавливается по всему периметру шпангоутов, свободному от кильсонов, связных поясьев и подбалочных брусев (см. рис. 90). Не зашитым остается только участок небольшой ширины (150—200 мм), расположенный между кильсоном и началом внутренней обшивки. Участок называется лимбербортовым каналом и служит для очистки межшпационных пространств от грязи. Кроме того, для вентиляции набора внутренняя обшивка не доводится до подбалочных брусев на 50—60 мм. В жилых, а также в других отсеках, где устройство воздухопротоков по каким-либо причинам невыполнимо, вентиляция набора осуществляется через продольные вентиляционные каналы и выведенные из них трубки.

В тех случаях, когда длина досок внутренней обшивки принимается равной длине досок наружной обшивки, для обеих обшивок следует ставить сквозной нагельный крепеж, что обеспечивает лучшее восприятие нагрузок от общего изгиба. Стыки внутренней обшивки должны разгоняться так же, как у наружной. Установка такой прочной внутренней обшивки для всех морских судов длиной 20 м и выше считается обязательной. На судах меньшей длины внутреннюю обшивку можно не

засчитывать в общую прочность корпуса и, в зависимости от назначения судна, совсем не ставить или ставить лишь для защиты набора и наружной обшивки (из досок малой толщины). В последнем случае защитная обшивка в пределах каждого отсека выполняется самостоятельно — от переборки до переборки. Конструкция такой обшивки может быть съёмной; несъёмная обшивка крепится к набору только гвоздями.

Защитная внутренняя обшивка также может быть выполнена из фанеры или из горизонтальных реек с промежутками 100—200 мм. На небольших судах, трюмы которых используют для перевозки мокрых грузов (например, рыбы навалом), защитную внутреннюю обшивку целесообразно делать из бакелизированной фанеры.

Металлические диагональные шины

При конструировании морских деревянных судов необходимо учитывать условия их плавания на взволнованной поверхности, когда корпус судна постоянно должен воспринимать знакопеременную нагрузку,

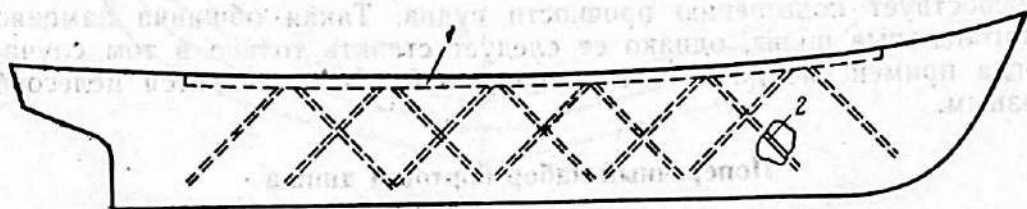


Рис. 102. Схема расположения металлических шин.

1 — продольная шина; 2 — диагональная шина.

меняющуюся в зависимости от того, находится ли судно на вершине или на подошве волны.

Между тем, на морских судах устройство продольных ферм (по типу устанавливаемых на судах баржевой конструкции), как правило, невозможно, вследствие округлой формы обводов и по условиям расположения внутри корпуса помещений и оборудования. Поэтому на судах с корабельным набором и одинарной обшивкой, когда при заданной длине судна или отношении его длины к высоте борта деревянные связи не обеспечивают достаточную жесткость корпуса, — дополнительно устанавливают металлические шины.

В зависимости от размеров судна шины устанавливают только по бортам или по бортам и по палубе. Как по борту, так и по палубе шины располагаются диагонально, составляя со шпангоутами и бимсами угол в 45° , кроме того, по палубе вдоль бортов и вдоль кромок больших вырезов размещаются продольные шины. Такие же шины целесообразно ставить по борту под бархоутом.

Диагональные шины, устанавливаемые по борту, простираются от верхней кромки бимсов до днища, перекрывая скулу; устанавливаемые же на палубе — простираются от борта до борта, а в районе вырезов — до этих вырезов, скрепляясь с продольными шинами. Схема расположения бортовых диагональных шин показана на рис. 102.

В соответствии с установившейся практикой, установка диагональных шин по борту судна необходима на судах длиной свыше 30 м при отношении $L:H = 9$ и более, а на судах длиной свыше 20 м — при отношении $L:H = 10$ и более.

Палубные диагональные шины ставятся на всех судах длиной более 40 м, а на парусных и парусно-моторных судах с полной парусностью — при длине от 30 м (при наличии полной парусности палубные диагональные шины следует устанавливать в районе мачт, вне зависимости от размеров судна). Количество диагональных шин при отношении $L : H$ от 9 до 11 устанавливается исходя, соответственно, из нормы одна шина на 4 и 2,5 м длины судна.

Шины крепятся к шпангоутам и бимсам болтами с потайными головками. Чтобы обеспечить плотное прилегание наружной обшивки и настила палубы к набору, шины врезают в шпангоуты и бимсы заподлицо, кроме того, они должны быть так расположены, чтобы их взаимные пересечения приходились не на шпангоуты и бимсах, а в шпации.

Необходимое повышение прочности судна может быть достигнуто и иными способами, в частности, установкой ридерсов (см. далее), что технологически проще, так как они могут быть конструктивно объединены с бимсовыми кницами.

Применение диагональной двух- или трехслойной обшивки также способствует повышению прочности судна. Такая обшивка заменяет диагональные шины, однако ее следует ставить только в том случае, когда применение данного типа наружной обшивки явится целесообразным.

Поперечный набор бортов и днища

Шпангоуты из футоксов

Как было указано выше, при футоксовом наборе шпангоуты выполняются из нескольких отдельных брусков — футоксов, располагаемых в два ряда (слоя). Крепление стыков футоксов в обоих рядах достигается таким расположением, при котором стыки одного ряда перекрываются целой частью футоксов второго ряда; концы футоксов в стыках плотно пригоняются один к другому.

Футоксы в килевой части называются флортимберсами; верхние футоксы, примыкающие к палубе, называются топтимберсами (рис. 103). Для образования стоек фальшборта топтимберсы могут вводиться сквозь палубный настил (ватервейс) выше палубы.

Оба ряда футоксов крепятся между собой деревянными нагелями и болтами. При постановке нагелей особое внимание обращается на расклинивание их с обеих сторон. Между двумя соседними стыками футоксов, если это расстояние не превышает 0,5 м, ставится не менее двух креплений, при большем — число креплений увеличивается (при расстоянии между стыками 0,5—1,0 м ставится не менее трех креплений, свыше 1,0 м — не менее четырех). Так как болтовое крепление более надежно, для повышения прочности шпангоутов часть нагелей обычно заменяют болтами. Особенно важно применять болтовое крепление для футоксов в скуловой части, так как из-за большего перетеса волокон они, по сравнению с футоксами на прямолинейных участках, ослаблены.

Для судов с неограниченным районом плавания не менее 50% креплений обоих рядов футоксов выполняются на болтах. Все футоксы от киля до палубы имеют одинаковый размер по правке, т. е. одинаковую толщину. Размер футоксов по лекалу, т. е. их высота, как правило величина переменная. Наибольший размер футоксов по лекалу выдерживается у флортимберсов в районе боковой грани кильсона, к палубе он

постепенно уменьшается (примерно на 40%). Следовательно, размер топтимберсов по лекалу у палубы может быть равным 0,6 размера флортимберса у кильсона, а размер футоксов на скуле должен быть не меньше их средней величины. У судов с полным образованием шпангоутов, во избежание чрезмерного перетеса футоксов, их размер по ле-

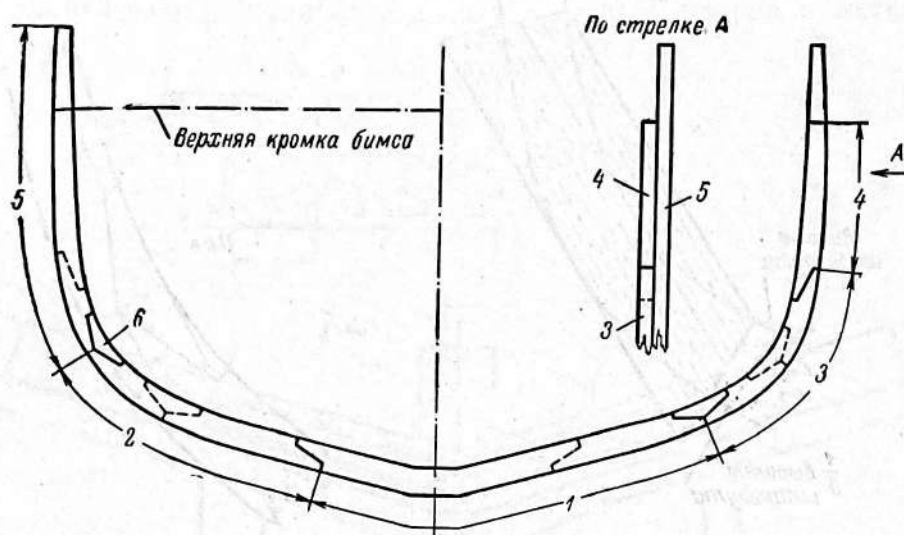


Рис. 103. Шпангоутная рамка из футоксов.

1 — флортимбер (кокорный); 2 — первый футокс; 3 — второй футокс; 4 — топтимбер;
5 — топтимбер, выведенный в фальшбортную стойку; 6 — чак.

калу в районе скулы увеличивается. Отношение размера по правке к размеру по лекалу обычно не меньше 0,7.

Правилами Морского Регистра СССР установлена зависимость размеров футоксов по правке и величины межшпангоутного расстояния в свету, которая не должна превышать величин, приведенных в табл. 19.

При вытесывании кривых футоксов из прямослойного леса необходимо, чтобы по концам футокса, не менее чем на одной трети его высоты, волокна сохранялись неперетесанными (рис. 104). Для уменьшения высоты заготовки, из которой выпиливается футокс, перетесанная часть заполняется чакком (рис. 105). Концы чакков врезаются в футоксы на глубину 15—20 мм и крепятся гвоздями. Материал чакков должен быть не менее прочным, чем у футоксов.

Прямолинейные футоксы стыкуются с перетесанным косым замком без чакков. На рис. 103 показано такое стыкование флортимберсов и топтимберсов со скуловыми перетесанными футоксами.

При значительной килеватости обводов, что типично для морских судов, флортимберсы требуется изготавливать из кокорного леса. Полная

Таблица 19

Межшпангоутное расстояние
в толщинах футоксов по правке
(b —размер футокса по правке)

Длина судна, м	Суда ограниченного района плавания	Суда неограниченного района плавания
12,5	3,0 b	1,7 b
15	2,8 b	1,6 b
20	2,3 b	1,5 b
25	1,9 b	1,3 b
30 и более	1,4 b	1,0 b

длина кокорных флортимберсов (т. е. расстояние между длинными концами обоих соседних флортимберсов правого и левого бортов) в средней части судна не должна быть меньше полуширины судна, при этом концы соприкасающихся флортимберсов разгоняются на величину не меньшую

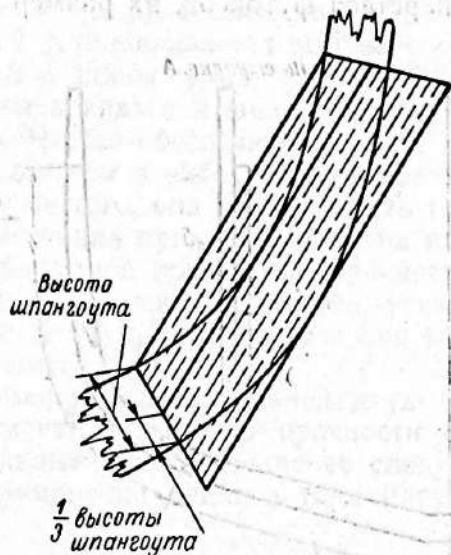


Рис. 104. Вытесывание футокса из прямослойного бруса.

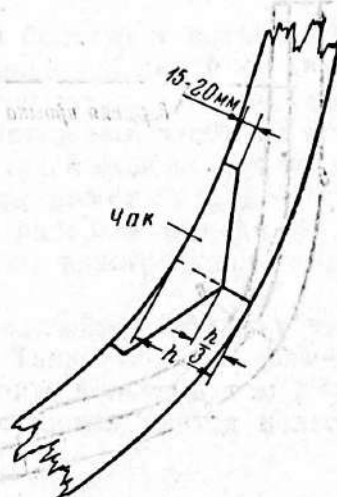


Рис. 105. Заполнение пере- теса чакom.

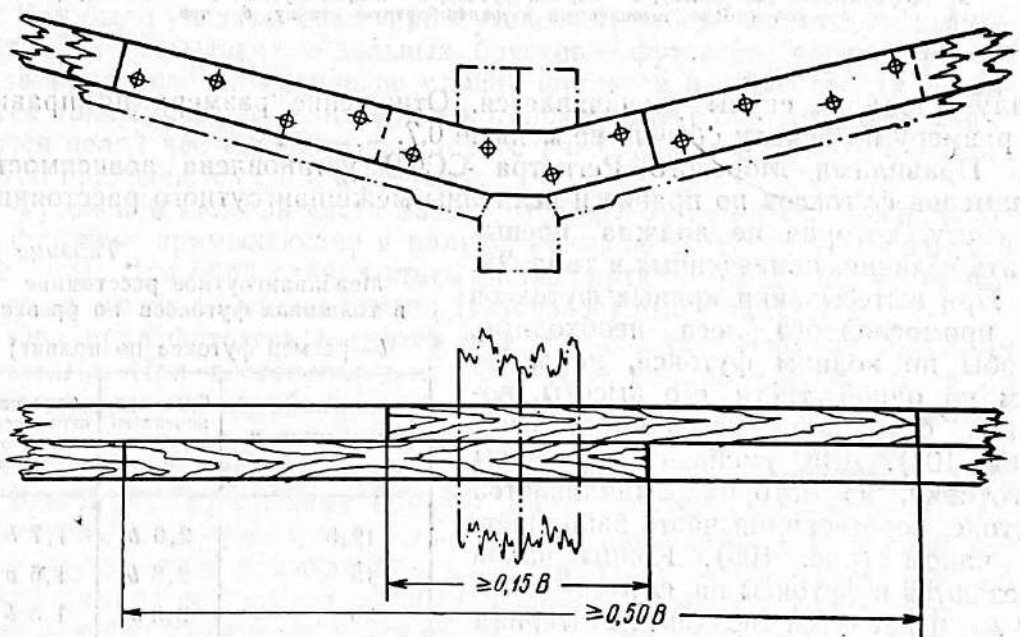


Рис. 106. Флортимберсы кокорные.

$0,15 B$, где B — ширина судна на миделе (рис. 106). В нижней части флортимберсов, над шпунтовыми поясами, делаются углубления для свободного протока воды к приемным сеткам системы осушения.

В последнее время все больше применяются флортимберсы бескорной конструкции, соединяемые металлическими накладками. Для

судна сравнительно больших размерений, имеющего неограниченный район плавания, подобная конструкция впервые была применена при постройке зверобойных шхун на отечественной судовой верфи в 1950—1956 гг. Применению конструкции предшествовали сравнительные испытания кокорных шпангоутов и шпангоутов бескокорного типа с металлическими флорами — накладками. В результате испытаний было установлено, что конструкция футоксовых натесных флоров с металличе-

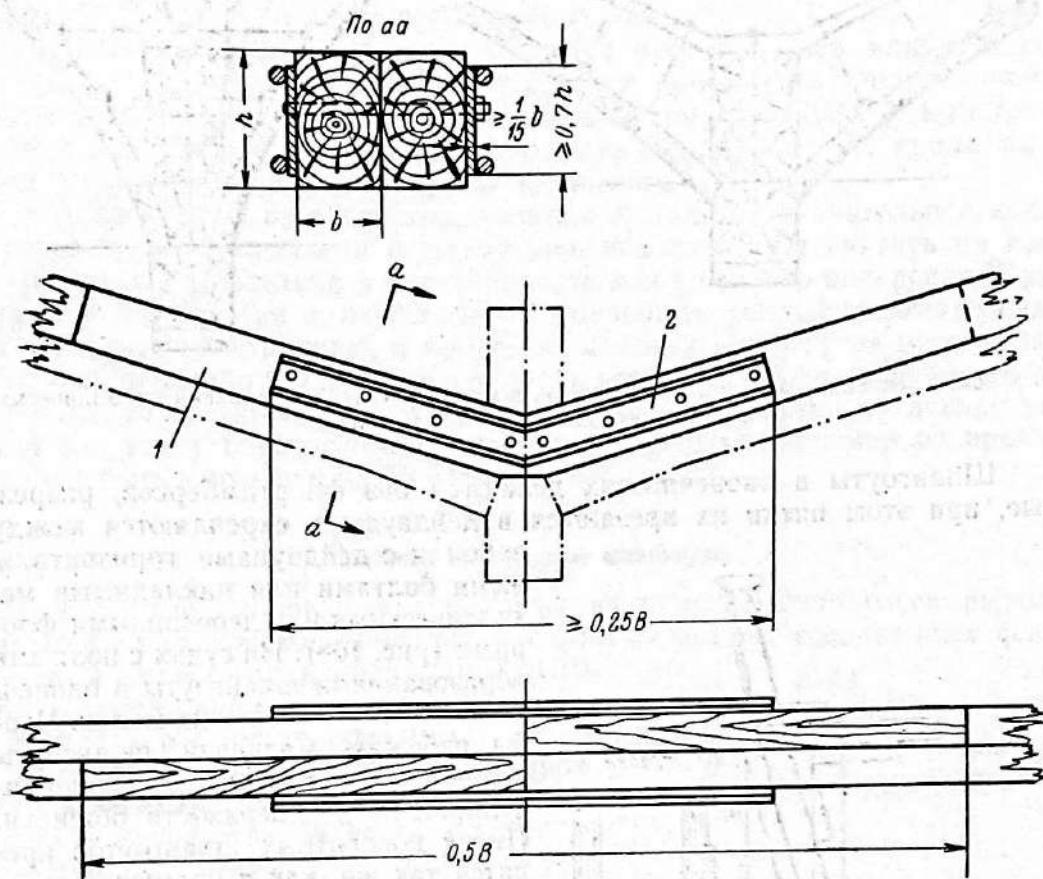


Рис. 107. Флортимберы бескокорные на металлических накладках.

1 — флортимбер бескокорный; 2 — металлическая накладка.

скими накладками не только не уступает по прочности кокорному варианту, а, наоборот, прочнее последнего более чем в два раза. Экспериментальные исследования и последующая многолетняя эксплуатация судов с бескокорными флортимберсами на металлических накладках позволяют уверенно рекомендовать применение подобных конструкций в морском деревянном судостроении.

Наиболее целесообразна конструкция, при которой металлические накладки устанавливаются с обеих сторон каждого шпангоута. Ширина металлической накладки должна быть не менее $0,7$ размера флортимберса по лекалу, а толщина — не менее $\frac{1}{15}$ размера флортимберса по правке.

Длина металлической накладки в средней части судна должна равняться не менее чем четверти ширины судна, а длина флортимберсов на оба борта — полуширине судна (рис. 107) или превышать ее.

Для придания жесткости металлическим накладкам, их следует либо выполнять из профильной стали, либо усиливать кромки (приваривая круглое железо); на небольших судах усиления можно не делать.

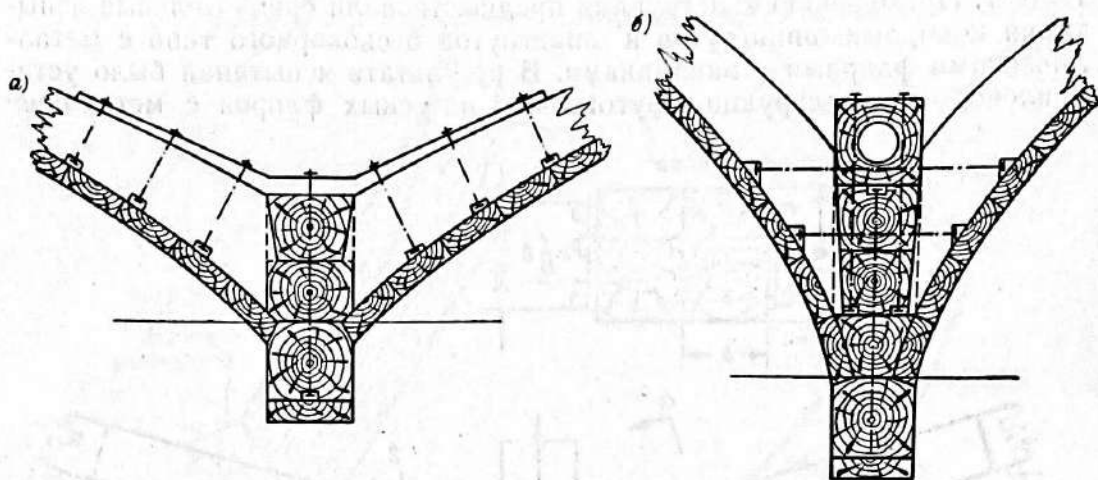


Рис. 108. Крепление разрезных шпангоутов в оконечностях: а — кованой металлической накладной кницей; б — без кницы.

Шпангоуты в оконечностях делают без флортимберсов, разрезные, при этом пятки их врезаются в дейдвуды и скрепляются между собой и с дейдвудами горизонтальными болтами или накладными металлическими или деревянными флорами (рис. 108). На судах с полными образованиями шпангоуты в оконечностях требуют больших малок. Чтобы избежать малковки, шпангоуты делают поворотными, т. е. перпендикулярными к поверхности обшивки. Пятки поворотных шпангоутов крепятся так же, как и прямых.

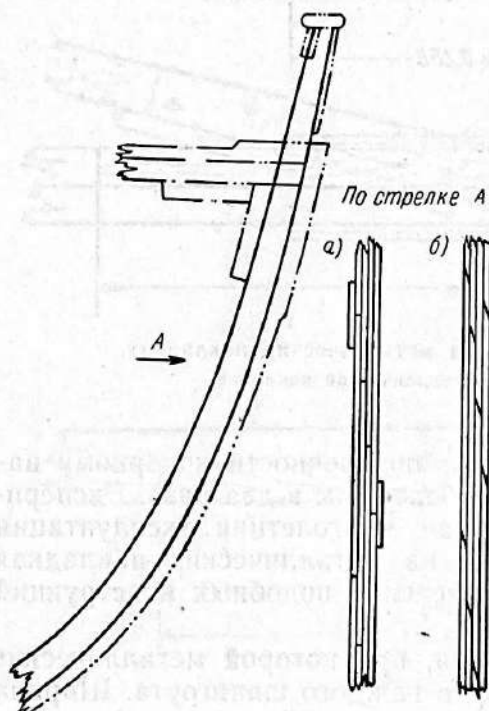


Рис. 109. Клееный натесной шпангоут.

Набор носовой оконечности на протяжении 2—4 шпаций от форштевня выполняется из разрезных шпангоутов, устанавливаемых вплотную и крепящихся к форштевню и между собой болтами и нагелями.

В кормовом подзоре разрезные шпангоуты врезаются вполдерева в верхние грани горнтимберсов и крепятся с ними не менее чем одним болтом в каждую пятку. Везде, где это возможно, ветви шпангоутов правого и левого бортов следует соединять между собой металлическими или деревянными флорами.

В тех случаях, когда шпангоуты кормового подзора поворотные, они располагаются веерообразно и крепятся болтами нижними концами с последним прямым шпангоутом, а верхними концами — с ватервейсом

и пакетом брусев, составляющих обвязку кормы, который иногда называют винтранцем. Когда шпангоуты кормового подзора устанавливаются сплошным набором, они крепятся между собой и с горнтимберсами так же, как сплошной набор носовых шпангоутов.

Футоксовые шпангоуты могут быть значительно облегчены за счет применения склеивания. Шпангоуты клееной конструкции могут набираться по правке из нескольких слоев склеенных натесных досок, при условии взаимного разгона стыков отдельных досок в каждом слое и количестве слоев не менее четырех (рис. 109).

Сращивание досок в стыках может производиться или в торец, с накладками на стыках наружных досок (рис. 109, а), или стыкованием досок с укороченным усовым соединением (рис. 109, б). Конструкция с накладками менее прочна, чем стыкованная на ус, кроме того, она увеличивает вес и габариты шпангоута.

В настоящее время в эксплуатации находится значительное количество судов с клееными шпангоутами, что позволяет считать их проверенными на практике и рекомендовать для широкого внедрения. Применение склеивания позволит также уменьшить расход лесоматериала и облегчить конструкцию, а прочность клееных шпангоутов несомненно больше, чем наборных. Даже при очень осторожной оценке возможного облегчения клееных шпангоутов (если сохранить размер по лекалу такой же, как у шпангоутов из отдельных футоксов), размер по правке может быть уменьшен на 30—40%.

Натесные однорядные шпангоуты

Натесные однорядные шпангоуты из прямослойного леса выполняются из отдельных днищевых и бортовых ветвей, соединенных флорами и скуловыми кницами (рис. 110). Внутренние кромки таких шпангоутов рекомендуется делать прямыми.

Перетес волокон по наружным кромкам зависит от формы обводов судна, однако в конце каждой ветви перетес не



Рис. 110. Натесной однорядный шпангоут из прямослойного леса.

1 — бортовая ветвь; 2 — флор; 3 — днищевая ветвь; 4 — кница.

должен быть больше $\frac{1}{3}$ высоты шпангоута, т. е. неперетесанными должны оставаться не менее $\frac{2}{3}$ размера шпангоута по лекалу. Если это не может быть выполнено, часть шпангоута следует делать двухслойной, наподобие футоксового (рис. 111).

Кницы и флоры, соединяющие отдельные ветви шпангоута, могут быть выполнены из досок, брусев, бакелизированной фанеры и металлические. Независимо от материала, конструкция флоров и книц должна обеспечивать надежное соединение отдельных ветвей шпангоута между

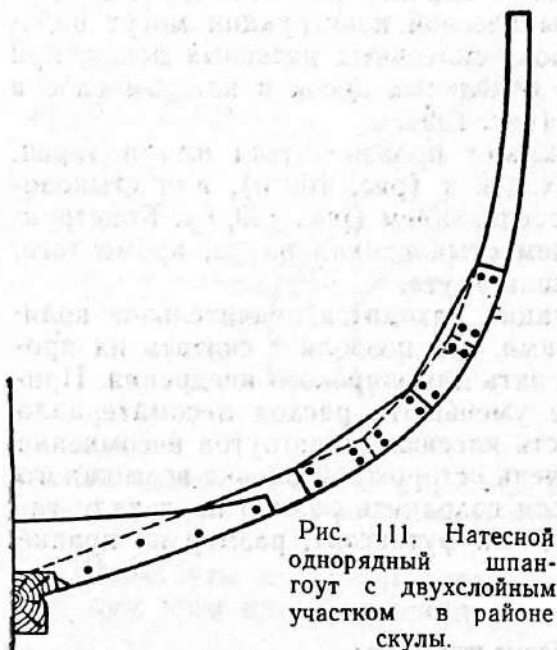


Рис. 111. Натесной однорядный шпангоут с двухслойным участком в районе скулы.

собой, для чего плечо кницы должно быть возможно большим. Во всех случаях скуловая кница должна перекрывать не менее 25% длины ветви шпангоута. Для катеров нормальной и облегченной конструкции эта величина может быть уменьшена до 20%.

Длина флора в средней части судна должна быть не менее полуширины судна, что соответствует величине плеча $0,25 B$. Если по тем или иным соображениям длина флора меньше, прочность днищевое набора должна компенсироваться за счет увеличения сечения днищевой ветви шпангоута и числа креплений, соединяющих флор со шпангоутом.

При плоском днище днищевые шпангоуты не ставятся и заменяются сплошным флором, идущим от борта до борта. Сплошные флоры соединяются непосредственно с бортовыми ветвями шпангоутов скуловыми кницами.

Кницы и флоры могут устанавливаться с одной или с обеих сторон шпангоута. В отдельных случаях (например, при малой высоте шпангоута или в оконечностях судна) могут применяться конструкции, при которых скуловая кница или флор устанавливаются поверх шпангоута (рис. 112).

При выполнении книц и флоров из бакелизированной фанеры толщина их обычно равна приблизительно 0,25 толщины шпангоута. Ставятся они с обеих сторон шпангоута и крепятся не менее чем четырьмя-пятью болтами или заклепками в каждом плече кницы или флора (рис. 113). Между кницами и флорами ставится сплошной сосновый или еловый заполнитель (для облегчения конструкции заполнитель иногда выполняют из бруска, устанавливаемого вдоль свободных кромок книц и флоров). Конструкции из бакелизированной фанеры рекомендуется выполнять на клею, без крепежа. Клеевая конструкция более прочна, и, если имеются производственные возможности, ее следует предпочесть.

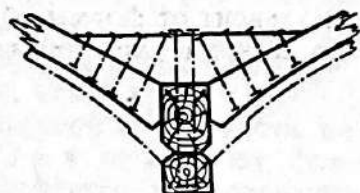


Рис. 112. Деревянный флор, установленный поверх шпангоута.

Флоры и кницы могут быть стальные или из легких сплавов (рис. 114), причем стальные для предохранения от коррозии рекомендуется оцинковывать; толщина флоров и книц обычно равна примерно $1/10$ толщины шпангоута. По свободной кромке и по кромке, прилегающей к скуловому бруску или к килю (резенкилю), флоры и кницы имеют отогнутые фланцы, повышающие прочность. Фланцы, прилегаю-

щие к скуловому брусу и к килю (резенкилю), используются также для крепления, соответственно, со скуловым брусом или килем. Вместо

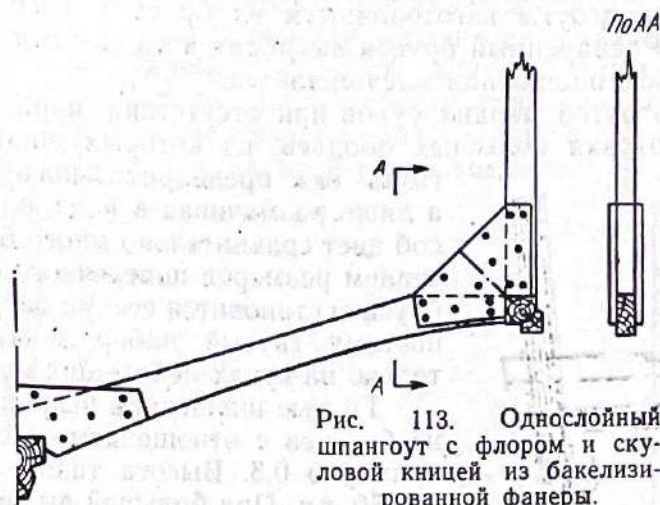


Рис. 113. Однослойный шпангоут с флором и скуловой кницей из бакелизированной фанеры.

отогнутых фланцев могут быть приклепаны угольники или приварены полосы. В отдельных случаях можно применить конструкцию металлических флоров из профильной или полосовой стали.

Как и в футоксовых двухрядных шпангоутах, флоры и шпангоуты при однорядном наборе должны иметь водопротоки (исключение составляют лишь шпангоуты водонепроницаемых переборок).

Конструкция однорядных шпангоутов может выполняться из кривослойного леса твердых пород (рис. 115), в этом случае отдельные штуки соединяются одной или двумя накладками, установленными сбоку шпангоута, или «внакрой» (одна штука перекрывает другую); крепление болтовое. Так как конструк-

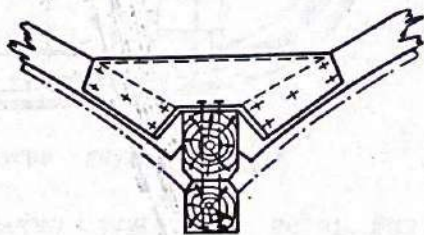


Рис. 114. Флор из металлического листа.

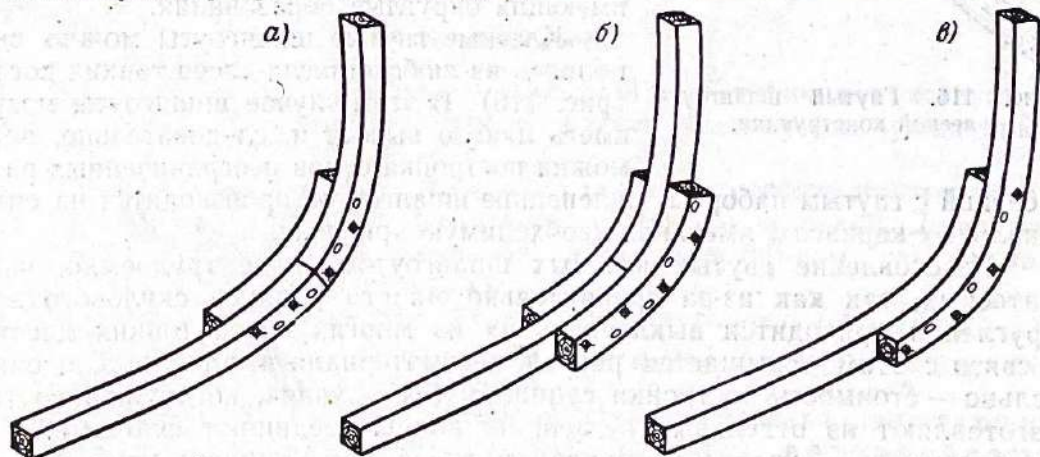


Рис. 115. Однорядный натесной шпангоут из кривослая: а — с односторонней накладкой; б — с двусторонней накладкой; в — соединение «внакрой».

ция не имеет промышленного значения, подробное описание ее не приводится.

Гнутые шпангоуты

Гнутые шпангоуты изготавливаются из брусьев, согнутых в распаренном виде. Распаренный брусок выгибается на шаблоне, затягивается шиной и в таком положении высушивается.

Для шпангоутов мелких судов при отсутствии парилок часто употребляют заготовки колесных ободьев, из которых шпангоуты можно гнуть без предварительного распаривания, а лишь размачивая в воде, однако этот способ дает сравнительно много брака. С увеличением размеров поперечного сечения гнутые бруски становятся весьма затруднительным, поэтому гнутый набор можно применять только на судах небольших размеров.

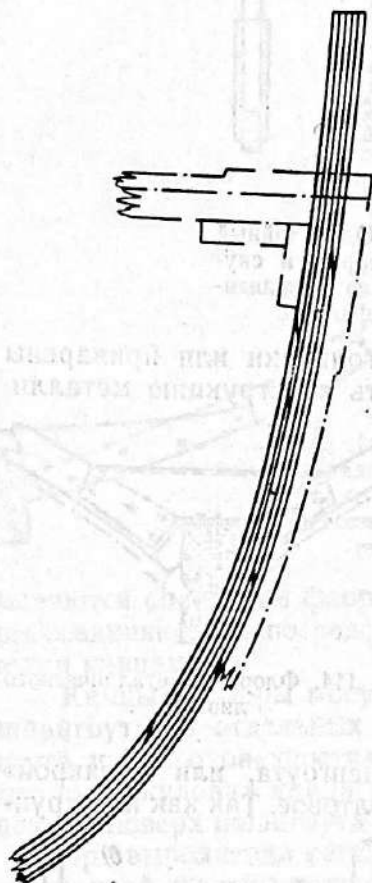


Рис. 116. Гнутый шпангоут клееной конструкции.

Гнутые шпангоуты выполняются обычно из брусков с отношением высоты к ширине примерно 0,8. Высота такого бруска не более 50 мм. При большей высоте гнутые можно облегчить, сделав пропил на участке наибольшей кривизны (примерно на середине высоты бруска). Если выгнуть шпангоут из одного бруска невозможно, применяют конструкцию двухслойного шпангоута; толщина каждого слоя не более 50 мм. Оба слоя склеиваются. Конструкция из гнутых шпангоутов показана на рис. 59, где дан мидель-шпангоут разьездного катера.

Гнутый шпангоут выполняется из двух самостоятельных ветвей, соединяемых в диаметральной плоскости над килем, или цельным на оба борта. Выгибание цельного шпангоута из одного бруска на оба борта возможно для судов небольших размеров, имеющих округлые образования.

Клееные гнутые шпангоуты можно выполнять из любого числа слоев тонких досок (рис. 116). В этом случае шпангоуты могут иметь любую высоту и, следовательно, возможна постройка судов неограниченных раз-

мерений с гнутым набором. Склеивание шпангоутов производится на специальных каркасах, имеющих необходимую кривизну.

Изготовление гнутых клееных шпангоутов более трудоемко, чем натесных, так как из-за сравнительно малого радиуса скулового закругления приходится выклеивать их из многих слоев тонких досок; в связи с этим повышается расход лесоматериала и клея, а следовательно — стоимость постройки судна. В тех случаях, когда шпангоуты изготавливают из отдельных ветвей, их концы соединяют флорами. На мелких катерах крепление правой и левой ветвей шпангоутов может осуществляться взаимным перекрыванием их на 250 мм и креплением заклепками или болтами.

При больших мощностях главного двигателя прочность гнутых шпангоутов нормального сечения у концов больших палубных вырезов в районе моторных отделений может оказаться недостаточной, поэтому

необходимо предусматривать конструктивные мероприятия для усиления набора и шпангоутов в этих районах. В частности, в деревянном катеростроении применяют установку дополнительных флоров и рамных шпангоутов. На рис. 117 показана конструкция усиленных гнутых шпангоутов, установленных в районе моторного отделения на 100-сильном буксирном катере. Усиление вызвано сравнительно легкой конструкцией набора этого судна при двухвальной установке.

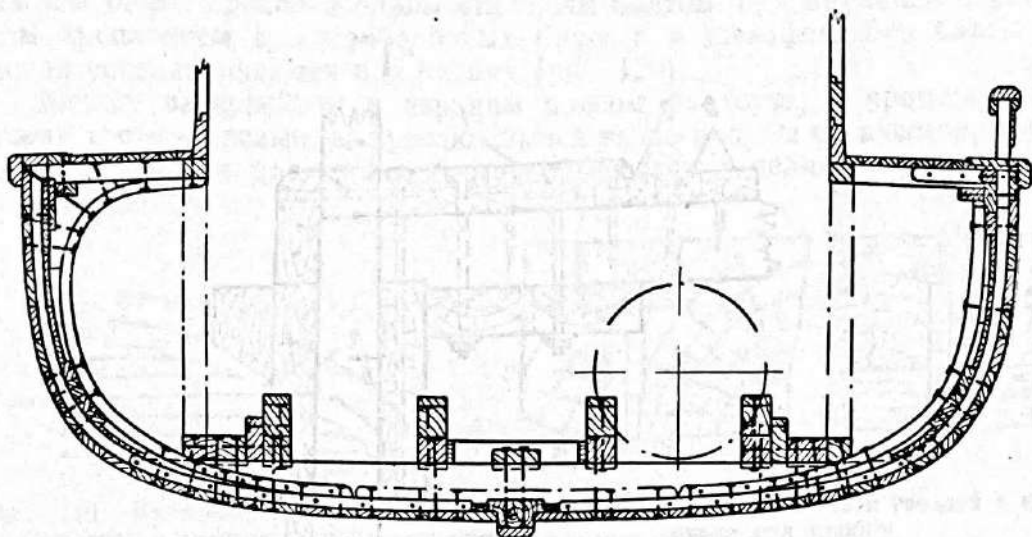


Рис. 117. Мидель-шпангоут буксирного катера с гнутым набором.

Материалом для гнутых шпангоутов обычно служат дуб, ясень, вяз и акация. Клееные гнутые шпангоуты можно изготовлять также из хвойных пород леса; для наружных слоев клееных шпангоутов рекомендуется применять дерево твердой породы.

Палубный настил и подпалубный набор

Палубный настил

Для морского деревянного судна наиболее типична конструкция палубного настила, выполненная из одного слоя досок, уложенных вдоль судна.

Палубный настил, как и наружная обшивка, состоит из отдельных досок, длина которых примерно равна длине досок обшивки. Доски настила плотно пригоняются сердцевинной частью к бимсам (так же, как наружная обшивка к шпангоутам).

Исходя из условий возможно меньшего коробления палубного настила, применяются доски шириной не более чем $100 + \frac{t}{2}$ мм, где t — толщина доски. Несколько поясьев палубного настила, прилегающих к борту, делаются утолщенными и называются ватервейсами (рис. 118). Длина отдельных досок или брусьев ватервейса должна быть не менее длины досок бархоута. Если ватервейс по ширине составляется из трех и более рядов досок, длину отдельных штук можно уменьшить до длины досок прочей наружной обшивки.

Ватервейс вытесывается по обводу судна или гнется из брусков. В первом случае следует обратить внимание на то, чтобы перетес от-

дельных досок в оконечностях судна, где обводы имеют наибольшую кривизну, был минимальным. Неперетесанных волокон в доске ватервейса должно быть не менее чем в $\frac{2}{3}$ ширины досок. Во втором случае бруски ватервейса могут быть как цельными, так и клееными из нескольких слоев досок, согнутых и склеенных по пласти. Толщина склеиваемых досок выбирается в зависимости от кривизны брусьев. Конструкция из клееных брусьев в принципе аналогична натесной.

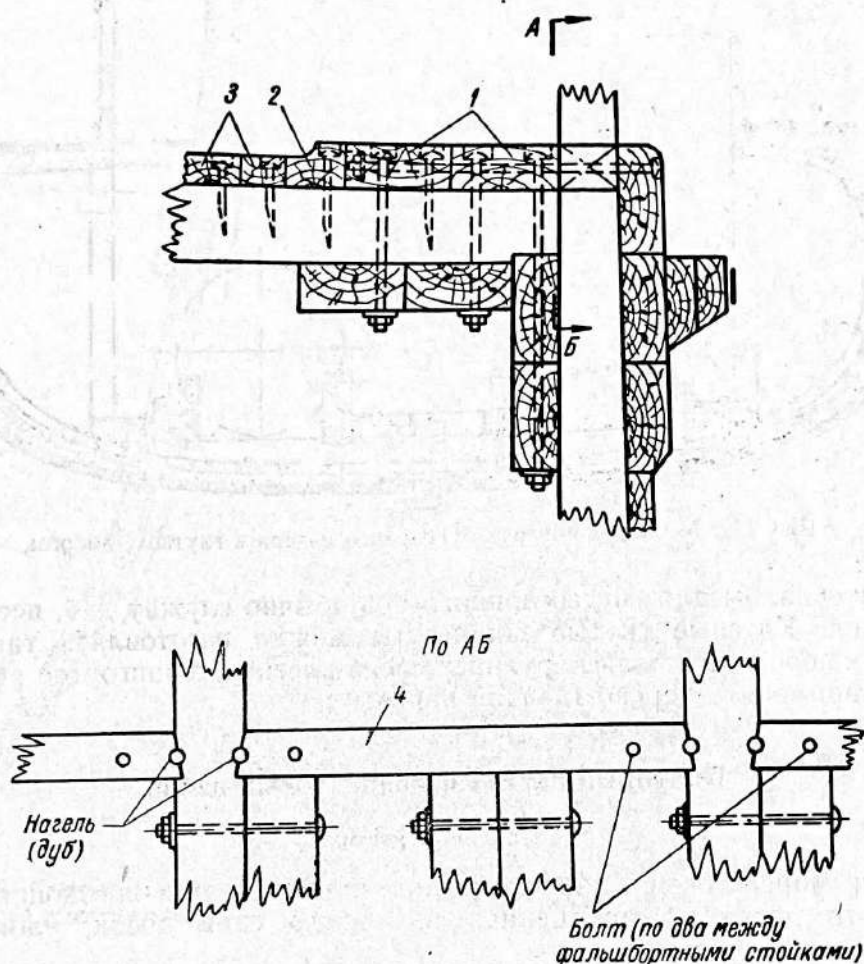


Рис. 118. Натесной ватервейс из досок.

1 — доски ватервейса; 2 — закройный брус; 3 — доски палубного настила; 4 — ватервейсные втулки.

Отдельные доски ватервейса сращиваются косыми вертикальными гладкими замками на коксах или с зубом длиной в четыре ширины бруса; в каждом замке должно быть не менее четырех болтов. Прочие доски палубного настила стыкуются на бимсах. Концы палубных досок в оконечностях врезаются в зубовой (закройный) пояс ватервейса и крепятся к нему гвоздями (рис. 119).

Разгон стыков досок палубного настила и их крепление такие же, как для однослойной наружной обшивки; стык досок настила на одном и том же бимсе может приходиться лишь через три пояса, т. е. в каждом четвертом поясе.

Расстояние между центрами замков двух соседних поясов ватервейса равно не менее чем трем расстояниям между бимсами.

Доски настила крепятся к бимсам корабельными гвоздями длиной около 2,5 толщины доски; на каждом бимсе в доску приходится два гвоздя, а при толщине палубного настила более 75 мм — два и три попеременно. Для досок или брусков ватервейса гвоздевое крепление частично заменяется болтовым с таким расчетом, чтобы каждый пояс на каждом бимсе крепился одним сквозным болтом, одновременно служащим креплением для подбалочных брусьев и шельфов. Все болты и гвозди устанавливаются под пробку (рис. 120).

Между ватервейсом и верхним поясом бархоута, в промежутках между топтимберсами, выпускающимися выше палубы в качестве стоек фальшборта или надстройки, устанавливаются заполнители — так на-

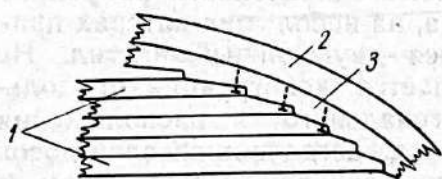


Рис. 119. Крепление палубного настила в оконечностях.

1 — палубный настил; 2 — ватервейс; 3 — зубовой (закройный) пояс ватервейса.

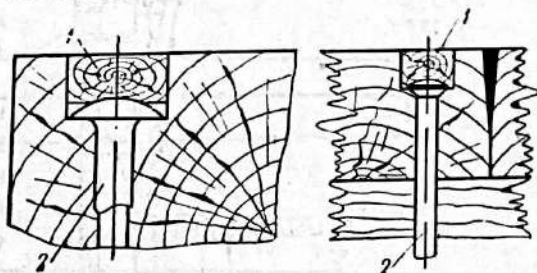


Рис. 120. Установка болтов и гвоздей в настиле под пробку.

1 — пробка (сосна, ставить на белилах); 2 — болт или гвоздь.

зываемые ватервейсные втулки; они укрепляются деревянными нагелями, которые одновременно являются стопватерами. Стопватеры забиваются горизонтально между торцами втулок и стойками, кроме того, ставятся горизонтальные болты, крепящие пояса ватервейса, ватервейсные втулки и верхний пояс бархоута (см. рис. 118).

В тех случаях, когда шпангоуты не проходят через ватервейс, торцы топтимберсов врезаются в шип в крайний к борту пояс ватервейса. Ватервейс крепится вертикальными и наклонными болтами с бархоутом, бимсами, подбалочными брусьями и шельфами.

Водонепроницаемость палубы обеспечивается конопаткой; разладка пазов такая же, как и у наружной обшивки. После конопатки все пазы и стыки палубного настила заливаются варом.

У двухпалубных судов конструкция настила второй (нижней) палубы в принципе не отличается от конструкции палубного настила верхней палубы. Если нижняя палуба предназначена для перевозки грузов, толщина ее настила должна быть не менее 75 мм, а если для размещения жилых и хозяйственных помещений — настил может быть толщиной 40 мм.

Иногда ватервейс нижней палубы подкрепляется брусом, установленным поверх ватервейса и прилегающим к внутренним кромкам шпангоутов; этот брус называется спиркетингом. Конструкция и крепление его — аналогичны подбалочным брусьям. В зависимости от размеров судна спиркетинг может состоять из одного (рис. 121) или двух рядов брусьев.

На небольших судах типа катеров палубный настил может выполняться из одного слоя продольно расположенных досок. В этом случае

конструкция настила не отличается от описанной выше, с той лишь разницей, что обычно ватервейс этих судов, являясь одновременно закройным поясом для остального настила, выполнен в ширину из одной доски, выпиленной по обводу борта. Ввиду недостаточной ширины бимсов, стыки досок настила и ватервейса, как правило, расположены не на бимсах, а в шпации и соединяются встык на планках. Ширина досок палубного настила не превышает трех толщин доски. Настил крепится

к бимсам гвоздями, забиваемыми наискось в кромку доски настила (рис. 122), а ватервейсный пояс — шурупами.

Однослойный палубный настил может выполняться на пазовых рейках, аналогично наружной обшивке с пазовыми рейками.

Кроме однослойного палубного настила, на небольших катерах применяется двухслойный настил. Не исключается конструкция продольно-диагонального расположения слоев, т. е., когда нижний слой досок настила расположен под углом к диаметральной плоскости, а верхний (наружный) имеет продольное направление.

Возможна конструкция палубного настила, выполненного из бакелизированной фанеры.

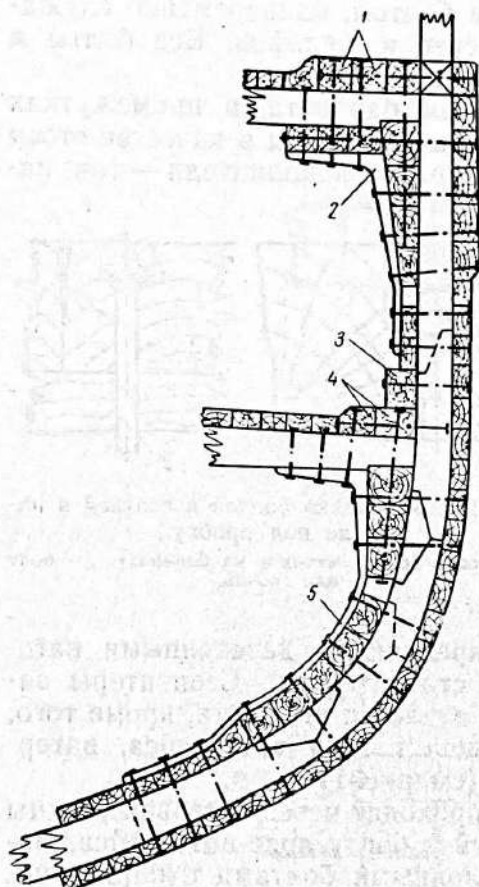


Рис. 121. Соединение бимсов верхней палубы и твиндека с бортовым набором.

1 — ватервейс верхней палубы; 2 — бимсовая кница; 3 — спиркетинг; 4 — ватервейс; 5 — ридерсовая кница.

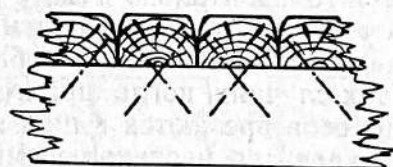


Рис. 122. Крепление палубного настила у катера.

При конструировании двухслойного палубного настила или настила из фанеры можно руководствоваться теми же соображениями, что и для многослойной и фанерной наружной обшивки судна.

Бимсы

Бимсы представляют собой поперечные подпалубные балки прямоугольного сечения, простирающиеся непрерывно от одного борта до другого. Они служат опорой для палубного настила и воспринимают все нагрузки, приходящиеся на палубу. К таким нагрузкам относятся:

а) постоянно действующие (вес установленный на палубе над

строек, вспомогательных механизмов, оборудования, палубных грузов и т. д.);

б) кратковременные (вес накатывающейся на палубу воды).

Кроме того, бимсы, будучи установлены в распор между бортами, играют весьма существенную роль в обеспечении поперечной прочности судна. Бимсы открытых палуб выполняются с погибью, что обеспечивает сток за борт попадающей на палубу воды, а также улучшает работу палубного перекрытия при восприятии им палубных нагрузок; величина погиби в миделевой части обычно принимается равной $\frac{1}{50}$ ширины судна. Бимсы платформ и палуб в междупалубных помещениях выполняются без погиби.

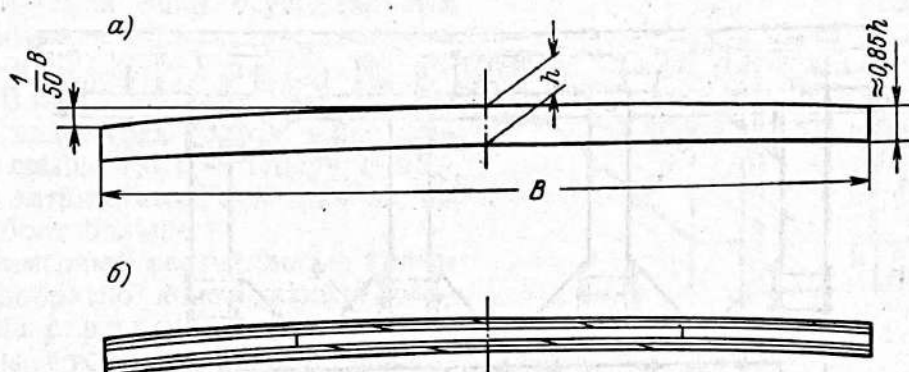


Рис. 123. Конструкции бимсов: а — гнутый из цельного бруса; б — клееный.

Бимсы могут быть из цельных брусьев или клееной конструкции. Отношение ширины бруса (т. е. его размера по правке) к высоте (размер по лекалу) в диаметральной плоскости обычно принимается равным 0,8. В тех случаях, когда бимсы выполняются из цельных брусьев, погибь достигается как за счет гнутья, так и за счет постепенного уменьшения высоты бруса к бортам, т. е. его размера по лекалу. У борта размер бруса по лекалу может быть примерно на 15% меньше, чем в диаметральной плоскости (рис. 123, а). Клееные бимсы для простоты изготовления имеют обычно постоянный размер по лекалу и выклеиваются из нескольких слоев тонких досок. Выклеивание производится на специальном каркасе (прессе), которому придается стандартная погибь.

Не рекомендуется изготавливать клееные бимсы менее чем из трех слоев. Средний слой целесообразно делать из более толстой доски, соединяемой в торец, а наружные слои — из более тонких слоев, с усовым соединением стыков (рис. 123, б). Стыки должны быть взаимно разогнаны, и, по возможности, не располагаться в диаметральной плоскости или вблизи нее (т. е. в зоне действия наибольшего изгибающего момента).

Применение склеивания позволяет не только более широко использовать короткомерный материал, но и избежать трудоемкой работы по гнутью и вытесыванию бимсов при изготовлении их из цельных брусьев. Утяжеление клееных бимсов за счет постоянной высоты сечения, по сравнению с натесными, имеющими переменную высоту, незначительно. Известно, что склеивание дает возможность избежать местных пороков в древесине, поэтому прочность бимса клееной конструк-

пии относительно бо́льшая, чем бимса из цельного бруса такого же сечения. При условии равнопрочности этих конструкций поперечное сечение клееного бимса может быть меньше, и указанное выше утяжеление компенсируется. Ориентировочно поперечное сечение может быть меньше на 5—10%, что достигается уменьшением размера по правке.

Прочность клееного бимса можно повысить, применив для крайних слоев доски из древесины твердых пород.

Размер бимсов по правке должен быть не менее двух толщин палубного настила, размер полубимсов по правке может быть уменьшен до полутора толщин настила, если на полубимсах не расположены стыки досок палубного настила.

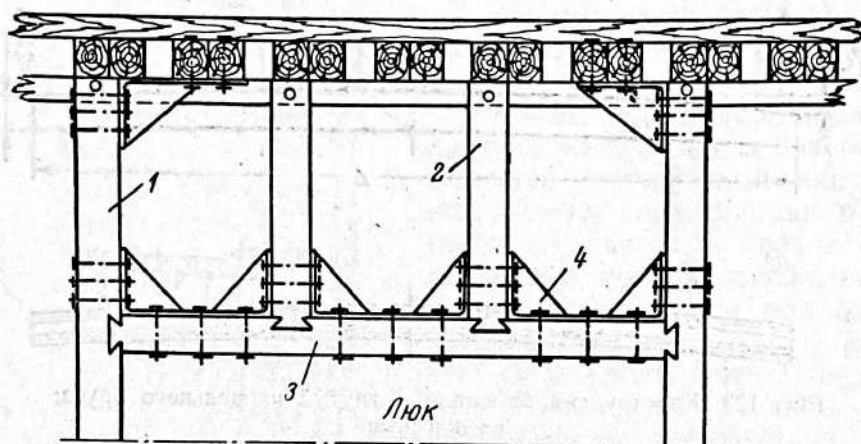


Рис. 124. Бимсы и карлингсы в районе люкового выреза.

1 — бимс; 2 — полубимс; 3 — карлингс; 4 — металлическая П-образная кница сварной конструкции.

Расстояние между бимсами, как правило, не везде одинаково, а меняется в зависимости от расположения вырезов на палубе, пяртерсов мачт, битенгов, палубных механизмов и т. п., однако во всех случаях оно не превышает 1,1 м. Не менее 70% всех бимсов располагается так, чтобы концы их торцами упирались в шпангоуты.

Прочные размеры бимса зависят от его пролета, т. е. от расстояния между продольными связями, служащими опорой для бимсов (подбалочные брусья, продольные подпалубные балки), и от величины бимсовой шпации.

Величина нагрузки, приходящейся на палубное перекрытие и, следовательно, на бимсы, определяется районом плавания судна и его назначением. Бимсы у концов люков и других больших вырезов, а также мачтовые, у битенгов и в районе установки палубных механизмов должны быть усилены, что достигается увеличением размера по правке примерно на 30%. Размеры бимсов и других связей подпалубного набора у судов, перевозящих палубные грузы, определяются в зависимости от рода груза и способов перевозки.

Бимсы у концов люков и прочих вырезов, а также мачтовые соединяются между собой карлингсами, поперечное сечение которых берется не меньшим, чем у бимсов. Концы карлингсов врезаются в бимсы, между которыми они расположены, промежуточные полубимсы, в свою очередь, врезаются в карлингсы. Концы карлингсов и полубимсов врезаются не менее чем на 20—25 мм. Бимсы и полубимсы крепятся с кар-

лингсами стальными полосами, подкрепленными в углах сварными кницами (рис. 124).

Концы бимсов врезаются в подбалочные брусья на 15—20 мм и соединяются с бортами судна через шельфы и подбалочные брусья, а также через вертикальные и горизонтальные металлические или деревянные кницы.

При наличии шельфов из двух или более рядов брусьев с сечением, равным не менее чем $\frac{2}{3}$ сечения подбалочных брусьев, горизонтальные и вертикальные кницы должны ставиться только у люковых и мачтовых бимсов. При отсутствии шельфов количество книц увеличивается в зависимости от размеров судна. Крепление таких книц осуществляется сквозными болтами, проходящими через наружную обшивку и ватервейс. В бимсовой ветви ставят обычно не менее трех болтов, а при длине ее свыше 1,0 м — четыре. В бортовой ветви ставят, как правило, на один болт больше.

Бимсовые вертикальные кницы целесообразно конструктивно объединять с ридерсами (стальные полосы, устанавливаемые поверх внутренней обшивки, и дополнительно крепящие набор в районе скулового закругления), т. е. вертикальные ветви бимсовых книц делать такой длины, чтобы их нижний конец перекрывал флортимберс. Величина перекрытия должна быть достаточной, чтобы поставить не менее двух болтов в конец кницы — ридерса. Установка ридерсов необходима в оконечностях судна, а также на судах с резко выраженной скулой, когда взаимный перекрой футоксов шпангоутов меньше, чем требуется Правилами Морского Регистра СССР. Бимсовые кницы, выполненные заодно с ридерсами, называются ридерсовыми.

В оконечностях ридерсы и ридерсовые кницы располагаются в направлении к штевням под углом около 45° к горизонту и крепятся сквозными болтами через наружную обшивку в каждое пересекаемое дерево набора; поставленные так кницы поддерживают оконечности судна и препятствуют их провисанию. На рис. 121 представлена конструкция соединения бимсов верхней палубы и палубы твиндека с бортовым набором при помощи, соответственно, бимсовых и ридерсовых книц, примененная на экспедиционном судне с неограниченным районом плавания.

Установка горизонтальных книц обязательна для бимсов, на которые приходится большие нагрузки (мачтовых, расположенных у концов люковых и иных больших вырезов, см. рис. 124).

При применении склеивания возможно исполнение шпангоутной рамки (шпангоутов с бимсами) в виде единой монолитной конструкции. Соединение бимса со шпангоутом в подобной конструкции показано далее, на рис. 167. Для небольших судов типа катеров принцип соединения бимсов с бортовым набором не отличается от вышеописанного, за

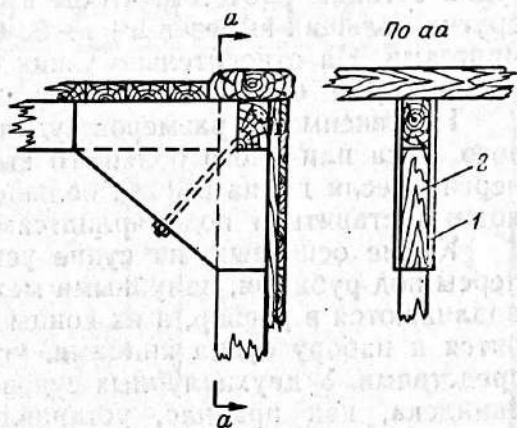


Рис. 125. Соединение бимса со шпангоутом кницами на клею.

1 — кница из бакелизированной фанеры;
2 — наполнитель.

исключением того, что сама конструкция значительно легче. На рис. 125 показано соединение бимса со шпангоутом кницами из бакелизированной фанеры, приклеенными с обеих сторон бимса и шпангоута. Между этими кницами поставлен заполнитель из мягкой породы дерева. Внутренний привальный брус крепится косым болтом.

Подпалубные балки и пиллерсы

Подпалубные балки и пиллерсы устанавливаются для уменьшения величины пролетов бимсов. Балки целесообразно размещать по ширине судна с таким расчетом, чтобы в районе вырезов грузовых люков или других больших вырезов в палубе они находились под продольными комингсами. На относительно узких судах шириной до 6,5 м пиллерсы и подпалубные балки можно вовсе не ставить.

Независимо от размеров судна под каждым бимсом в конце грузового люка или иного большого выреза ставится не менее одного пиллерса, а если длина выреза больше полуширины судна, пиллерсы необходимо ставить и под карлингсами по обеим его сторонам.

Кроме основных, на судне устанавливаются дополнительные пиллерсы под рубками, палубными механизмами и т. д. Все пиллерсы устанавливаются в распор, а их концы хорошо пригоняются по месту и крепятся к набору судна кницами, угольниками или другими надежными средствами. У двухпалубных судов пиллерсы верхней палубы и палубы твиндека, как правило, устанавливаются один под другим.

Пиллерсы могут быть деревянные (из брусьев квадратного сечения) и металлические (обычно трубчатые). На рис. 126 показано крепление металлического трубчатого и деревянного пиллерсов к набору корпуса.

Подпалубные балки выполняются из брусьев, идущих от переборки до переборки. Если подпалубная балка прерывается на каком-либо вырезе, она должна заканчиваться на бимсе и концом опираться на пиллерс. Подпалубные балки могут выполняться из одного или из нескольких брусьев, составленных по ширине или по высоте (рис. 127). При устройстве подпалубных балок из двух или более рядов брусьев, объединенных в один пакет, каждый ряд, в свою очередь, может составляться по длине из отдельных штук, соединенных косыми замками. Замки должны располагаться так, чтобы расстояние между центрами их в соседних брусьях было не менее 3 м, а сам замок был расположен на пиллерсе; длина замка должна равняться пятикратной высоте бруса. В замке устанавливается не менее четырех болтов. Ряды брусьев подпалубных балок крепятся между собой болтами с шагом не более 500 мм, и к каждому бимсу одним болтом. На переборках подпалубные балки крепятся со стойками металлическими или деревянными кницами. Плечи книц должны быть такими, чтобы в каждом могло разместиться не менее трех креплений.

Если подпалубные балки составлены из двух или более рядов брусьев и простираются непрерывно на 0,4—0,5 длины судна в его средней части, то при изгибе они вовлекаются в работу совместно с остальными продольными связями. Такие балки могут учитываться в числе продольных связей корпуса путем уменьшения суммарного сечения ватервейса и подбалочных брусьев примерно на 30% площади сечения подпалубных брусьев. В этом случае подпалубные балки врезаны на бимсы на глубину 15—20 мм.

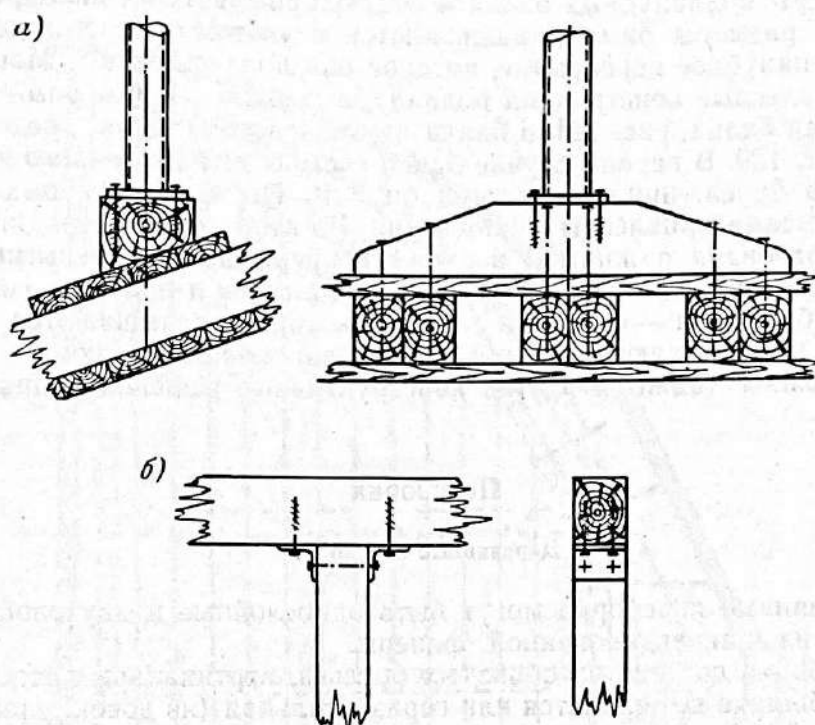


Рис. 126. Крепление пиллерсов к набору корпуса: *а* — крепление металлического трубчатого пиллерса к днищевому набору, *б* — крепление деревянного пиллерса к подпалубной балке.

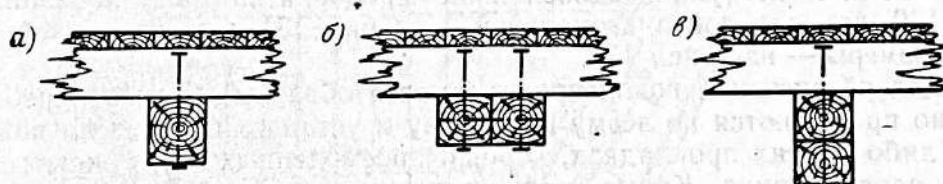


Рис. 127. Продольные подпалубные балки: *а* — из одного ряда брусьев; *б* — из двух рядов брусьев, составленных по ширине; *в* — из двух рядов брусьев, составленных по высоте.

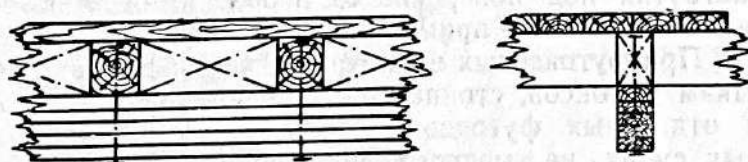


Рис. 128. Монолитная клееная подпалубная балка.

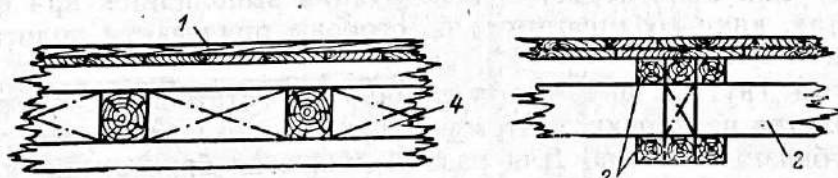


Рис. 129. Двухтавровая клееная подпалубная балка.

1 — диагонально-продольный настил палубы; 2 — бимсы; 3 — верхний и нижний пояски балки; 4 — стенка балки.

Размеры подпалубных балок и поддерживающих их пиллерсов, так же как и размеры бимсов, назначаются с учетом нагрузки, приходящейся на палубное перекрытие, которое они поддерживают. Могут применяться клееные конструкции подпалубных балок. Примерами служат монолитная балка, рис. 128, и балка двутаврового сечения, представленная на рис. 129. В первом случае балка состоит из выклеенного из досок сплошного бруса, прилегающего к бимсам. По верхней кромке бруса между бимсами приклеены заполнители. Во втором случае подпалубная балка образована нижним и верхним непрерывными клееными брусками — поясами, устанавливаемыми поверх бимсов и под бимсами, и короткими брусками — стенками балки, которые размещаются между бимсами и связывают верхний и нижний пояски балки.

Возможны также и другие конструктивные решения подпалубных балок.

Переборки

Деревянные переборки

Деревянные переборки могут быть однослойные и двухслойные, из досок и из бакелизированной фанеры.

Переборка состоит из обвязных брусьев, вертикальных стоек и обшивки. Обшивка выполняется или горизонтальная (из досок, уложенных в один слой, с конопаткой пазов), или диагональная (из двух слоев досок, с прокладкой из просмоленной или покрашенной парусины). Обшивка может быть выполнена из бакелизированной фанеры в один и в два слоя. Конструкция однослойной переборки из досок показана на рис. 130, двухслойной диагональной — на рис. 131 и из бакелизированной фанеры — на рис. 132.

Для обеспечения водонепроницаемости обвязные брусья переборки плотно пригоняются по всему периметру и устанавливаются на войлочных, либо других прокладках, хорошо просмоленных или покрытых густым слоем сурика. Кроме того, по периметру переборки в обвязных брусьях выбираются канавки, в которые закладываются жгуты из смольной пакли, а по всем пазам продольных связей ставятся стопватеры — цилиндрические нагели.

На шпангоутах под поперечными переборками, для обеспечения водонепроницаемости также применяются аналогичные прокладки, стопватеры и т. п. При футоксовых шпангоутах, во избежание просачивания воды по стыкам футоксов, стопватеры устанавливаются по плоскостям сопряжения отдельных футоксов.

На малых судах, не имеющих внутренней обшивки, полотно переборки может крепиться непосредственно к шпангоуту, заменяющему обвязные брусья. Если подобная конструкция выполняется при натесных шпангоутах, кницы у шпангоута со стороны прилегания полотна переборки не ставятся.

Высота гнутых шпангоутов обычно недостаточна для крепления к ним полотна переборки, поэтому поверх гнутого шпангоута устанавливаются обвязные брусски. Для размещения этих брусков шпангоут может понадобиться уширить (рис. 133). Стойки переборки ставятся к полотну узкой стороной (ребром), врезаются концами в обвязки и крепятся к ним болтами. Отношение ширины стойки к высоте равно примерно 0,8. Обычно расстояние между стойками для таранной переборки

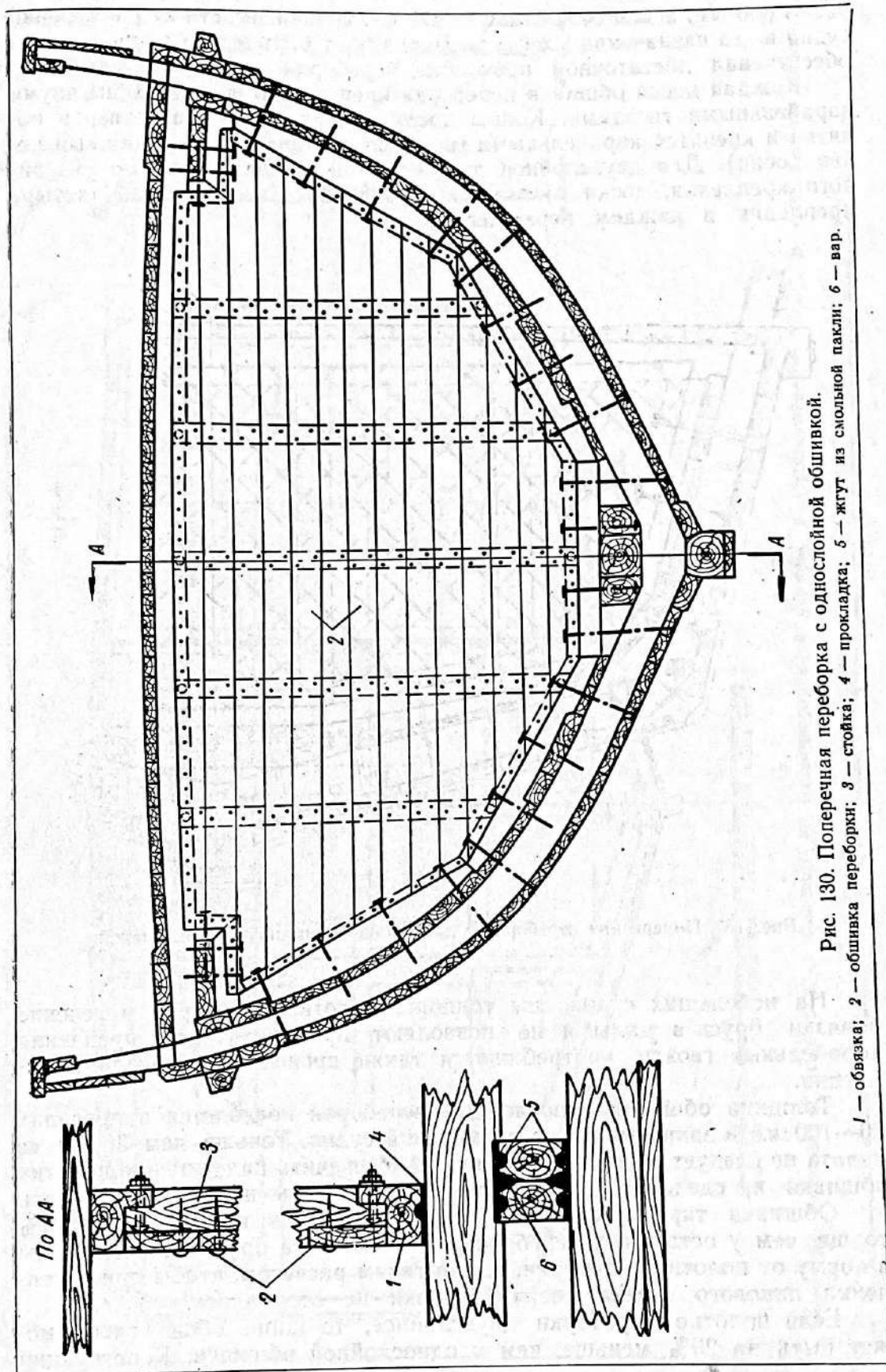


Рис. 130. Поперечная переборка с однослойной обшивкой.

1 — обвязка; 2 — обшивка переборки; 3 — стойка; 4 — прокладка; 5 — жгут из смоляной пакли; 6 — вар.

равно 600 мм, а для остальных — 800 мм. В зависимости от размерений судна и его назначения это расстояние может быть и иным, при условии обеспечения достаточной прочности переборки.

Каждая доска обшивки переборки крепится ко всем стойкам двумя корабельными гвоздями. Концы досок закладываются в четверть обвязки и крепятся корабельными гвоздями (по два гвоздя в каждый конец доски). Для двухслойной диагональной обшивки, помимо указанного крепления, доски взаимно крепятся гвоздями на загиб (четыре крепления в каждом пересечении).

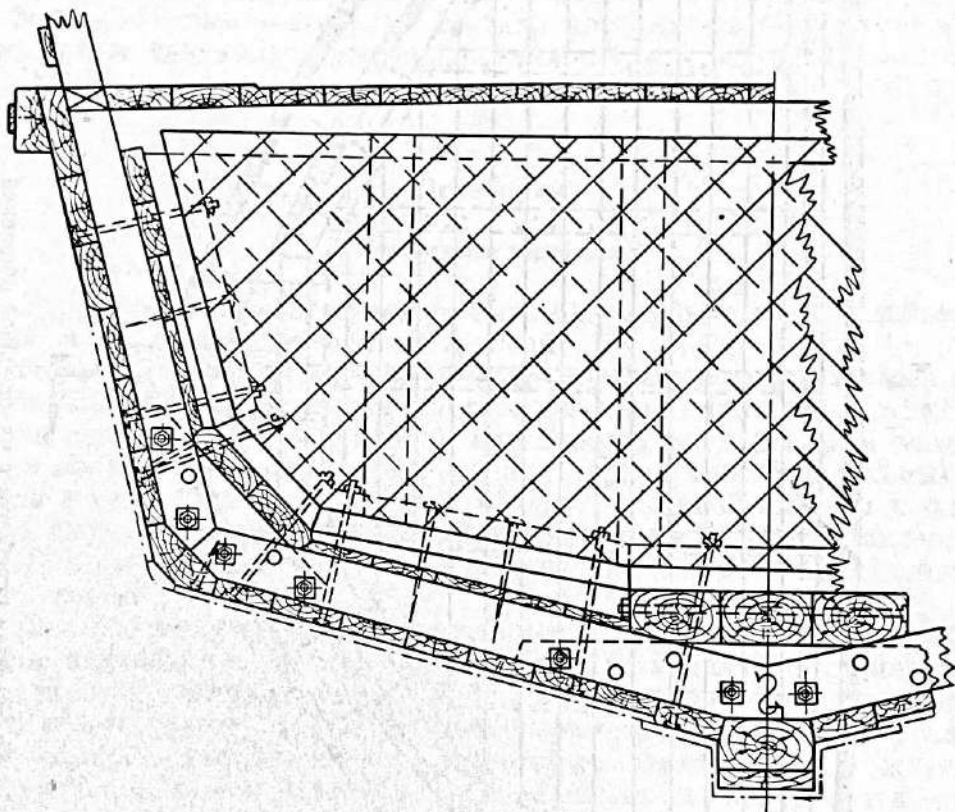


Рис. 131. Поперечная переборка с двухслойной диагональной обшивкой.

На небольших судах, где толщина полотна переборки и сечение обвязки брусьев малы и не позволяют применить для крепления корабельные гвозди, употребляются также проволоочные гвозди и заклепки.

Толщина обшивки однослойных переборок колеблется в пределах 30—100 мм в зависимости от размерений судна. Тоньше чем 30 мм ее делать не следует, так как невозможно обеспечить надежную конопатку обшивки и, следовательно, водонепроницаемость полотна переборки.

Обшивка таранных переборок должна быть примерно на 10% толще, чем у остальных переборок, а обвязанные брусья расположены в корму от полотна переборки, т. е. с таким расчетом, чтобы при затоплении пикового отсека доски обшивки не оторвались.

Если полотно переборки двухслойное, толщина обоих слоев может быть на 20% меньше, чем у однослойной обшивки. Конструкция

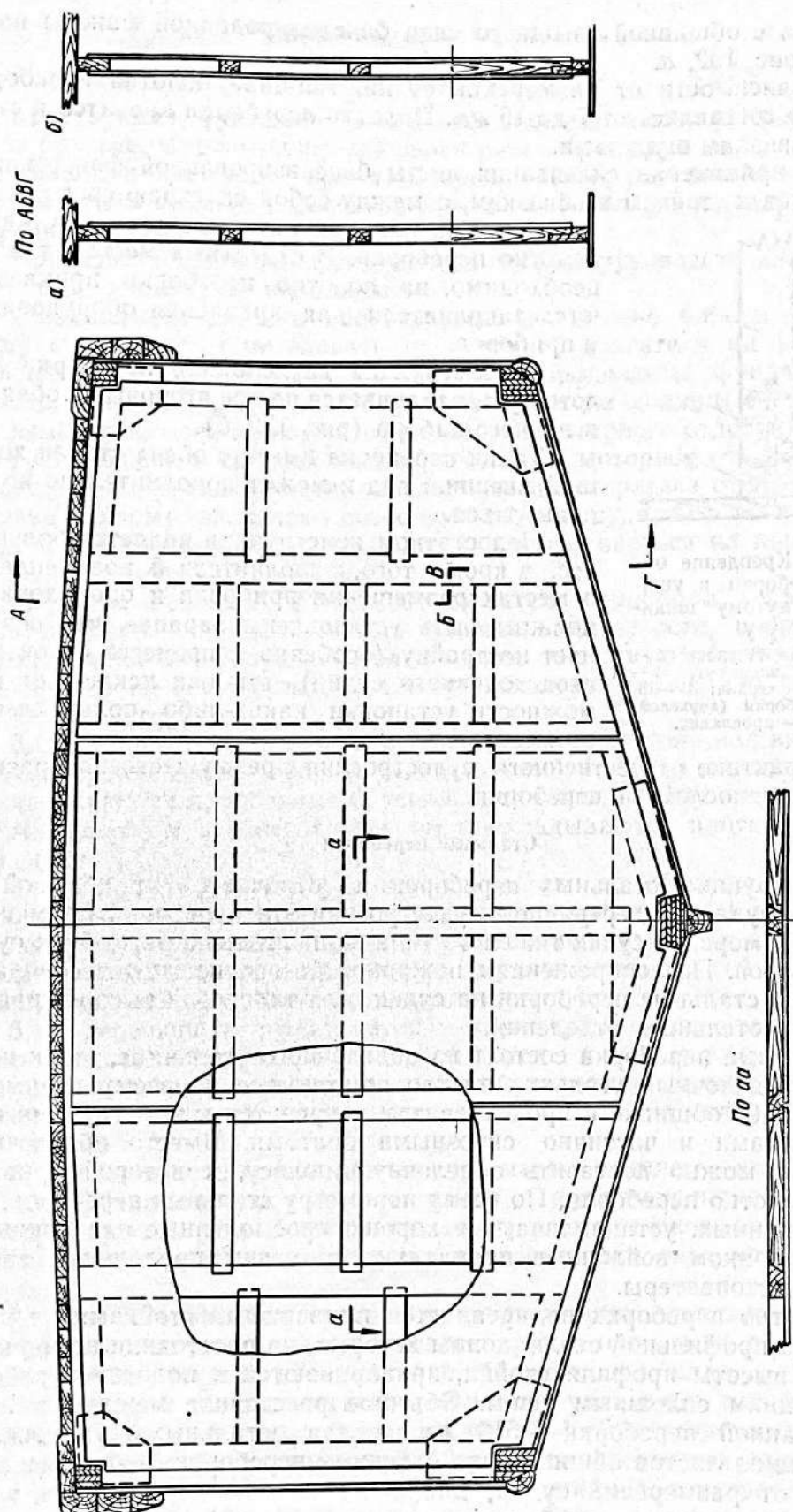


Рис. 132. Поперечная переборка с обшивкой из бакелизированной фанеры: а — однослойная обшивка; б — двухслойная обшивка.

переборки с обшивкой из одного слоя бакелизированной фанеры показана на рис. 132, а.

В зависимости от размерений судна, толщина полотна переборки (фанера) составляет от 7 до 16 мм. Полотно переборки крепится к стойкам и обвязкам шурупами.

При применении склеивания листы бакелизированной фанеры приклеиваются к стойкам и обвязкам, а между собой склеиваются по пазам на ус или на планках такой же толщины, как и полотно переборки. В отдельных местах, где это необходимо, на полотно переборки приклеиваются заполнители для крепления оборудования и приборов.

В конструкции двухслойной переборки полотно устанавливается по обе стороны от обвязки и прочего набора (рис. 132, б).

Такая переборка имеет с обеих сторон хороший внешний вид и может дополнительно не отделяться.

Недостатком конструкции является большой вес, а кроме того, заполнители и подкрепления в местах размещения приборов и оборудования должны быть установлены заранее, что осложняет постройку (особенно в процессе строительства головного судна), так как исключает возможность установки каких-либо подкреплений по месту.

Рис. 133. Крепление обвязки переборки к уширенному гнутому шпангоуту.

1 — наружная обшивка; 2 — уширенный шпангоут; 3 — обвязка; 4 — стойка; 5 — обшивка переборки (двухслойная); 6 — прокладка.

В практике отечественного судостроения преимущественно распространены однослойные переборки.

Стальные переборки

Конструкция стальных переборок не отличается от обычной на стальных судах. В деревянном судостроении эти переборки применяют обычно на морских судах тяжелого типа и значительно реже — на судах типа катеров. По соображениям пожарной безопасности целесообразно применять стальные переборки на судах всех типов для выгораживания машинно-котельных отделений.

Стальные переборки состоят из обделочного угольника, стоек и обшивки. Обделочный угольник плотно пригоняется по всему периметру к внутренней обшивке и прочим связям и крепится к ним глухими болтами, ершами и частично сквозными болтами. Вместо обделочного угольника можно поставить обделочную полосу, к которой приваривается полотно переборки. По всему периметру стальных переборок, как и у деревянных, устанавливаются хорошо просмоленные или покрытые густым суриком войлочные прокладки; по пазам продольных связей ставятся стопватеры.

Полотно переборки подкрепляется приварными стойками из полосовой или профильной стали, концы которых, на расстоянии не меньшем двойной высоты профиля стойки, привариваются к полотну переборки двусторонним сплошным швом. Обычное расстояние между стойками для таранной переборки — 610 мм, а для остальных — 760 мм.

Толщина листов обшивки для стальных переборок 4—7 мм, в зависимости от размерений судна; нижний пояс — обычно на 1 мм толще остального полотна переборки.

Фундаменты и подкрепления

Фундаменты главных двигателей

Конструкция фундамента, представляющего пакет из нескольких рядов брусьев, широко применявшаяся ранее в морском деревянном судостроении, в настоящее время устарела. На судах новой постройки фундаменты в подавляющем большинстве металлические, сварной конструкции.

При конструировании фундаментов следует руководствоваться следующими основными положениями.

1. Фундамент должен простирается как можно больше в нос и корму судна, чтобы передавать нагрузки от двигателя на возможно большее число шпангоутов. Нижний ряд продольных фундаментных брусьев, а также продольные брусья-заполнители должны быть непрерывными от носовой до кормовой переборки моторного отделения, когда оно расположено в средней части судна; если моторное отделение располагается в кормовой части, они должны простирается от носовой переборки в корму, насколько позволяют обводы судна. Во всех случаях продольные брусья фундаментов должны насаживаться на поперечный набор на глубину 15—20 мм.

2. Болты, крепящие фундамент двигателя с набором, со временем расшатываются. Чтобы избежать лишней водотечности, настоятельно рекомендуется не пропускать болты сквозь наружную обшивку, а крепить только со шпангоутами, утапливая головки заподлицо с поверхностью шпангоута.

3. При достаточно высоком расположении двигателя над кильсоном следует прокладывать второй ряд флортимберсов, на которые затем устанавливаются продольные брусья фундамента. Между вторым рядом флортимберсов и основным набором прокладываются плотно пригнанные чаки.

4. Продольные балки фундамента, исходя из обеспечения максимальной прочности конструкции, должны подкрепляться в поперечном направлении бракетами и кницами, устанавливаемыми на шпангоутах. Бракеты и кницы должны располагаться равномерно по всей длине фундамента не реже чем через две шпации друг от друга.

5. У деревянных фундаментов рекомендуется выполнять верхний фундаментный брус из дерева твердой породы (например, дуба); кроме того, для предотвращения местных смятий по верхней кромке бруса (независимо от его материала) должна быть проложена сплошная стальная полоса.

6. Чтобы избежать применения чрезмерно длинных болтов, скрепляющих фундаментную раму двигателя с фундаментными брусьями, можно допускать устройство в них окон; размеры окон должны быть минимальные, достаточные только для постановки гаек установочных болтов.

7. При установке на судно неуравновешенного двигателя следует обращать особое внимание на прочность фундамента и на равномерное распределение усилий на возможно большую площадь.

Конструкция металлического сварного фундамента под двигатель мощностью 300 л. с. представлена на рис. 134. Фундамент выполнен из двух продольных балок толщиной 12 мм, приваренных к горизонтальному листу толщиной 8 мм. По верхним кромкам балок приварены полосы сечением 20×150 мм. В поперечном направлении на каждом шпан-

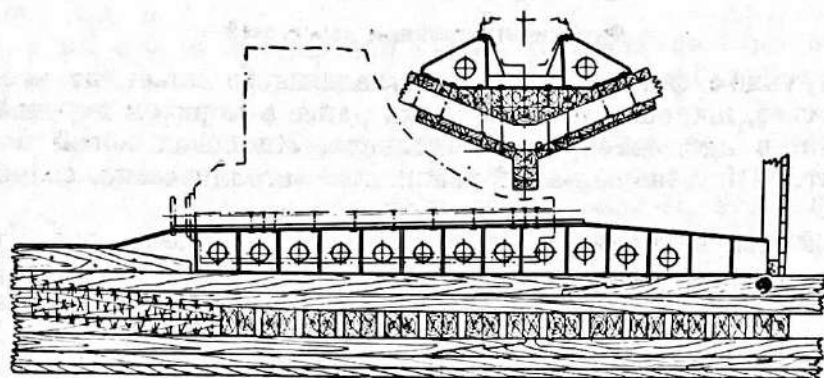


Рис. 134. Сварной фундамент под двигатель 300 л. с. (1-й вариант).

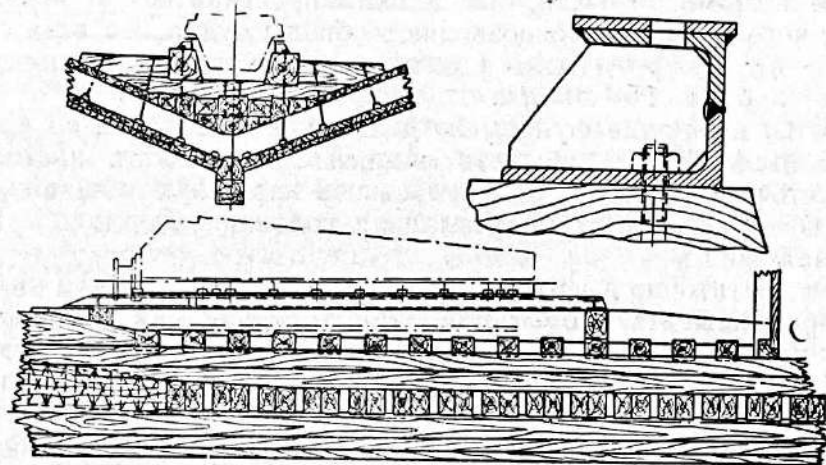


Рис. 135. Сварной фундамент под двигатель 300 л. с. (2-й вариант).

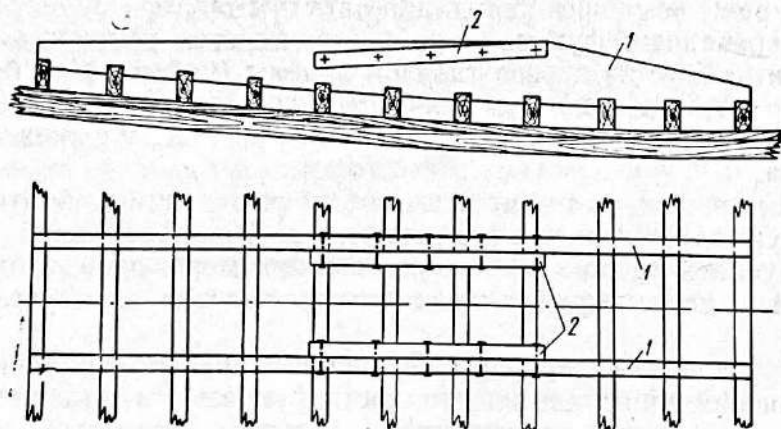


Рис. 136. Конструкция фундаментных стрингеров.
1 — фундаментный стрингер; 2 — фундаментный брус.

гоуте продольные балки подкреплены кницами и бракетами из листовой стали толщиной 8 мм. Под фундаментом набор корпуса судна выровнен установкой между кильсоном и внутренней обшивкой продольных деревянных брусев, простирающихся по всей длине фундамента. Металлическая конструкция фундамента крепится с набором корпуса болтами диаметром 22 мм.

На рис. 135 показана модификация того же фундамента, в которой для уменьшения высоты металлических продольных балок применена конструкция с установкой поверх среднего и боковых кильсонов ряда флоров. По флорам, в свою очередь, проложено два массивных продольных бруса, являющихся основанием металлических фундаментных балок. В поперечном направлении фундамент раскреплен деревянными распорными брусками.

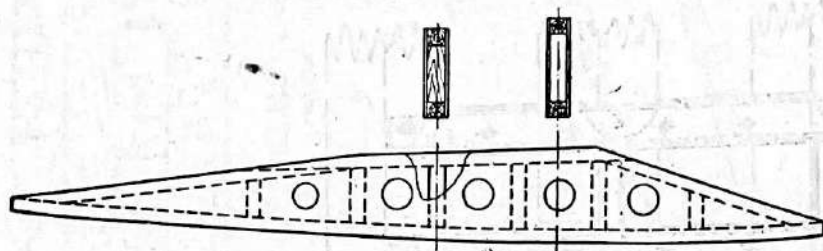


Рис. 137. Фундаментная коробчатая клееная балка с применением бакелизированной фанеры.

Как видно из сопоставления рис. 134 и 135, второй вариант выгодно отличается от первого, так как отпадает необходимость пригонки объемной конструкции металлического фундамента к внутренним обводам корпуса судна. В то же время, благодаря незначительной высоте продольных металлических балок, их устойчивость легче обеспечить. Фундамент крепится к основному набору корпуса болтами.

На небольших катерах фундамент мотора выполняется из длинных фундаментных стрингеров и коротких фундаментных брусев, скрепленных с ними (рис. 136). Стрингеры простираются на 0,3—0,4 L . В поперечном направлении они раскреплены между собой и скреплены с поперечным набором бракетами и кницами.

Фундаментные стрингеры могут быть клееной конструкции, в виде монолитных балок прямоугольного сечения, тавровых или коробчатых. Клееная фундаментная коробчатая балка показана на рис. 137.

Фундаменты под вспомогательные механизмы

Вспомогательные механизмы, располагаемые в моторном отделении, укрепляются на фундаментах, к прочности которых предъявляются те же требования, что и для фундаментов под главные двигатели.

Фундаменты конструируются с учетом габарита, веса и мощности устанавливаемых механизмов, а также характера, величины и направления усилий, приходящихся на конструкцию. В настоящее время фундаменты, как правило, делают металлические, сварной конструкции. Обычно фундамент представляет собой систему продольных и поперечных балок, крепящихся к деревянному корпусу глухарями и болтами.

Фундаменты мелких механизмов делаются на кронштейнах, при-

крепленных к бортовому набору корпуса судна или к поперечным переборкам моторного отделения. На рис. 138 показан фундамент пожарного электронасоса, он образован двумя продольными балками сварной

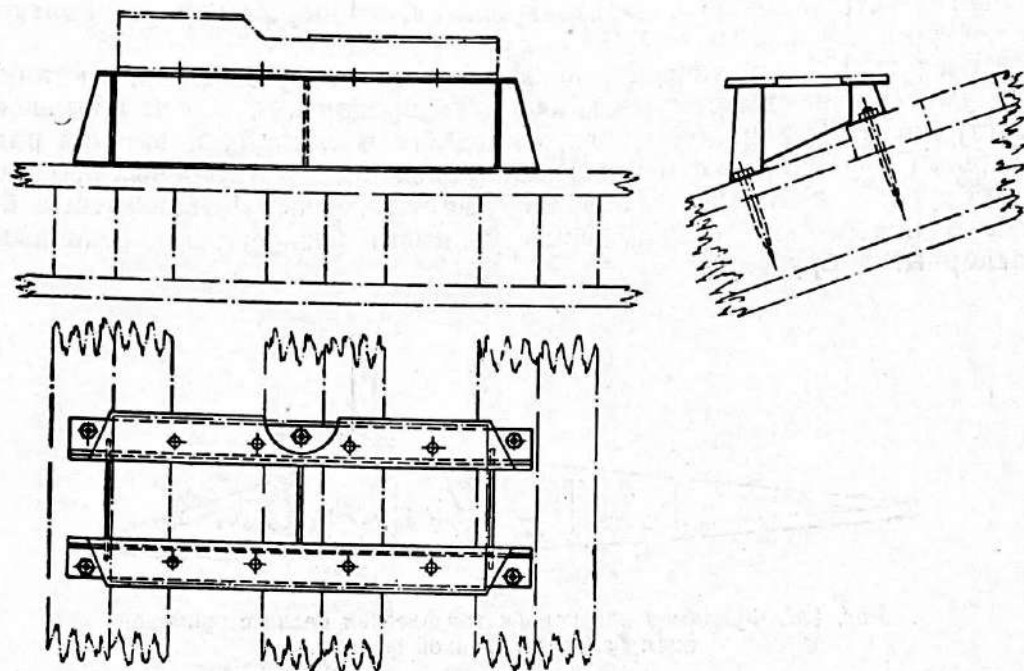


Рис. 138. Фундамент под вспомогательный механизм.

конструкции, раскрепленными поперечно поставленными диафрагмами и ребрами жесткости. К деревянному корпусу судна фундамент прикреплен длинными глухарями.

Подкрепления в составе корпуса

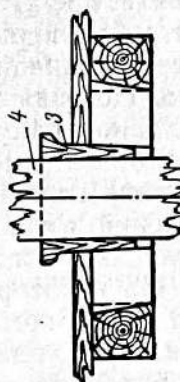
В местах приложения к корпусу судна сосредоточенных нагрузок делаются соответствующие подкрепления набора. Такими местами являются районы установки различных палубных механизмов (брашпиля, грузовых лебедок и др.), деталей судовых устройств, оборудования, мачт (кроме легких сигнальных), буксирных битенгов и т. п.

Конструкция подкрепления зависит от механизма или устройства, под которое его делают, а также от характера, величины и направления усилий, воспринимаемых этим подкреплением. Эти обстоятельства должны учитываться при конструировании, причем во всех случаях следует стремиться обеспечить наиболее равномерное распределение усилий на весь набор корпуса в этом районе. Ниже приводятся примеры наиболее типичных подкреплений.

Подкрепление палубы в районе палубных механизмов, устройств и оборудования осуществляется установкой поверх палубного настила деревянных подушек, а под настилом, между бимсами, — местных карлингсов, врезаемых на бимсы. Бимсы в этом районе выполняются усиленными, т. е. их размер по правке увеличивается примерно на 30%.



Рис. 139. Подкрепление палубы под кнехтом.
1 — местный карлингс; 2 — металлический лист.



План при снятом
палубном настиле

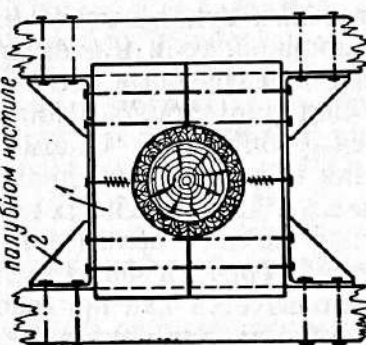


Рис. 140. Пятернерс мачты.
1 — пятернерс; 2 — П-образная кница;
3 — клинья (дубовые); 4 — мачта.

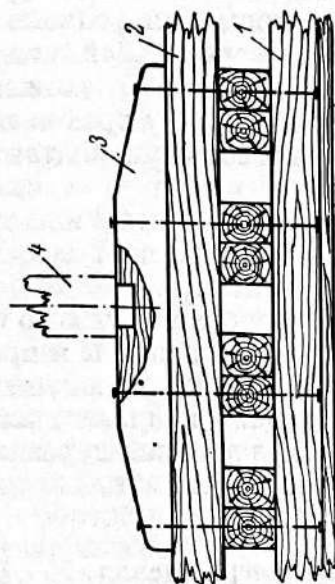


Рис. 141. Ступ мачты.
1 — киль; 2 — кильсон; 3 — ступ; 4 — мачта.

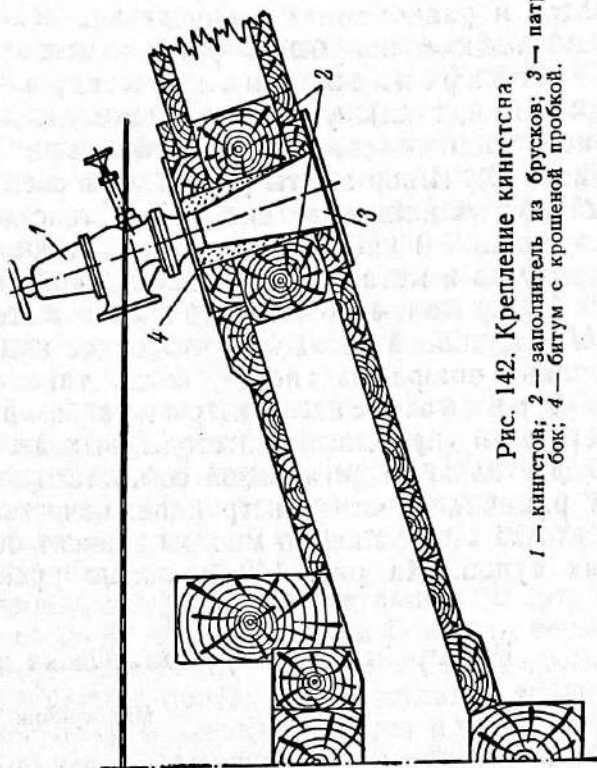


Рис. 142. Крепление кингстена.
1 — кингстон; 2 — заполнитель из брусков; 3 — пату-
бок; 4 — битум с крошеной пробкой.

Целесообразно помещать под болты, крепящие механизм или иное оборудование, сплошной металлический лист или листы бакелизированной фанеры: можно избежать местных смятий под головками (гайками) болтов и равномернее распределить все усилия. На рис. 139 показано подкрепление палубы в районе установки кнехта.

Подкрепление палубы в районе мачт состоит из пярнерса (подушки), устанавливаемого между двумя бимсами усиленной конструкции и связанного с бимсами кницами из полосовой стали (рис. 140). Шпор мачты упирается в специальный брус (степс), уложенный поверх кильсона (рис. 141). Степс должен иметь длину трех-четырех шпаций и крепиться совместно с кильсоном кильсонными болтами. Возможна и металлическая конструкция степса.

Шпор мачты может быть врезан в степс простым квадратом или зубом с клиновой затяжкой, что более надежно и предотвращает выскакивание шпора из гнезда, когда такелаж слабо натянут.

Подкрепления корпуса в районе забортных отверстий (приемные кингстоны, выходы фановых труб, шпигаты и пр.) осуществляются установкой соответствующих заполнителей и подушек. От рациональности конструкции, качества изготовления и правильного монтажа этих узлов во многом зависит безопасность плавания деревянных судов. На рис. 142 показано крепление кингстона.

Надстройки, рубки, шахты, люки и палубные ограждения

Надстройки

Надстройками называются сооружения, расположенные над основным корпусом и закрытые сверху, с носа и кормы, боковые стенки которых являются непосредственным продолжением бортов основного корпуса. Надстройки, не доходящие по ширине до бортов корпуса, называются рубками.

Различают следующие надстройки: среднюю надстройку, бак и ют. Высота надстроек обычно колеблется в пределах 2,0—2,4 м.

На стоечных судах высота надстройки первого яруса может быть больше указанной, если в этом ярусе устраиваются какие-либо производственные или грузовые помещения. Носовая и кормовая надстройки зачастую частично утоплены ниже главной палубы; в этом случае они называются утопленным баком и утопленным ютом.

Средняя надстройка предназначается главным образом для размещения жилых и хозяйственных помещений, а также для защиты машинно-котельных шахт от волны в тех случаях, когда машинное отделение устраивается в средней части судна. На некоторых судах средняя надстройка используется как производственное помещение или как дополнительная емкость для грузов (на лихтерах, плавзаводах и др.). В тех случаях, когда надстройка делается одноярусной, ее перекрытие образует прогулочную и шлюпочную палубу, а носовая его часть служит ходовым мостиком, на котором размещается ходовая рубка.

В настоящее время, учитывая сравнительно небольшие размеры морских деревянных самоходных судов, отдельная средняя надстройка, как правило, не устраивается. Она объединяется в одну общую надстройку с баком или ютом и называется удлиненным баком или удлиненным ютом. Примером судна с удлиненным баком может служить гидрографическое судно (см. рис. 13). Удлиненный ют устроен на зверо-

бойных шхунах отечественной постройки (см. рис. 10). Устройство бака и юта повышает незаливаемость судна на волнении и способствует обеспечению непотопляемости при затоплении концевых отсеков, когда дифферент судна на нос или корму значителен.

При достаточных размерах бак и ют используются обычно для размещения жилых, служебных и хозяйственных помещений. Ют также служит защитой машинно-котельных шахт в тех случаях, когда машинное отделение расположено в кормовой части. При изгибе корпуса судна на волнении надстройка, при значительной ее длине, вовлекается в совместную работу с корпусом судна, в связи с чем в продольных связях надстроек неизбежно возникают высокие напряжения. На основании длительного изучения находящихся в эксплуатации морских деревянных судов имеется ряд определенных требований и рекомендаций по устройству и конструктивным размерам набора и обшивки надстроек.

Бортовым набором надстройки является продолжение ветвей шпангоутов (или одного слоя топтимберсов футоксовых шпангоутов) над верхней палубой на высоту надстройки, при этом размеры ветвей у палубы надстройки на 20% меньше размеров сечения шпангоутов или топтимберсов у палубы. По концам надстройки, для усиления набора, выпускаются обе ветви футоксовых шпангоутов.

Бортовые шпангоуты надстройки могут быть составные. В этом случае нижней частью шпангоутов служат ветви, выведенные над верхней палубой, а верхней частью — отдельные бруски, сращиваемые с нижними частями в замок на двух-трех болтах. При составных шпангоутах поверх ватервейса верхней палубы устанавливается продольный брус, называемый спиркетингом, а на уровне замка — бортовой стрингер (рис. 143). Спиркетинг и бортовой стрингер крепятся с утолщенными в этих местах поясами наружной обшивки не менее чем одним сквозным болтом на каждом шпангоуте.

Верхние части составных шпангоутов юта, устанавливаемых в корме по гакобурту, должны сращиваться в замок с концами поворотных шпангоутов и с контртимберсом, для чего поворотные шпангоуты и контртимберс выводятся выше верхней палубы. Составные кормовые шпангоуты крепятся между собой так же, как и составные бортовые шпангоуты надстройки.

В случае, если шпангоуты корпуса (топтимберсы) не пропускаются сквозь ватервейс верхней палубы, а заканчиваются под ней, шпангоуты надстройки выполняются из отдельных брусков, врезаемых в ватервейс шипом и соединяемых с ним кницами на болтах. Однако такая конструкция менее надежна и потому допускается только для легких и коротких надстроек (на судах прибрежных районов плавания).

Конструкции соединения шпангоутов, бимсов, обшивки и настила палубы надстройки в принципе не отличаются от аналогичных конструкций основного корпуса, следует лишь отметить, что в отличие от бимсов основного корпуса бимсы надстройки устанавливаются сбоку шпангоута и соединяются с ним замком «в прируб»; при этом в соединении предусматривается установка не менее одного стяжного болта (рис. 144). Бимсы врезаются на подбалочные брусья на 15—20 мм.

Бимсы надстройки, так же, как и бимсы главной палубы, раскреплены горизонтальными и вертикальными кницами с бортовым набором надстройки. По Правилам Морского Регистра СССР установка таких книц обязательна у концов надстройки, у бимсов, ограничивающих

большие вырезы, у мачтовых бимсов, а также на каждом бимсе через 6—8 шпангоутных расстояний.

Весь узел сопряжения бортового и палубного набора взаимно крепится болтами, крепящими подбалочные брусья, шельфы и ватервейс надстройки к набору и между собой (см. рис. 143).

Бортовая обшивка, палубный настил, подбалочные брусья и шельфы надстройки, не отличаясь конструктивно, как было сказано, от аналогичных связей основного корпуса, могут быть на 25% легче связей основного корпуса. Наряду с этим, к прочности конструкции торцовых (фронтальных) переборок надстроек предъявляются повышенные требования, так как на них приходится значительные усилия (например, удары накатившейся на палубу волны).

Нижняя обвязка (обвязочный брус) фронтальной переборки обязательно устанавливается в плоскости бимса главной палубы. Этот брус укладывается поверх палубного настила и ватервейса на хорошо просмоленной войлочной (или другой) прокладке и

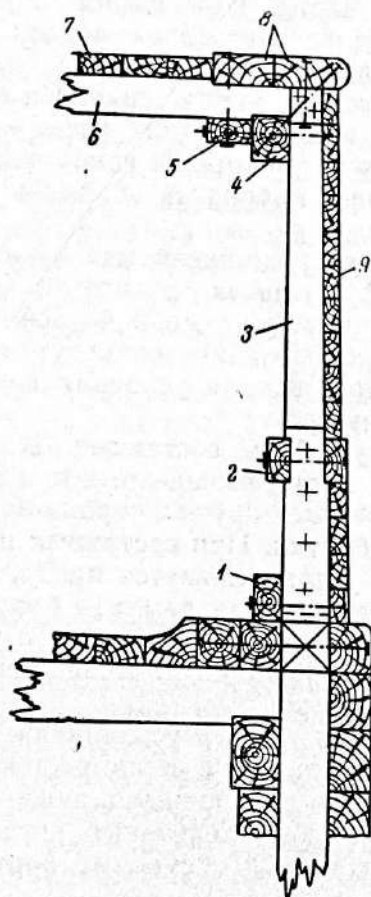


Рис. 143. Поперечное сечение надстройки.

1 — спиркетинг; 2 — бортовой стрингер; 3 — шпангоут; 4 — подбалочный брус; 5 — шельф; 6 — бимс; 7 — палубный настил; 8 — ватервейс; 9 — обшивка.

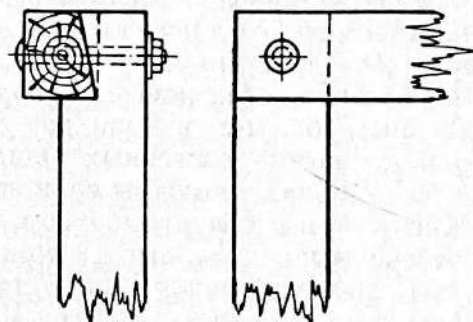


Рис. 144. Соединение бимса и шпангоута надстройки «в прируб».

крепится с бимсом главной палубы вертикальными болтами с шагом не более 700 мм.

Стойки переборки устанавливаются на расстоянии не более 800 мм, врезаются вподерева в верхнюю и нижнюю обвязки и соединяются с ними болтами. Угловые стойки соединяются с обвязками кницами. В плоскости переборки между стойками устанавливают раскосы, способствующие повышению прочности переборки. Сечение стоек переборки обычно не меньше сечения шпангоутов надстройки, а толщина обшивки переборки одинакова с толщиной бортовой обшивки надстройки. На рис. 145 показан возможный вариант конструкции фронтальной переборки.

В тех случаях, когда надстройка частично утоплена ниже главной (верхней) палубы, следует обращать особое внимание на надлежащее крепление продольных связей главной палубы со связями утопленной надстройки. Для этого подбалочные брусья главной палубы не обрываются, а протягиваются до штевней, а шельфы и ватервейсы заходят на несколько шпангоутных расстояний в пределы надстройки, причем их сечение постепенно уменьшается. Подбалочные брусья платформы (палубы утопленной надстройки) продолжают минимум на три шпангоутных расстояния и сечение их также постепенно уменьшается.

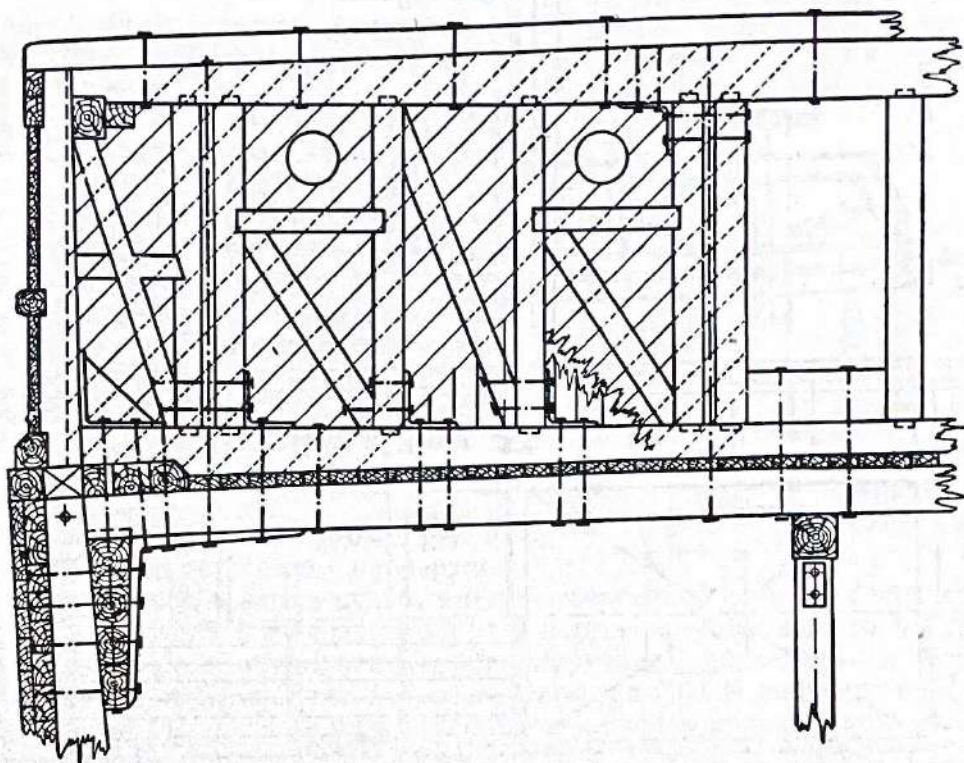


Рис. 145. Фронтальная переборка надстройки.

К прочности надстроек небольших катеров особых требований не предъявляется, стенки их выполняются обычно в виде каркаса, состоящего из обвязок и стоек; стойки врезаются в обвязки шипами и соединяются с обвязками металлическими угольниками; обшивка фанерная или из досок.

Рубки

Рубки могут быть деревянные, с обшивкой из досок или из бакелизированной фанеры, и металлические.

Деревянные рубки выполняются в виде каркаса, обшитого досками. Каркас состоит из нижней обвязки (комингса), верхней обвязки и стоек. Стойки устанавливаются между обвязками, врезаясь шипами, и крепятся к ним металлическими кницами, угольниками или иными надежными средствами. Кроме того, верхняя обвязка каркаса рубки соединяется с бимсами и карлингсами основного корпуса стальными струнами диаметром 15—25 мм, с шагом не более 1,5 м. Уста-

новка струн делает крепление рубки с основным корпусом более надежным и препятствует ее расшатыванию.

Бимсы рубки врезаются концами в верхнюю обвязку и крепятся с ней и со стойками металлическими кницами или угольниками. Снаружи каркас рубки обшивается досками, а поверх бимсов настилается палуба. Толщина обшивки рубки зависит от ее размеров и колеблется от 12 до 22 мм. Рекомендуется делать обшивку из бакелизированной фанеры.

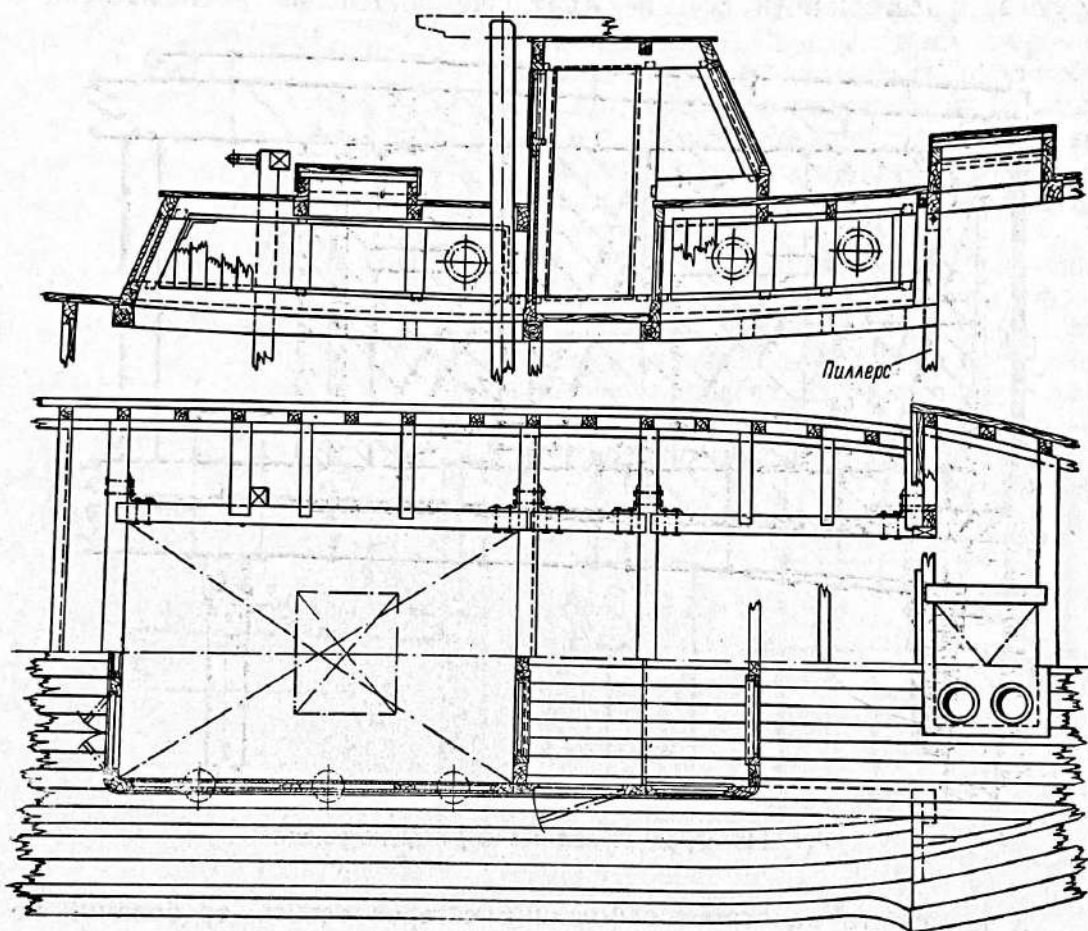


Рис. 146. Кап и рулевая рубка.

Внутренняя обшивка надстроек и рубок зависит от типа принятой изоляции и отделки судна. Она может выполняться из фанеры, вагонки и более толстых досок, а в некоторых случаях (обычно на небольших судах прибрежных районов плавания) — и вовсе отсутствовать.

К рубкам также могут быть отнесены капы (ящики), устраиваемые над моторным отделением или жилыми помещениями для увеличения высоты. Конструкция капа в принципе не отличается от описанной выше конструкции деревянных рубок. Каркас его составляется из верхних и нижних обвязок и стоек, установленных между ними. Стойки врезаются шипами в обвязки и крепятся к ним угольниками. В углах обвязки соединяются между собой «в лапу». Нижняя обвязка крепится болтами с бимсами и карлингсами главной палубы, ограничивающими вырез

в палубе, над которым устраивается кап. Бимсы капа врезаются концами в верхнюю обвязку и крепятся к ней и стойкам металлическими кницами или угольниками. Обшивка делается из досок или бакелизированной фанеры.

Как уже было указано, кап устраивается над вырезом в палубе основного корпуса с целью увеличить высоту помещения, оборудуемого в корпусе судна, поэтому он является как бы частью возвышающегося над палубой основного корпуса судна; при повреждении капа вода неизбежно попадет в отсек корпуса, над которым он устроен. Поскольку от прочности капов во многом зависит безопасность плавания судна, при конструировании их следует обращать особое внимание на надежность конструкции.

На рис. 146 показана конструкция капа на небольших буксирных катерах. В этом случае кап над моторным отделением, расположенным в средней части судна, конструктивно объединен с рулевой рубкой, врезанной, в свою очередь, на кап, расположенный над носовым жилым помещением, а этот кап конструктивно объединен с утопленным баком. Таким образом, настил палубы утопленного бака и капа в носовой части судна представляет единое целое.

Если помещения в рубке, расположенной непосредственно на верхней палубе основного корпуса судна, имеют отверстия (сходы) в помещения в основном корпусе, необходимо предъявлять повышенные требования к надежности и водонепроницаемости наружных дверей таких рубок. Именно поэтому Правилами Морского Регистра СССР разрешается учитывать рубки при расчете плеч остойчивости формы только в том случае, если конструкция рубок будет прочной, а их наружные двери будут иметь закрытия I класса.¹

Металлические рубки деревянных судов не отличаются от конструкции рубок металлических судов. Стенки рубки состоят из полотна, подкрепленного ребрами жесткости — стойками; крыша подкрепляется бимсами. Бимсы и стойки по возможности располагаются в одной плоскости и соединяются кницами.

Наружные стенки рубки и внутренние выгородки крепятся к палубному настилу болтами, глухарями и шурупами, для чего по нижней кромке стенки или выгородки приваривается угольник или полоса, через которую рубка крепится к корпусу судна (рис. 147). Между полосой или угольником и деревянной конструкцией обязательно прокладывается хорошо просмоленная или покрытая густым суриком прокладка.

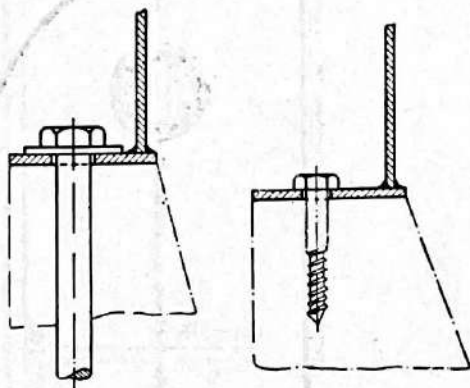


Рис. 147. Крепление металлических стенок и выгородок к деревянному корпусу.

¹ Согласно Правилам Морского Регистра СССР о грузовой марке морских судов к закрытиям I класса относятся закрытия стальной конструкции, эквивалентные по прочности целой части переборки. Закрытия должны быть постоянно и прочно прикреплены к переборке, иметь устройства для задранивания с обеих сторон и в закрытом состоянии защищать от проникновения воды в случае непогоды.

К закрытиям II класса относятся тяжелые деревянные навесные двери с толщиной полотна не менее 50 мм, изготовленные из твердых пород дерева.

Крепление наружных стенок рубки с корпусом судна должно быть особенно надежным, поэтому оно, как правило, болтовое, причем под наружными стенками по всему их периметру устанавливается деревянный комингс. Такая конструкция препятствует подтеканию воды под обделочный угольник (или полосу) стенок рубки.

К рубкам также могут быть отнесены отдельно стоящие на палубе капы для схода во внутренние помещения. В настоящее время капы, как

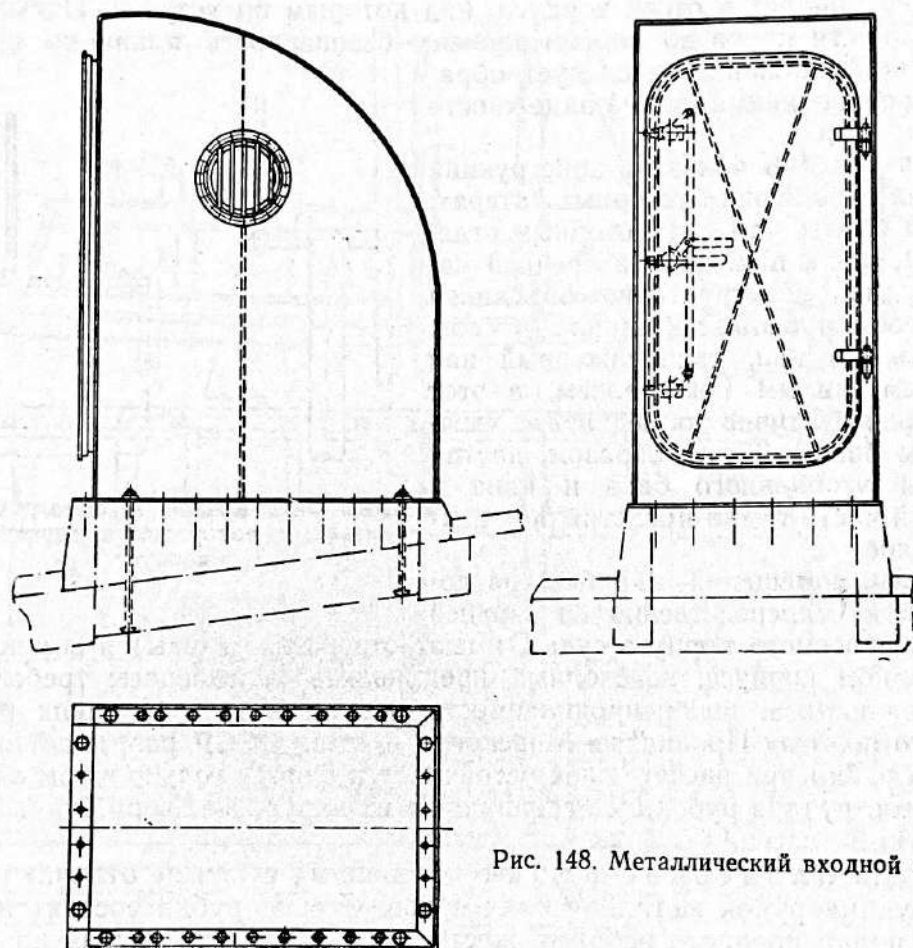


Рис. 148. Металлический входной кап.

правило, делают металлические, так как только в этом случае может быть обеспечена достаточная их прочность, а также водонепроницаемость закрытия дверей. Конструкция металлических сходных капов и их крепление к корпусу судна не отличаются от таковых у металлических рубок.

На рис. 148 показан металлический входной кап и его крепление к деревянному корпусу судна.

Машинно-котельные шахты и светлые люки. Двери, окна, иллюминаторы

Для устройства сходов, доступа естественного света, погрузки и выгрузки крупных деталей и механизмов над машинно-котельными отделениями делаются большие вырезы. Если вырезы делаются в двух и более палубах (например, в палубе основного корпуса и в палубе над-

стройки или рубки), то между ними устанавливается сплошная шахта, ограждающая вырезы и изолирующая моторное отделение от прочих помещений.

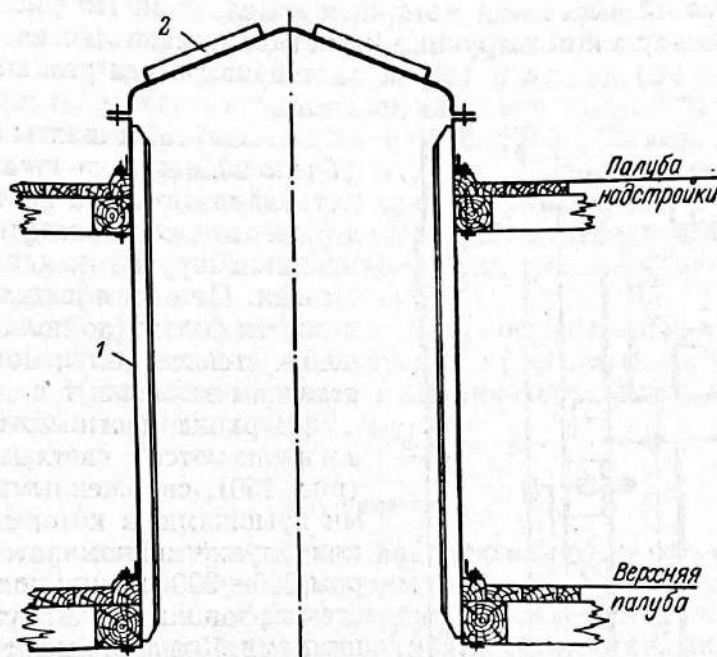


Рис. 149. Шахта моторного отделения.

1 — шахта; 2 — светлый люк.

В настоящее время деревянные суда строятся преимущественно с дизельными установками, а некоторые катера — с бензиновыми моторами. Котлы имеют только вспомогательное назначение, главным образом для отопления, поэтому в дальнейшем термин «машинно-котельное отделение» заменен термином «моторное отделение».

В целях пожарной безопасности шахты моторных отделений, как правило, металлические. На катерах для этих шахт часто применяют бакелизированную фанеру. Конструкция стенок шахт не отличается от конструкции легких переборок и выгородок и представляет полотно, подкрепленное ребрами жесткости.

В зависимости от материала, из которого выполнена шахта, присоединение ребер жесткости к полотну различное. К стальным шахтам, наиболее распространенным в морском деревянном судостроении, ребра жесткости из полосовой или профильной стали обычно привари-

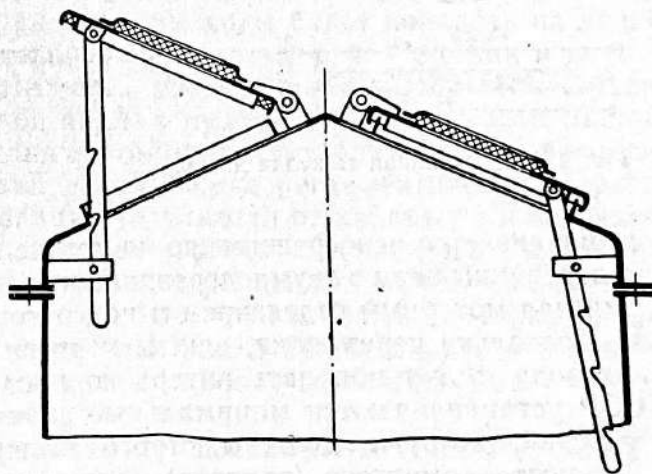


Рис. 150. Светлый люк моторного отделения.

ваются. К обшивке шахт из бакелизированной фанеры подкрепляющие бруски или приклеиваются или крепятся шурупами.

Стенки шахты, выступая над открытой палубой, образуют комингс, ограничивающий вырез над моторным отделением. На рис. 149 изображена шахта сварной конструкции из металлических листов, подкрепленных приварными угольниками жесткости.

С палубами шахты соединяются обделочными угольниками, которые устанавливаются на настиле палубы. Кроме того, обшивка (листы) шахты крепится шурупами к карлингсам и бимсам. По обеим полкам угольника ставятся болты (по полке, прилегающей к стенке шахты, могут быть поставлены заклепки).

Верхние части моторных шахт заканчиваются светлыми люками (рис. 150), снабженными подъемными крышками, в которые врезаются или глухие иллюминаторы диаметром 200—300 мм или прямоугольные стекла, защищенные прутковыми решетками. Крышки имеют упоры (секторы) для удержания их в открытом или полуоткрытом состоянии. Одна из крышек может открываться также и изнутри помещения с тем, чтобы люк можно было использовать как аварийный выход. Как видно из рис. 149 и 150, крепление светлого люка к шахте или кожуху разборное на болтах. Такое крепление позволяет при ремонте легко снимать люк и использовать люковый вырез для погрузки и выгрузки отдельных механизмов, деталей и пр.

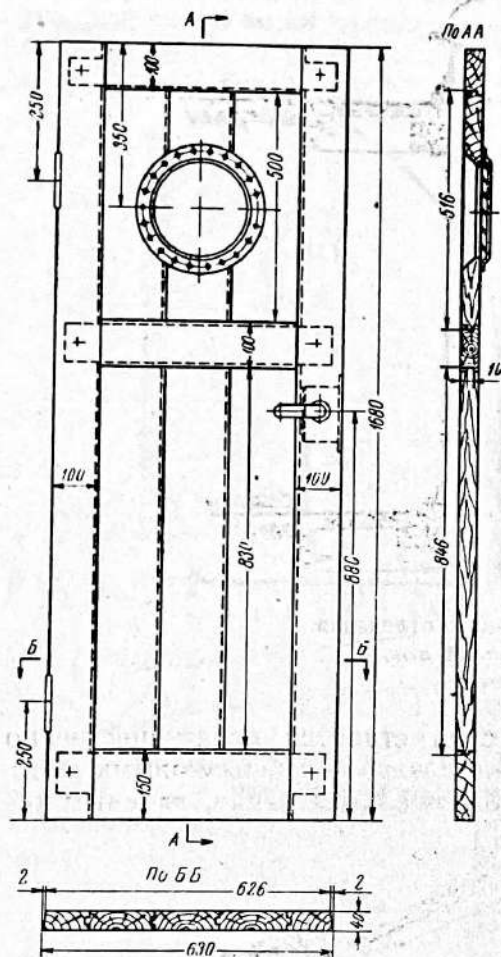


Рис. 151. Деревянная тяжелая дверь.

Если над моторным отделением устраивается кап, то светлый люк устанавливается непосредственно на крыше этого капа. На рис. 146 показан деревянный кап с двумя деревянными светлыми люками, расположенными над моторным отделением и над носовым жилым помещением.

Поскольку через люки, шахты и двери при неблагоприятных условиях вода может попадать внутрь корпуса судна, Морским Регистром СССР устанавливаются минимальные значения высоты комингсов этих отверстий, которые должны строго выдерживаться¹.

Высота комингсов (порогов) дверных проемов надстроек и рубок, а также открывающихся светлых люков регламентируется Правилами Морского Регистра СССР отдельно для судов с валовой вместимостью до 80 рег. т и свыше.

¹ Морской Регистр СССР, Правила о грузовой марке морских судов, 1949 г. и Временные правила надводного борта маломерных судов валовой вместимостью менее 80 рег. т, 1950 г.

Двери в надстройках и рубках делаются металлические или деревянные; обычно материал двери соответствует материалу стенки. Металлические двери делятся на водо- и газонепроницаемые с резиновым уплотнением (закрываемые специальными задрайками) и на легкие, без резинового уплотнения. Деревянные двери, в свою очередь, делятся на тяжелые (из сплошных досок) и легкие (филенчатые). Как правило, металлические непроницаемые и деревянные тяжелые двери устанавливаются в наружных стенках надстроек. Деревянная тяжелая дверь показана на рис. 151.

В стенках капов на небольших судах ограниченных районов плавания иногда устанавливаются двухстворчатые деревянные двери, однако если необходимо обеспечить сколько-нибудь надежное закрытие отверстий, такие двери ставить не следует.

Помещения в надстройках и рубках освещаются через светлые люки (не отличающиеся по конструкции от светлых люков моторных отделений), а также через окна и иллюминаторы, которые могут быть глухие и открывающиеся (створчатые).

Грузовые люки

Грузовые люки устраиваются над трюмами. Размеры их зависят от назначения судна и рода перевозимого груза. У двухпалубных судов люки на верхней и на второй палубах, как правило, находятся один над другим и имеют одинаковые размеры. На протяжении всей длины люка вместо бимсов устанавливаются полубимсы. Концы полубимсов доводятся до карлингсов, ограничивающих люковые вырезы, и крепятся к ним врезкой и металлическими кницами или угольниками.

Люковые вырезы ограждаются комингсами и закрываются люковыми крышками.

Ограждения люков и их закрытия должны как можно лучше противостоять ударам и напору воды, перекачивающейся по палубе судна. Исходя из этого, высота комингсов люков очень существенна, так как чем высота больше, тем меньше воды будет попадать на люковое закрытие. Высота комингсов грузовых люков, так же как и высота комингсов прочих люков и порогов дверей, регламентируется Правилами Морского Регистра СССР для судов с валовой вместимостью более и менее 80 рег. т. Высота комингсов грузовых люков, расположенных внутри закрытых помещений, также регламентирована Правилами Морского Регистра СССР в зависимости от характера помещений, в которых располагаются люки, и от степени надежности их закрытия.

Комингс выполняется из брусьев, скрепленных между собой «в лапу» по углам люка. В зависимости от высоты комингс люка может состоять из одного, двух и даже трех рядов брусьев. Брусья комингса крепятся между собой и к палубному набору сквозными болтами; шаг болтов не более 500—700 мм.

Закрывается люк деревянными досками — лючинами, которые могут быть выполнены как из отдельных досок, так и в виде щитов из двух-трех досок. Длина лючин не более 1,5 м. В зависимости от размеров люка и удобства его обслуживания лючины укладываются либо вдоль, либо поперек люка. Если размеры люка по длине или ширине превышают 1,5 м, то чтобы лючины не были чрезмерно большими и тяжелыми, в проеме люка устанавливают съемные бимсы или продольные балки, которые служат для лючин опорами.

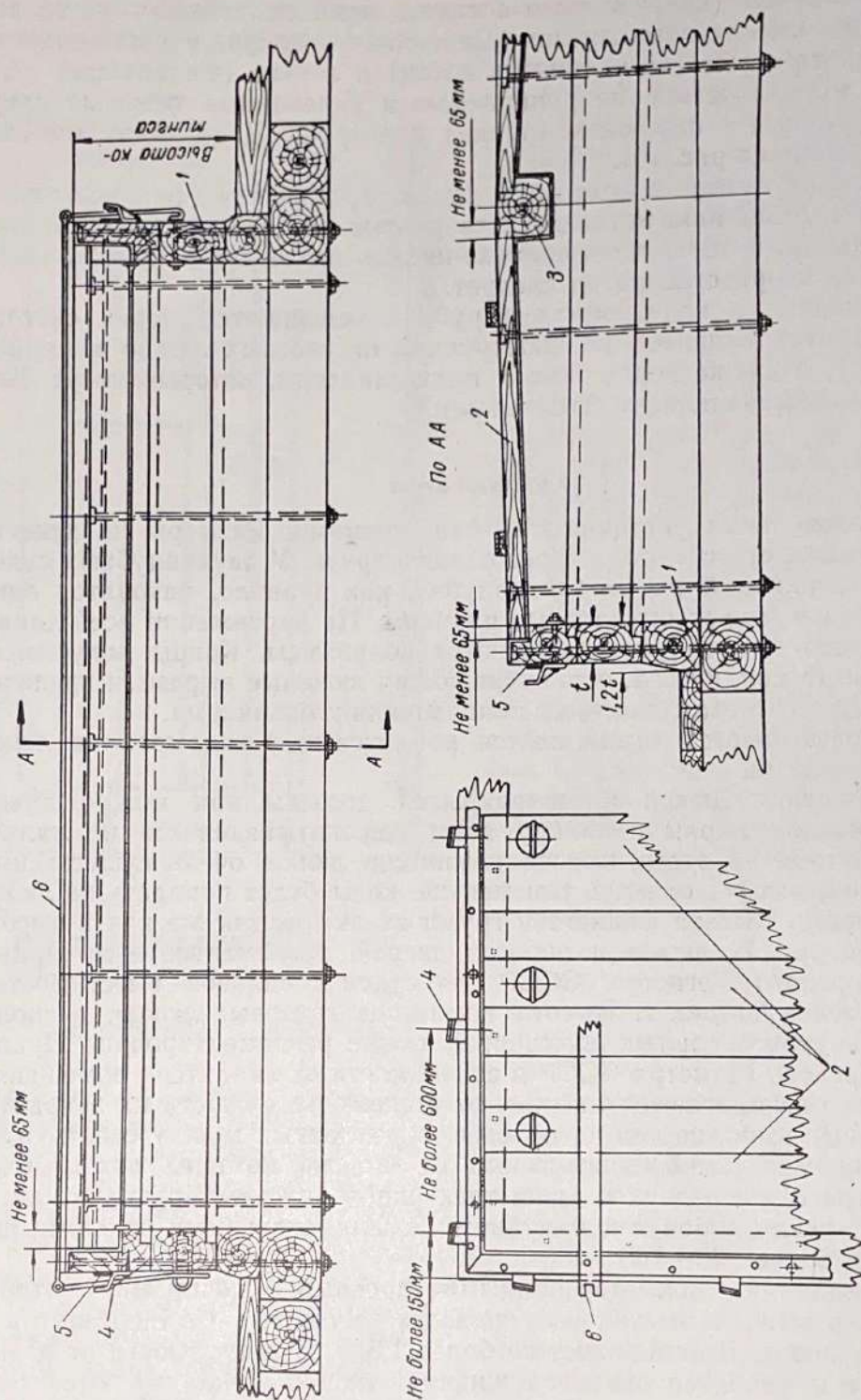


Рис. 152. Грузовой люк.

1 — комингс люка; 2 — лючина; 3 — съемная продольная балка; 4 — скобы для клиньев; 5 — прижимная шина (брезент снят); 6 — люковая запорная шина.

По существующим нормативам толщина люковых крышек, выполненных из досок, должна быть не менее 60 мм, для судов с валовой вместимостью менее 80 рег. т она может быть уменьшена до 40 мм. Ширина опорных поверхностей для лючин должна быть не менее 65 мм. На рис. 152 изображен грузовой люк, выполненный в соответствии с изложенными выше требованиями.

Грузовые люки, расположенные на открытых палубах, должны надежно задраиваться, так как при случайном открытии люка во время шторма может быть затоплен трюм, что вызовет аварию судна; поэтому каждый грузовой люк поверх лючин покрывается двумя прочными брезентами. Для судов с валовой вместимостью менее 80 рег. т разрешается закрывать люк одним брезентом. Края брезента обтягиваются вокруг комингса люка и прижимаются металлическими шинами, которые, в свою очередь, расклиниваются специальными клиньями. Для постановки последних на комингсе укрепляются металлические скобы шириной не менее 65 мм. Скобы устанавливаются по периметру всего комингса с таким расчетом, чтобы расстояние между ними не превышало 600 мм, а между крайними скобами и углами люка — 150 мм. Размещаются скобы так, чтобы клинья забивались от бортов судна к диаметральной плоскости и от оконечностей — к миделю; удары волн, могущих попасть на палубу, меньше будут способствовать выбиванию клиньев.

Клинья делаются из твердых пород дерева, длина их 200 мм при ширине 50 мм. Уклон клиньев равен $\frac{1}{6}$ при толщине конца клина 12—15 мм.

Поверх брезентов поперек люковых крышек укладываются металлические люковые шины такой конструкции, которая обеспечивает надежное укрепление их на комингсе и позволяет пломбировать люк. Для предохранения брезента от протирания нижняя плоскость шины подшивается деревянным бруском.

На верхних открытых палубах вместо деревянных можно устанавливать металлические комингсы люка и закрывать его металлическими крышками с резиновым уплотнением. Эта конструкция аналогична применяющейся в стальном судостроении. Такое закрытие несравненно надежнее, чем деревянными лючинами, поэтому в случаях, когда деревянная конструкция грузовых люков не продиктована специальными соображениями, следует предпочесть металлические.

На небольших катерах ограниченных районов плавания, где требования к прочности люкового закрытия несколько понижены, можно изготавливать грузовые люки с комингсами из бакелизированной фанеры.

Фальшборт и леерное ограждение

На открытых частях главной палубы и палуб надстроек и рубок должны ставиться надежные ограждения. Ими могут служить фальшборт и леерное ограждение. Ввиду особой важности ограждений для обеспечения безопасного пребывания на судне пассажиров и команды Морской Регистр СССР предъявляет специальные требования в отношении их устройства. Высота фальшборта или леерного ограждения от палубного настила должна быть не менее 1,1 м для судов длиной 40 м и более и не менее 0,9 м — для судов меньшей длины. На грузовых, промысловых и других судах, кроме пассажирских, имеющих валовую

вместимость менее 80 рег. т, высота фальшборта или леерного ограждения может быть уменьшена до 0,75 м.

На катерах и ботах небольших размеров фальшборт или леерное ограждение можно не делать, если кап или рубка подходят близко к борту и на палубе не остается нормального прохода (500 мм); в этом случае на капе или на рубке устанавливается поручень. На палубах небольших судов прибрежных районов плавания, если палубы не предназначены для хождения или работы, можно либо совсем не предусматривать ограждения, либо делать их декоративными, любой высоты.

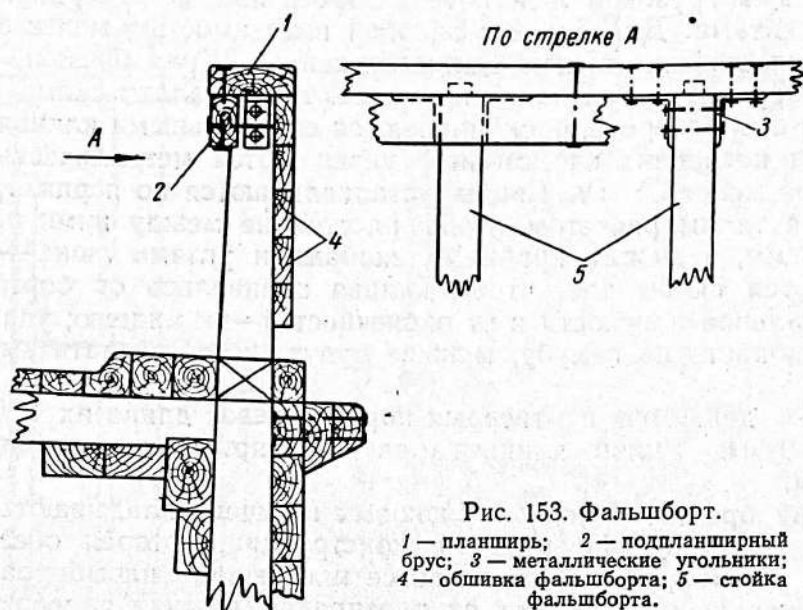


Рис. 153. Фальшборт.

1 — планширь; 2 — подпланширный брус; 3 — металлические угольники; 4 — обшивка фальшборта; 5 — стойка фальшборта.

На верхней палубе корпуса судна ограждение выполняется, как правило, в виде фальшборта, так как последний в какой-то мере защищает палубу от заливания водой во время волнения. На вышележащих палубах надстроек и рубок обычно устраивается леерное ограждение.

Фальшборт может быть и более низким, чем было указано; в этом случае поверх фальшборта устанавливается леерное ограждение с таким расчетом, чтобы общая высота фальшборта и леерного ограждения не была меньше требуемой.

Фальшборт является продолжением бортовой обшивки судна выше верхней палубы и состоит из стоек, обшивки, планширя и подпланширного бруса (рис. 153). Его прочность должна быть достаточно, чтобы выдерживать удары волн. На судах с неограниченным районом плавания стойки фальшборта, как правило, выполняются за одно целое со шпангоутами. Достигается это за счет продолжения одного из футоксов — топтимберсов выше палубы на высоту фальшборта. У малых судов, наоборот, фальшбортные стойки обычно выполняют из отдельных брусков, установленных на ватервейсе и скрепленных с корпусом судна металлическими угольниками или кницами.

Сечение стоек в верхнем их конце у планширя примерно на 25% меньше сечения шпангоута (топтимберса) у палубы. Стойки усиленной конструкции устанавливаются у концов вырезов в фальшборте, если такие вырезы устраиваются. Усиленные стойки должны быть предусмотрены в тех местах, где на них приходится какие-нибудь сосредото-

ченные нагрузки, например в местах, где осуществляется крепление стоячего такелажа и т. п.

Толщина обшивки фальшборта должна быть примерно равна 60% толщины бортовой обшивки судна. У катеров обшивка фальшборта может выполняться из бакелизированной фанеры толщиной 7—12 мм (в зависимости от размеров и назначения катера). Следует помнить, что бакелизированная фанера не обладает достаточной упругостью и легко повреждается от сосредоточенных толчков и ударов, поэтому для рабочих судов устройство фальшборта из фанеры не может быть рекомендовано.

Обшивка из досок крепится к стойкам фальшборта гвоздями, по два гвоздя в доску на каждой стойке, а фанерная закрепляется шурупами или приклеивается.

Планширь врезается на шипы фальшбортных стоек и крепится к ним металлическими угольниками. Планширь обычно выполняется из дуба или других твердых пород, его толщина равна примерно двойной толщине обшивки фальшборта. На всех судах, кроме судов длиной меньше 15 м, с внутренней стороны фальшбортных стоек устанавливается подпланширный брус, который врезается в стойки фальшборта и скрепляется со стойками и планширем болтами.

Возможна конструкция фальшборта с металлическими стойками вместо деревянных. На рис. 154 показана такая конструкция для фальшборта с обшивкой из бакелизированной фанеры. Масса воды, попавшей на палубу, удаляется через специальные вырезы в фальшборте (так называемые штормовые полупортики) или через щель между палубным настилом (ватервейсом) и началом обшивки фальшборта. Общая площадь вырезов для стока воды с каждого борта регламентирована Правилами Морского Регистра СССР.

При устройстве штормовых полупортиков нижние кромки вырезов должны быть расположены как можно ближе к палубному настилу. Отверстия штормовых полупортиков могут быть снабжены решетками из прутков, поставленных на расстоянии 230 мм один от другого. Решетки обеспечивают быстрый сток воды с палубы, однако полупортики, не имея закрытий, позволяют волне вкатываться на палубу и заливать ее. Чтобы избежать заливания палубы, штормовые полупортики защищаются навесными крышками, устроенными так, что при давлении воды, попавшей на палубу, они открываются и, наоборот, в спокойном состоянии, а также при ударах волн в борт судна остаются закрытыми. Применение навесных крышек у полупортиков допускается лишь при условии снабжения осей вращения втулками из нержавеющей материала и тщательном наблюдении за исправным состоянием крышек.

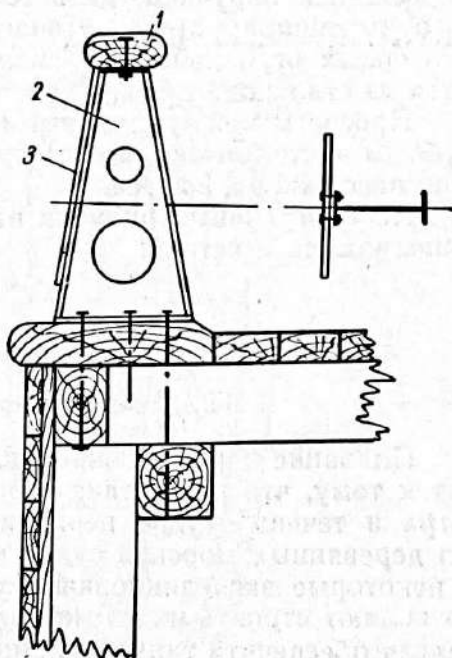


Рис. 154. Фальшборт с металлическими стойками.

1 — планширь; 2 — металлическая стойка; 3 — обшивка из бакелизированной фанеры.

Как уже было отмечено выше, на палубах надстроек и рубок вместо фальшборта устраивается леерное ограждение. Оно состоит из стоек, устанавливаемых на расстоянии 1—1,5 м, и лееров, протянутых между этими стойками. Конструкция леерных стоек и лееров может быть различной: стойки могут быть постоянные, съемные или заваливающиеся, могут быть трубчатые, кованые или из полосовой стали. Стандартная высота стоек равна 750, 900 1000 и 1200 мм. Количество лееров от двух до пяти, в зависимости от высоты стоек. Верхний леер, являющийся поручнем, делается или трубчатый, или в виде деревянного планширя; промежуточные леера — трубчатые или прутковые. У леерных ограждений с заваливающимися стойками леера выполняются из стального троса.

Просветы между смежными леерами и между нижним леером и палубным настилом не должны превышать 350 мм, а для судов, перевозящих пассажиров, 230 мм.

На прогулочных палубах пассажирских судов леерные ограждения выполняются с сеткой.

Подкрепление корпуса судов, плавающих во льдах

Подкрепление поперечного и продольного набора

Плавание в разводьях между ледяными полями неизбежно приводит к тому, что вследствие перемещения ледовых полей под действием ветра и течений судно периодически подвергается ледовому сжатию. Из деревянных морских судов в таких условиях работают зверобойные и некоторые экспедиционные суда. Небольшие размеры этих судов не позволяют строить их из металла, так как, исходя из весовой нагрузки, нельзя обеспечить такую толщину наружной обшивки, чтобы она противостояла усилиям, возникающим при сжатии льдами. В этих условиях преимущество всецело на стороне массивной деревянной наружной обшивки, обладающей несравненно большей местной прочностью; кроме того, корпус деревянного судна более упруг, чем металлический, что также благоприятно сказывается на работе в ледовых условиях.

За последние годы было построено много деревянных зверобойных шхун, успешно эксплуатирующихся в Северном Ледовитом океане и на Дальнем Востоке. Ниже изложены основные требования к подкреплениям поперечного и продольного набора судов, плавающих во льдах, исходя из опыта проектирования и эксплуатации судов подобного типа.

Размеры шпангоутов должны быть такие же, как для судов неограниченного района плавания, при этом размер топтимберсов по лекалу увеличивается на 40%, а межшпангоутное расстояние уменьшается до величины, равной половине размера по правке одного флортимберса, но не менее 100 мм (обычно межшпангоутное расстояние принимают 100 мм).

Толщина всей внутренней обшивки увеличивается до толщины скуловых и днищевых связных поясов, а борта судна в районе действующей ватерлинии распираются рядом бимсов, называемых айсбимсы (ледовые бимсы). В пределах грузовых трюмов айсбимсы могут быть съемными расклиниваемыми; в этом случае конструкция не может считаться достаточно надежной, так как степень участия айсбимсов

в восприятии сжимающих усилий всегда будет зависеть от того, насколько тщательно они были расклинены.

На зверобойных шхунах постройки последних лет взамен айсбимсов применены металлические рамные шпангоуты (банты), конструкция которых представлена на рис. 155. Шпангоуты установлены по длине судна через 6—8 шпаций. Каждый из них состоит из обделочного

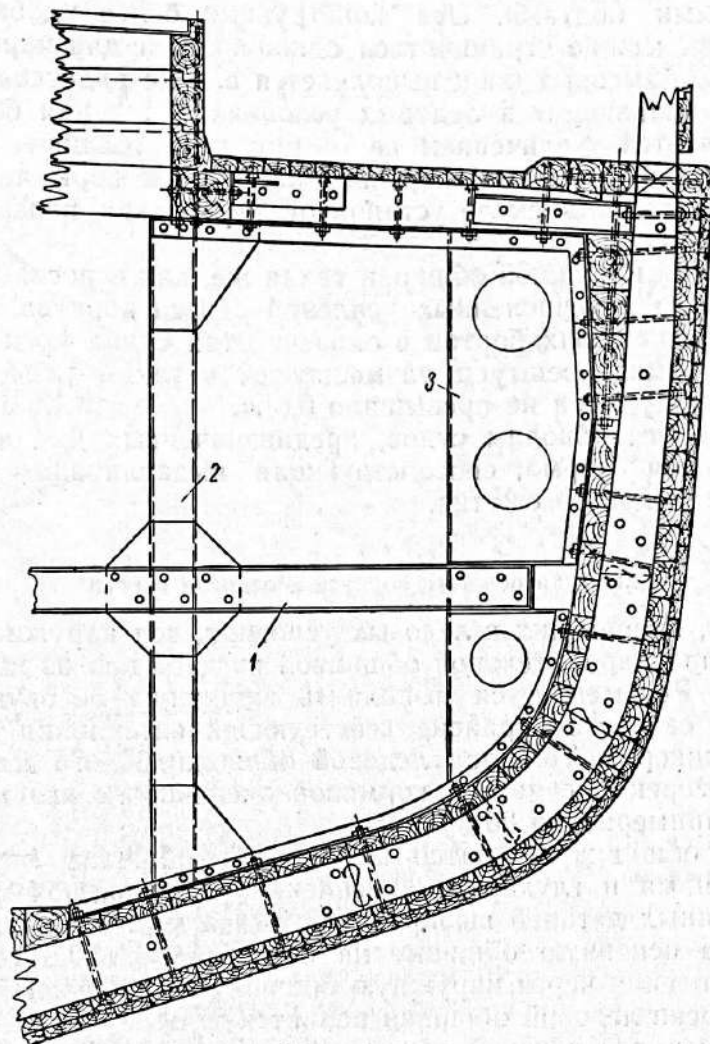


Рис. 155. Металлический рамный шпангоут зверобойной шхуны.

1 — айсбимс; 2 — пиллерс; 3 — бант.

угольника, установленного поверх внутренней обшивки и скрепленного с бимсом, основным шпангоутом корпуса и наружной обшивкой сквозными болтами. К обделочному угольнику крепится бант из листа с отогнутым фланцем, а также пиллерсы и айсбимсы из швеллера. Вся конструкция скреплена болтами и при необходимости легко разбирается.

Помимо усиления бортового набора и установки айсбимсов или внутренних рамных шпангоутов, поперечная прочность корпуса судна увеличивается также усилением всех поперечных переборок. К ним в условиях ледового плавания предъявляются такие же требования, как к форпиковой переборке.

Для надежного восприятия сжимающих усилий поперечным подпалубным набором расстояние между бимсами сокращается примерно в два раза против принимаемого для судов неограниченного района плавания. Бимсы должны ставиться в распор между шпангоутами. Можно также, не уменьшая междубимсовой шпации, осуществить требуемое усиление набора установкой двойных бимсов, скрепленных горизонтальными болтами. Эта конструкция более удобна и экономична, так как можно ограничиться одной кницей для парного бимса. Не менее 50% бимсовых книц выполняется в виде ридерсовых.

У судов, плавающих в ледовых условиях, наружная бортовая обшивка усиливается увеличением ее толщины до толщины бархоутных поясьев. Переход от толстой бортовой обшивки к нормальной днищевой осуществляется на скуле установкой нескольких поясьев ее переменной толщины.

Длина досок наружной обшивки такая же, как и досок бархоутных поясьев. Помимо перечисленных усилений связей корпуса, внутренние продольные связи обоих бортов в оконечностях судна крепятся между собой брештуками; брештуки размещаются с таким расчетом, чтобы расстояние между ними не превышало 0,6 м.

Теоретическим обводам судов, предназначенных для плавания во льдах, придается форма, способствующая выдавливанию судна из льда в случае ледового сжатия.

Защитная обшивка корпуса и ледовая оковка

На судах, плавающих в ледовых условиях, вся наружная обшивка защищается предохранительной обшивкой из дуба или из иной твердой породы леса. Рекомендуются выполнять защитную ледовую обшивку, или хотя бы ее часть в районе действующей ватерлинии и на 0,3 м выше, из гринхерта. Толщина ледовой обшивки 50—75 мм в зависимости от размерений судна; в кормовой оконечности она может быть уменьшена (примерно до 80%).

Ледовая обшивка крепится к основной обшивке корабельными гвоздями, ершами и глухарями, крепления утапливаются под пробку. Длина крепежных деталей выбирается с таким расчетом, чтобы концы их входили в основную обшивку не более чем на 0,8 ее толщины. Сквозные крепления через наружную обшивку не допускаются, так как при отрыве доски ледовой обшивки появится течь.

В каждом поясе ледовой обшивки на всех шпангоутах устанавливается по два крепления, причем не менее 30% креплений должно осуществляться глухарями. Между ледовой и основной обшивкой прокладываются листы картона, густо промазанного суриком или просмоленного.

Ледовая обшивка притыкается к штевням в шпунт, поэтому размер штевней у судов, имеющих такую обшивку, увеличивается из расчета устройства в них двух шпунтов (для основной и ледовой обшивок).

Передняя кромка форштевня защищается дубовым водорезом, размером по лекалу 120—180 мм, и металлической оковкой. Ранее оковки выполнялись из отдельных скоб, охватывающих форштевень и устанавливаемых вплотную друг к другу (рис. 156), однако эксплуатация головной зверобойной шхуны постройки 1952—1954 гг. показала в первом же рейсе, что в течение нескольких дней оковки обрываются и судно приходит в аварийное состояние.

В настоящее время отказались от ледовых оковок указанной конструкции и стали выполнять их из металлических листов толщиной

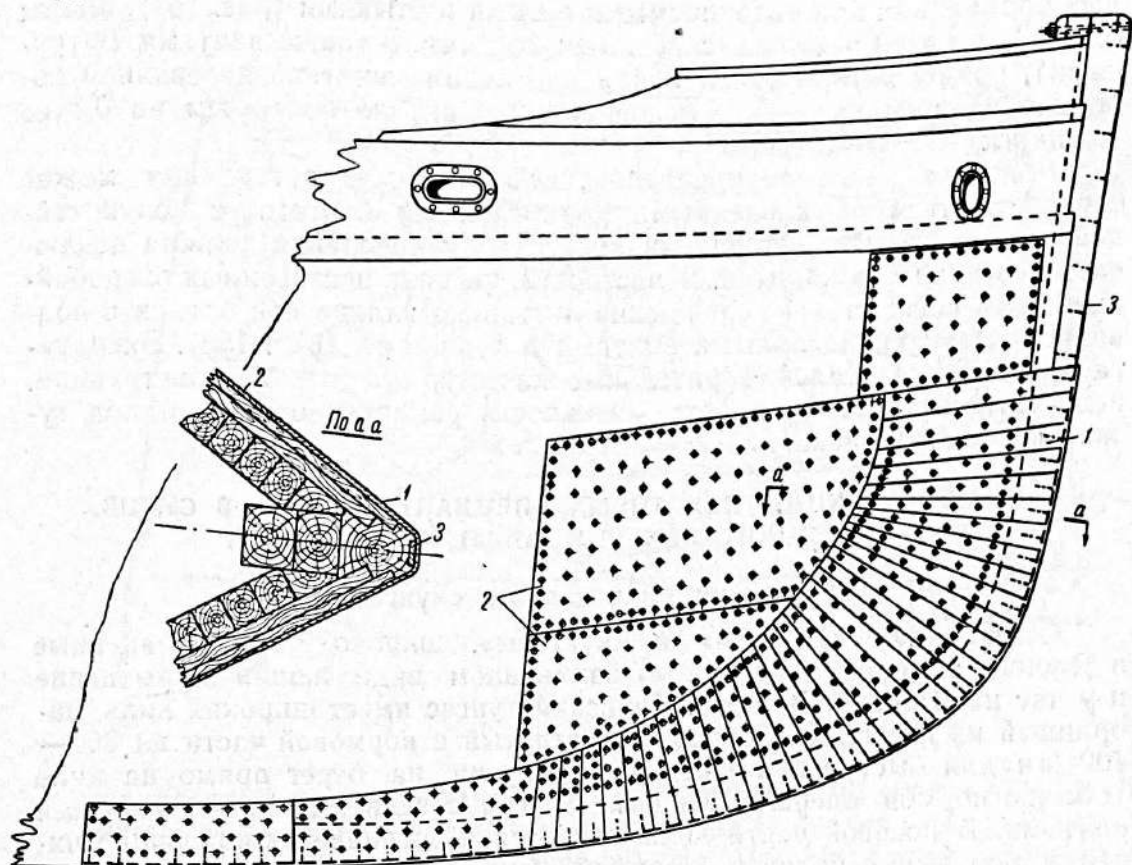


Рис. 156. Ледовая оковка форштевня из скоб.

1 — металлические скобы; 2 — защитные листы; 3 — оковка форштевня.

от 6 до 12 мм, сваренных по стыкам и пазам. Такой оковкой защищается вся носовая часть судна не менее чем на 0,6 м выше грузовой ватерлинии. В районе действующих ватерлиний листы металлической оковки доходят по крайней мере до начала цилиндрической части судна, перекрывая скуловой поворот.

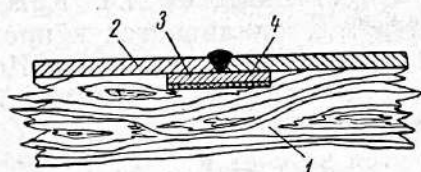


Рис. 157. Установка прокладок в районе сварного шва.

1 — ледовая обшивка; 2 — металлическая оковка; 3 — металлическая прокладка; 4 — асбестовая прокладка.

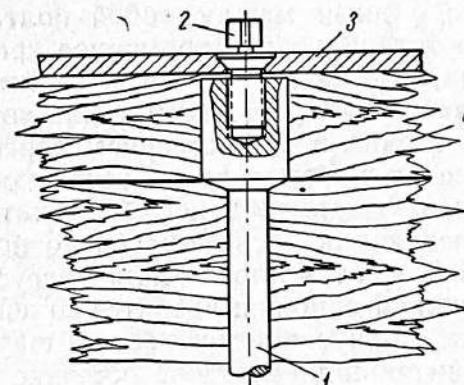


Рис. 158. Болт со специальной головкой для постановки гужонов.

1 — болт специальной конструкции; 2 — гужон; 3 — металлическая оковка; 4 — ледовая обшивка.

Так как листы оковки свариваются после установки их на судно, следует предусмотреть все мероприятия, гарантирующие пожарную

безопасность выполняемых работ. Как одно из таких мероприятий может быть рекомендована установка металлических полос на асбестовых прокладках под свариваемыми пазами и стыками (рис. 157). Листы оковки крепятся частично сквозными болтами, а также винтами (шурупами), концы которых, как и при креплении защитной деревянной обшивки, должны входить в основную обшивку не более чем на 0,8 ее толщины.

Болтовое сквозное крепление выше грузовой ватерлинии может осуществляться обыкновенными корабельными болтами с полупотайной головкой, ниже ватерлинии конструкция крепления должна исключать водотечность корпуса. В частности, на ряде построенных зверобойных шхун осуществлено крепление листов металлической оковки в подводной части специальными болтами и гужонами (рис. 158). Эксплуатация выявила удовлетворительные качества указанной конструкции, недостатком которой является сложность разметки отверстий под гужоны в листах оковки.

§ 10. КОНСТРУКЦИИ НЕКОТОРЫХ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТИПОВ СУДОВ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Суда типа «кавасаки» и «кунгасы»

Суда типа «кавасаки» и «кунгасы», широко распространенные в Японии и Корее, в несколько измененном виде нашли применение и у нас на Дальнем Востоке. Японский кунгас имеет широкий киль, набранный из нескольких брусьев и загнутый в кормовой части на 300—400 мм для быстрого вытаскивания судна на берег прямо на киле (обычно кормой вперед). Килевые брусья соединены горизонтальными болтами. В носовой части киль сужается и соединяется кокорной кницей и болтами с пологим, прямолинейным форштевнем. Поперечный набор состоит из редко расставленных шпангоутов, заготавливаемых из кокорного леса.

Каждая шпангоутная рама состоит из двух кокорных полушпангоутов, образующих днищевую и бортовую ветви каждого борта, при этом днищевые ветви перекрывают одна другую на ширину киля и соединяются с ними между собой болтами. Днищевая и бортовая обшивки имеют характерное кромочное крепление досок между собой специальными, слегка загнутыми плоскими гвоздями, носящими своеобразные названия «каёри», «таори» или «отоси». Так как эти гвозди не находят применения в отечественном деревянном судостроении, подробное описание их не приводится. Доски обшивки выполняются из высококачественного выдержанного пиломатериала естественной сушки. Каждая последующая доска тщательно подгоняется и припиливается к предыдущей, а затем плотно сплачивается с ней упомянутыми гвоздями. Щиты наружной обшивки крепятся со шпангоутами редкими расклепными болтами. Корпус кунгаса, кроме шпунтовых линий, не конопатится и его водонепроницаемость по обшивке достигается за счет набухания досок, которые делаются достаточно широкими. Благодаря своеобразной конструкции кунгасы легки, прочны и обладают высокими мореходными качествами.

Малым самоходным судном аналогичной конструкции является и «кавасаки». Его характерная особенность заключается в конструкции кормового подзора, позволяющей осуществить подъем гребного винта при вытаскивании судна на берег (рис. 159).

Ввиду необходимости быстрой постройки кунгасов крупными сериями, на Дальнем Востоке начали строить бескорные кунгасы с часто

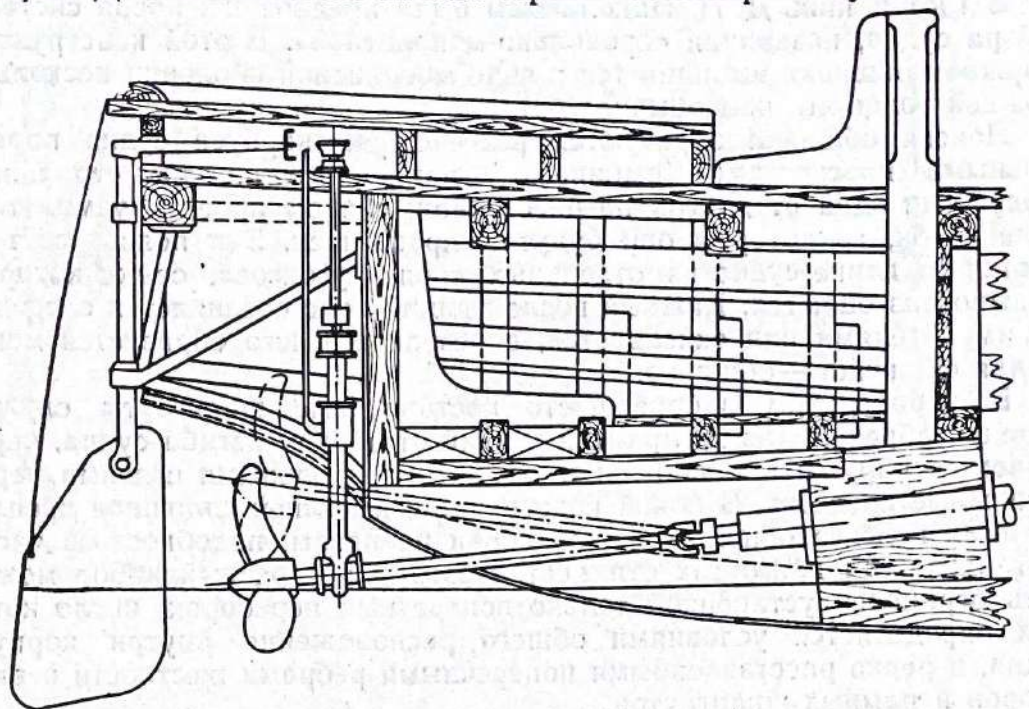


Рис. 159. Кормовая оконечность кавасаки.

поставленными шпангоутами, днищевая и бортовые ветви которых соединяются на болтах при помощи скуловых медведок (книц). Мидельшпангоут такого кунгаса показан на рис. 160. Наружная обшивка не

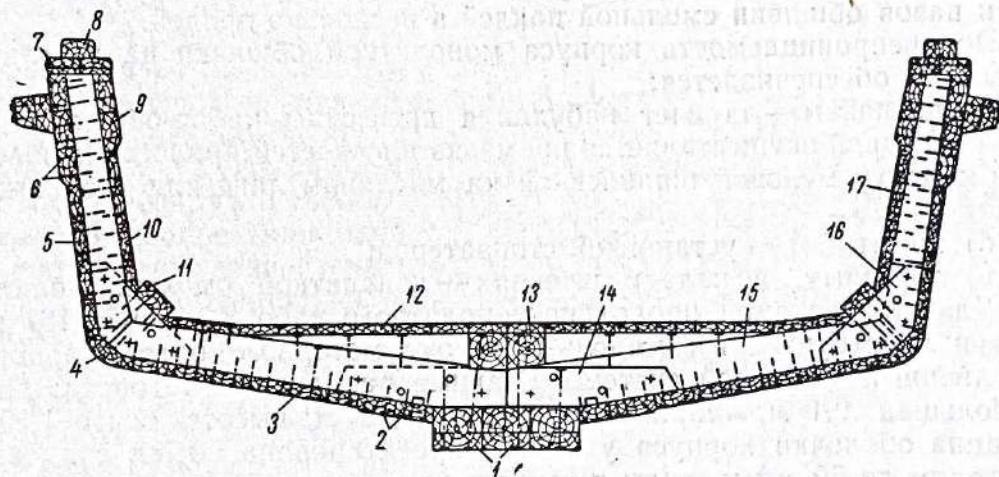


Рис. 160. Мидельшпангоут кунгаса.

1 — киль; 2 — шпунтовые пояса; 3 — днищевая обшивка; 4 — череповой брус; 5 — бортовая обшивка; 6 — бархоут; 7 — ватервейс; 8 — планширь; 9 — подбалочные бруссы; 10 — внутренняя обшивка; 11 — скуловой связной пояс; 12 — днищевая слань; 13 — кильсон; 14 — флор; 15 — флортимберс; 16 — медведка; 17 — топтимберс.

имеет кромочного крепления и крепится к шпангоутам обычными корабельными гвоздями и болтами; водонепроницаемость ее достигается конопаткой.

Суда с «продольно-монолитной» системой набора

В 1951 г. инж. Д. Н. Николаевым была предложена новая система набора судна, названная «продольно-монолитной». В этой конструкции наружная обшивка выполняется в виде монолитной оболочки несколько большей толщины, чем обычная однослойная обшивка.

Поясья обшивки образуются рассечением корпуса судна параллельными плоскостями (рыбинами), наклонными к диаметральной, и идущими одна от другой на расстоянии, равном проектируемой толщине досок, из которых они будут выкраиваться. Эти поясья состояются по длине судна из отдельных «пояс-футоксов», стыки которых взаимно разгоняются. Каждый последующий пояс соединяется с предыдущим нагелями или склеивается, в результате чего образуется монолитная оболочка — обшивка.

В корабельном наборе часто поставленные шпангоуты служат главным образом для восприятия усилий от общего изгиба судна, передаваемых наружной обшивкой и другими продольными связями через крепежные средства. В новой конструкции, имеющей сплошное крепление всех поясьев обшивки между собой по пазам, надобность в часто поставленных шпангоутах отпадает. Поэтому поперечный набор может быть ограничен установкой только поперечных переборок, число которых определяется условиями общего расположения внутри корпуса судна, и редко расставленными поперечными ребрами жесткости в виде флоров и рамных шпангоутов.

Монолитная оболочка может воспринимать значительно бóльшие усилия, чем обычная наружная обшивка, и поэтому при продольно-монолитной системе набора внутренние продольные связи — кильсоны, подбалочные, шельфы, скуловые и днищевые связные поясья, а также внутренняя обшивка могут не ставиться. Водонепроницаемость корпусов судов на корабельном наборе обеспечивается конопаткой всех стыков и пазов обшивки смольной паклей в несколько прядей.

Водонепроницаемость корпуса монолитной обшивки на нагельном креплении обеспечивается:

а) по пазам — за счет набухания древесины набор-обшивки, при сборке которой осуществляется промазка плоскостей прилегания поясьев друг к другу меловой шпаклевкой на масляном лаке или его заменителях;

б) по стыкам — установкой стопватеров;

в) по шунту, в киле и штевнях — конопаткой смольной паклей.¹

Для иллюстрации продольно-монолитного набора на рис. 161 изображен конструктивный мидель-шпангоут моторного бота с набором, выполненным по новой системе. Главные размерения мотобота: длина наибольшая 9,1 м; ширина на миделе 2,75 м; высота борта 1,10 м. Толщина оболочки корпуса у киля запроектирована 60 мм с плавным переходом до 50 мм у скулы и выше к палубе.

Теоретический корпус мотобота, рассеченный наклонными плоскостями, по которым располагаются поясья набора-обшивки, представлен

¹ В процессе экспериментальной эксплуатации опытной серии мотоботов продольно-монолитной системы, построенных в бесконопатном варианте, на некоторых судах обнаруживалась значительная водотечность. По-видимому, рекомендуемая шпаклевка не дает достаточно длительного и прочного сцепления с древесиной в условиях эксплуатации. Для сплачивания набор-обшивки следует применять водостойкий клей, а при постройке судов на нагельном креплении водонепроницаемости корпуса следует добиваться конопаткой всех стыков и пазов наборной обшивки.

на рис. 162. Расстояние между этими плоскостями принято 35 мм и соответствует толщине досок, из которых должны выпиливаться «пояс-футоксы» сборной обшивки судна.

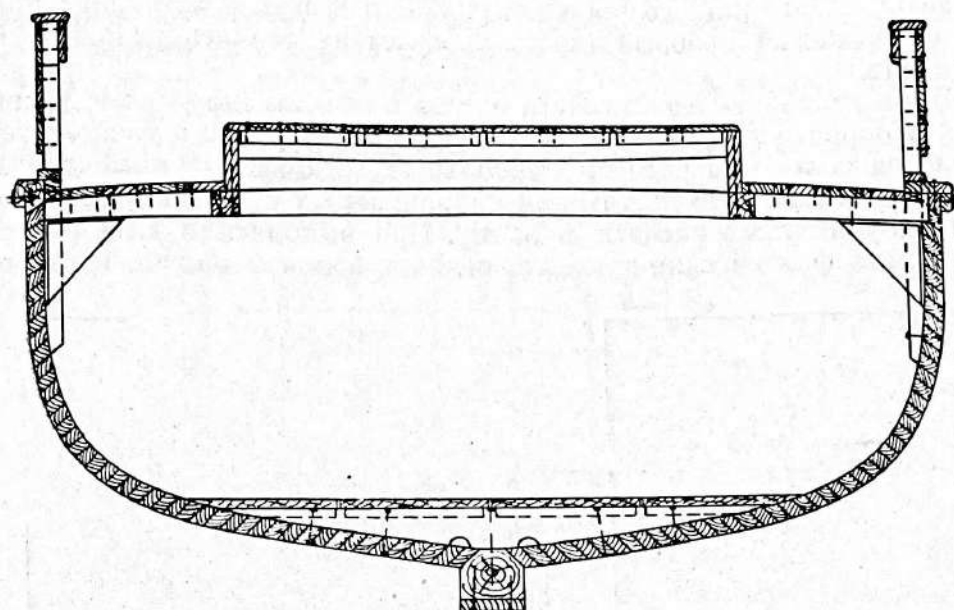


Рис. 161. Конструктивный мидель-шпангоут мотобота с продольно-монокитной системой набора.

Для проверки продольно-монокитной системы набора в эксплуатационных условиях была построена опытная серия таких мотоботов. Постройке предшествовала экспериментальная проверка набора в условиях стендовых испытаний на корпусе несамоходного судна. Для этого был спроектирован и построен по новой системе набора дуб грузоподъемностью 50 т. Этот дуб и аналогичный ему на корабельном наборе были подвергнуты сравнительным прочностным испытаниям. Главные размерения испытанных судов: длина расчетная 17,50 м; ширина на миделе около 5,90 м; высота борта 1,75 м. Испытания проводились на берегу с судами, установленными на клетках. Различным расположением клеток и, при необходимости, дополнительным наливом отдельных отсеков водой имитировались случаи продольного изгиба судна «на вершине волны», «на подошве волны» и «косого изгиба».

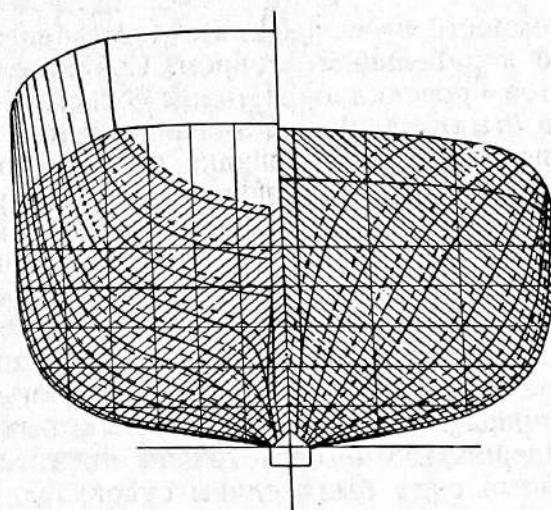


Рис. 162. Теоретический корпус мотобота.

Помимо общей продольной прочности, сравнительным испытаниям была подвергнута и поперечная прочность, кроме того, была сопоставлена местная прочность наружной обшивки. Поперечная прочность про-

верялась также наливом воды внутрь корпуса судна с соответствующим размещением судов на клетках.

Местная прочность проверялась на нагрузку, имитирующую ударную нагрузку аварийного порядка, для чего к стреле автокрана подвешивался тяжелый дубовый таран, которым наносились удары по корпусу судна.

Чтобы поставить испытываемые суда в объективно равные условия в основу определения величин испытательных нагрузок и расположения опор были положены расчеты наибольших изгибающих моментов, возможных в условиях эксплуатации сравниваемых судов при постановке их на одну и ту же расчетную волну. При выполнении этих расчетов учитывались фактические значения величин водоизмещения, грузоподъ-

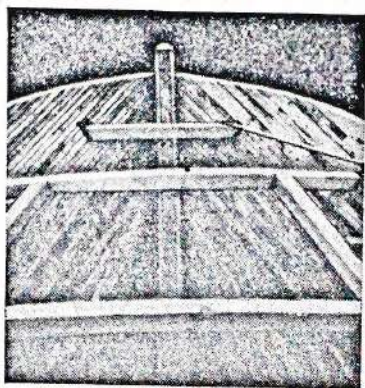


Рис. 163. Установка бимсов в носовой части судна.

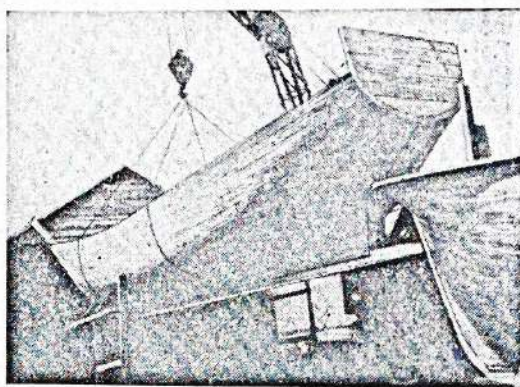


Рис. 164. Готовый корпус мотобота извлекают из стапель-кондуктора.

емности и осадок для судна с продольно-монолитным набором и судна с корабельным набором. Сравнительная оценка испытываемых объектов проводилась методом сопоставления прогибов судна и деформаций в стыках днищевой обшивки и палубного настила. При проверке местной прочности обшивка судна доводилась до разрушения и сопоставлялись величины разрушающих нагрузок.

В результате сравнительных испытаний было установлено, что прочность дуба, построенного по продольно-монолитной системе набора, не уступает или даже несколько превосходит прочность дуба на корабельном наборе. После стендовых испытаний дуб, построенный по новой системе набора, был сдан в экспериментальную эксплуатацию.

В целях дальнейшей проверки продольно-монолитной системы набора, как это уже упоминалось, была построена серия моторных ботов. На рис. 163 и 164 показаны отдельные этапы постройки. Вновь построенные суда были сданы судовладельцам в разные бассейны для всесторонних испытаний в различных эксплуатационных условиях.

Следует отметить, что у судовладельцев наибольшие опасения вызвали трудности или даже «невозможность» ремонта пробоин и других поврежденных мест обшивки. Показательный ремонт искусственной пробоины в корпусе мотобота со сменой пояс-футоксов обшивки доказал необоснованность этих опасений.

При небольшой пробоине, когда повреждены два-три пояса на небольшой длине, можно применять способ ремонта, показанный на рис. 165. Рваные края пробоины зачищаются до правильного прямо-

угольника, и отверстие заделывается изнутри металлическим накладным листом на заклепках с парусиновой прокладкой на шпаклевке. С наружной стороны подгоняется деревянная заглушка, крепящаяся к металлическому листу заклепками. По периметру заглушки шов тщательно конопатится в несколько прядей.

При замене нескольких поясов набор-обшивки намечается замкнутый контур для этих поясов (чтобы не нарушить прочности корпуса, следует следить за разгоном стыков заменяемых поясов). Обшивка по контуру сверлится и выкалывается стамеской с таким расчетом, что-

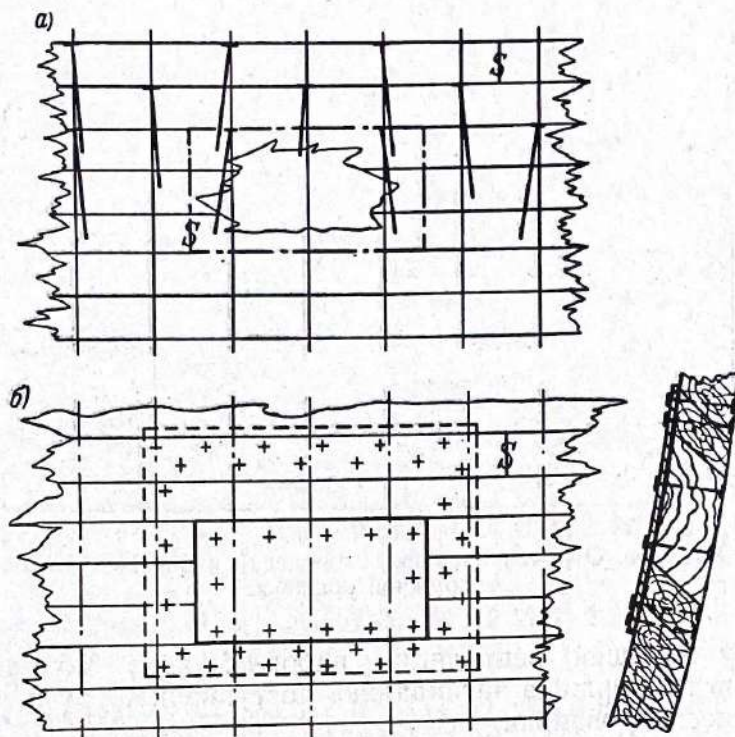


Рис. 165. Пробоина в набор-обшивке: а — до ремонта; б — после ремонта.

бы по всему периметру образовался сквозной паз шириной 15—20 мм. Крепеж, попавший в паз, перерезается ножовкой, и вырубленная секция обшивки снимается. В случае, когда в районе заменяемой части набор-обшивки находятся поперечные переборки или другие связи, следует предварительно ослабить болты, крепящие эти конструкции к заменяемой части набор-обшивки.

Новые пояс-футоксы заготавливают по шаблонам со снятых поясов. Укладку новых поясов производят постепенно с нижнего пояса вверх; каждый последующий пояс крепится с предыдущим гвоздями или водостойким клеем с запрессовкой гвоздями. Водонепроницаемость достигается постановкой стопватеров. Поскольку последний (забойный) пояс таким способом закрепить невозможно, его крепят наклонными гвоздями, забиваемыми в специальные гнезда, которые затем заделываются. Если ремонтируемые пояса устанавливаются без применения клея, водонепроницаемость обшивки достигается конопаткой

в несколько прядей. На рис. 166 представлены отремонтированные днищевая и бортовая части обшивки мотобота. Таким образом, практическое осуществление продольно-монолитной системы набора Д. Н. Николаева, принципиально отличной от всех существующих, не встречает особых затруднений.

Постройка и опыт эксплуатации в течение нескольких лет первой партии судов, построенных по этой системе, позволяют сделать следующие выводы и рекомендации.

1. Отсутствие остаточных деформаций килевой линии указывает на достаточную прочность монолитного корпуса.

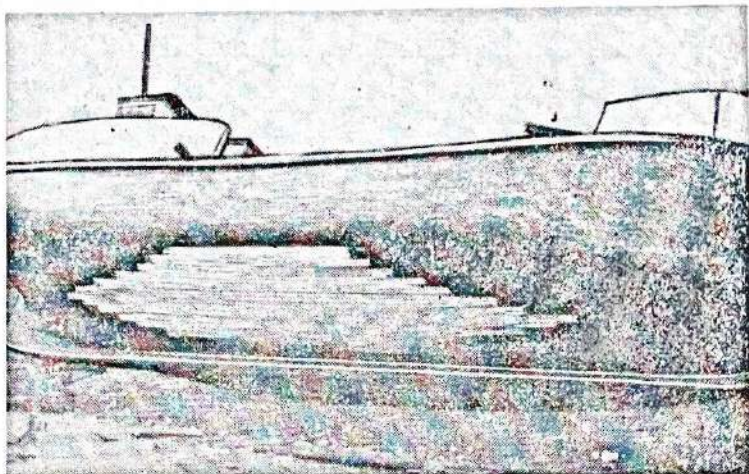


Рис. 166. Отремонтированные днищевая и бортовая части наружной обшивки.

2. Ввиду хорошей вентиляции набор-обшивка монолитных корпусов меньше подвержена загниванию, доступна осмотру и профилактическому антисептированию.

3. Ремонт пробоин или потертых льдом пояс-футков обшивки относительно несложен и доступен на любой судоремонтной площадке.

4. Ввиду отсутствия гнутья связей большого сечения обеспечивается точность спроектированных образований корпуса, легко контролируемая в процессе постройки.

5. Упрощается технология, механизмируются процессы обработки деталей, сокращается время постройки корпуса, снижаются трудоемкость и разряд работ.

6. Снижается расход леса и крепежных средств на единицу модуля корпуса $L \times B \times H$ и возможно применение короткомерного леса пониженной сортности.

7. Обеспечивается надежная водонепроницаемость поперечных переборок; корпус судна изнутри в местах, не занятых оборудованием, доступен для осмотра и устранения водотечности при ее появлении.

8. Ввиду облегчения корпуса за счет некоторого сокращения связей и уменьшения числа крепежных средств, возможно увеличение грузоподъемности, чему способствует увеличивающаяся по тем же причинам вместимость внутренних отсеков в корпусе.

9. Конструкция позволяет осуществить всю набор-обшивку клеевой и действительно монолитной; применение склеивания не требует

сколько-нибудь существенного переоборудования верфи,—требуется лишь наличие теплого эллинга и освоение работ по склеиванию.

Таблица 20
Сравнительные технико-экономические показатели судов с корабельным и с продольно-монолитным набором

Наименование показателей	Размерность	Несамоходный дуб				Мотобот 20 л. с.			
		корабельный набор	продольно-монолитный набор	экономия		корабельный набор	продольно-монолитный набор	экономия	
				абсолютная	относительная, %			абсолютная	относительная, %
Водоизмещение в грузу	<i>т</i>	75,34	76,60	—1,26	—1,7	11,20	11,06	0,14	1,25
Полезная грузоподъемность	»	40,00	50,00	10,00	25,0	3,39	4,10	0,71	21,0
Вес судна порожнем	»	34,71	26,00	8,71	25,0	6,01	5,10	0,91	15,2
Объем трюмов	<i>м³</i>	70	93	23	32,8	6,70	7,15	0,45	6,7
Расход лесоматериалов	»	75,33	68,00	7,33	9,7	10,98	10,48	0,50	4,5
Расход корабельных болтов и гвоздей	<i>кг</i>	1502	673	829	55,0	92,3	39,6	52,7	57,0
Расход строительных гвоздей	»	—	—	—	—	41,4	90,4	—49,0	—118,3
Вес судна порожнем на 1 <i>т</i> грузоподъемности	—	0,87	0,52	0,35	40,3	1,77	1,24	0,53	30,0
Расход лесоматериалов на 1 <i>т</i> грузоподъемности	<i>м³/т</i>	1,88	1,36	0,52	27,7	3,24	2,56	0,68	21,0
Вес судна порожнем на 1 <i>т</i> водоизмещения	—	0,46	0,34	0,12	26,7	0,537	0,461	0,076	14,1

Для оценки эффекта от внедрения новой системы набора в табл. 20 приведены сравнительные показатели постройки несамоходного дуба и экспериментальной серии мотоботов на корабельном и продольно-монолитном наборе. Из данных таблицы можно заключить, что при увеличении главных размерений судов относительная эффективность новой системы набора возрастает.

Наконец, при проектировании судов с системой набора Д. Н. Николаева в клееном варианте упрощаются некоторые элементы расчетов прочности и тем самым конструирование.

Некоторые суда клееной конструкции, их особенности и преимущества

Ранее упоминалось уже об общих принципах конструирования клееных соединений и элементов судовых конструкций, а при описании судового набора на нагельных средствах крепления оговаривалась возможность применения склеивания для изготовления той или иной части набора.

Достигнутые в настоящее время успехи в создании водостойких клеев и результаты испытаний клееных судовых конструкций как в стендовых, так и в натурных условиях позволяют рекомендовать применение склеивания в самых широких масштабах.

Ниже рассматриваются некоторые суда, конструкция корпуса которых разработана со всесторонним использованием склейки для создания слоистых элементов набора, как прямых, так и криволинейных.

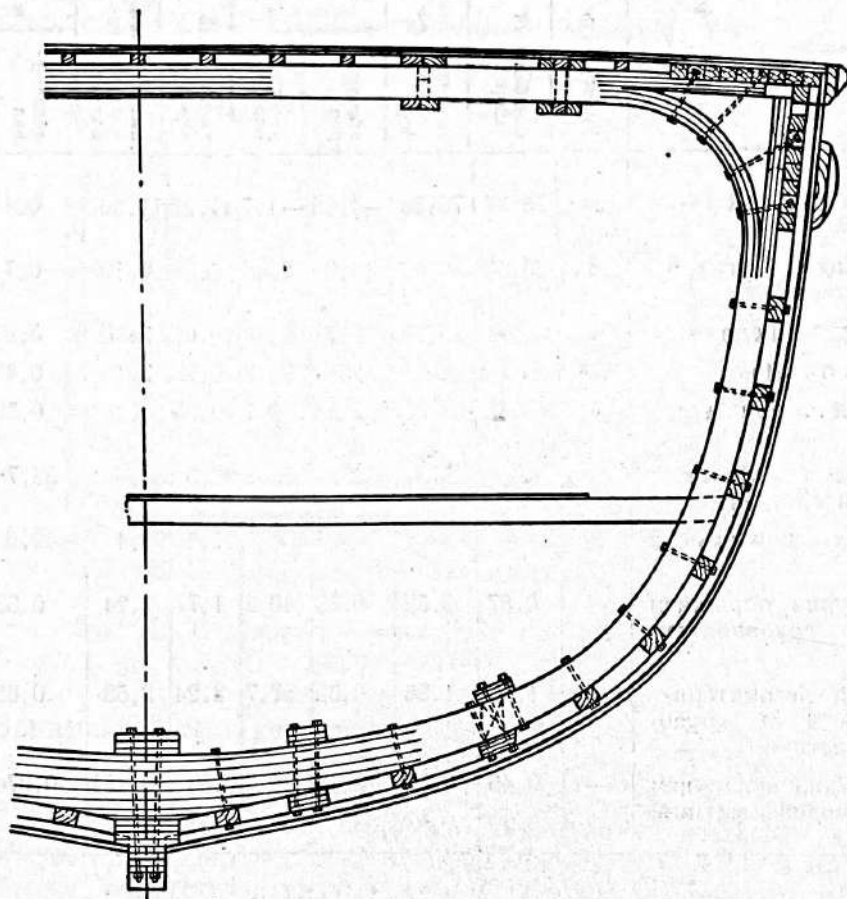


Рис. 167. Мидель-шпангоут гидрографического судна длиной 32,3 м.

На рис. 167 показано миделевое сечение набора английского гидрографического судна длиной 32,3 м. Штевни, киль и кильсон судна изготовлены из канадского вяза, а прочие элементы — из красного дерева. Форштевень выклеен из досок толщиной 16 мм. Киль с резенкилем представляет собой многослойный брус, склеенный из досок толщиной 32 мм. Кильсон склеен из таких же досок в три слоя, толщина его лишь 96 мм. Между килем, кильсоном и шпангоутами установлены деревянные вкладыши, крепящиеся к шпангоутам угольниками. Киль и кильсон скреплены сквозными болтами, устанавливаемыми на каждом шпангоуте.

Шпангоуты и бимсы представляют единую монолитную раму, выклеенную из досок толщиной 10 мм. По наружным кромкам шпангоутов поставлены стрингеры сечением 102×76 мм, идущие вдоль всего

судна и крепящиеся к шпангоутам болтами. Помимо стрингеров, в днищевой части судна установлены дополнительные продольные связи, выклеенные из досок толщиной 19 мм, состоящие каждая из двух клееных брусьев, размещенных один против другого по наружной и внутренней кромкам шпангоутов, и скрепленных между собой и со шпангоутами сквозными болтами.

У палубы по борту установлен ширстрек (бархоут), состоящий из семи брусков сечением 76×76 мм, склеенных между собой и сбитых гвоздями.

Палубный стрингер представляет собой конструкцию, аналогичную ширстреку, но состоящую из десяти брусков такого же сечения и несколько врезанную в бимсы. Кроме бортового палубного стрингера установлены стрингеры и карлингсы, идущие вдоль всего судна. Стрингеры выполнены из отдельных брусков сечением 51×51 мм, карлингсы состоят из верхнего и нижнего поясьев и интеркостельной стенки. Каждый поясск склеивается и сбивается гвоздями из трех брусков сечением 51×51 мм.

Наружная обшивка двухслойная диагонально-продольная. Внутренний диагональный слой состоит из досок толщиной 13 мм, а наружный продольный — из досок толщиной 22 мм. Палубный настил также двухслойный диагональный: внутренний диагональный слой составляют доски толщиной 13 мм, а наружный продольный, выполненный из тика, имеет толщину 19 мм.¹

При проектировании судна особое внимание было уделено хорошей вентиляции всех элементов набора, так как известно, что при достаточной сухости древесины и хорошей ее вентиляции гниение не возникает. Для лучшей вентиляции шпангоуты и бимсы не прилегают к обшивке судна и палубному настилу, что обеспечивает свободную циркуляцию воздуха вокруг набора.

Другим примером применения склейки в деревянном судостроении может служить моторный катер длиной около 9 м, мидель-шпангоут которого приведен на рис. 168. Шпангоуты катера выклеены из четырех слоев реек красного дерева сечением 12×60 мм, следовательно, высота шпангоута 48 мм.

Внутренний привальный брус, внутренний скуловой брус и резенкиль склеены каждый из трех слоев сосновых досок толщиной 15 мм. Сечения этих связей по проекту: для внутреннего привального бруса — 45×70 мм, внутреннего скулового бруса и резенкиля — 45×100 мм. Килевой дубовый брус сечением 30×70 мм крепится к резенкилю шурупами.

Наружный скуловой брус из красного дерева сечением 30×40 мм крепится к внутреннему скуловому брусу шурупами. Аналогично выполнено соединение наружного и внутреннего привальных брусьев. Бимсы из цельных сосновых брусков сечением 30×30 и 20×30 мм. Наружная обшивка двухслойная: внутренний слой диагональный из сосновых досок 6×100 мм, а наружный — продольный, из досок красного дерева 10×100 мм. Палубный настил однослойный сосновый, из шпунтованных досок толщиной 14 мм.

На рис. 169 показан мидель-шпангоут дрифтер-сейнера, у которого длина между перпендикулярами 18,0 м. При конструировании и постройке этого судна в значительной степени применено склеивание. Ма-

¹ Все размеры даны в метрической системе с округлением до целых чисел.

тернал набора корпуса — сосна, наружная обшивка и переборки — из бакелизированной фанеры. Основные элементы набора корпуса следующие:

бортовые и днищевые шпангоуты сечением 50×150 мм натесные из брусьев; бимсы сечением 50×120 мм, клеенные из реек толщиной 20 мм; кницы, соединяющие шпангоутные ветви и бимсы друг с другом, из бакелизированной фанеры толщиной 16 мм;

киль сечением 120×225 мм выклеен из досок толщиной 20 мм; форштевень сечением 120×200 мм, с дубовой наделкой 70×120 мм.

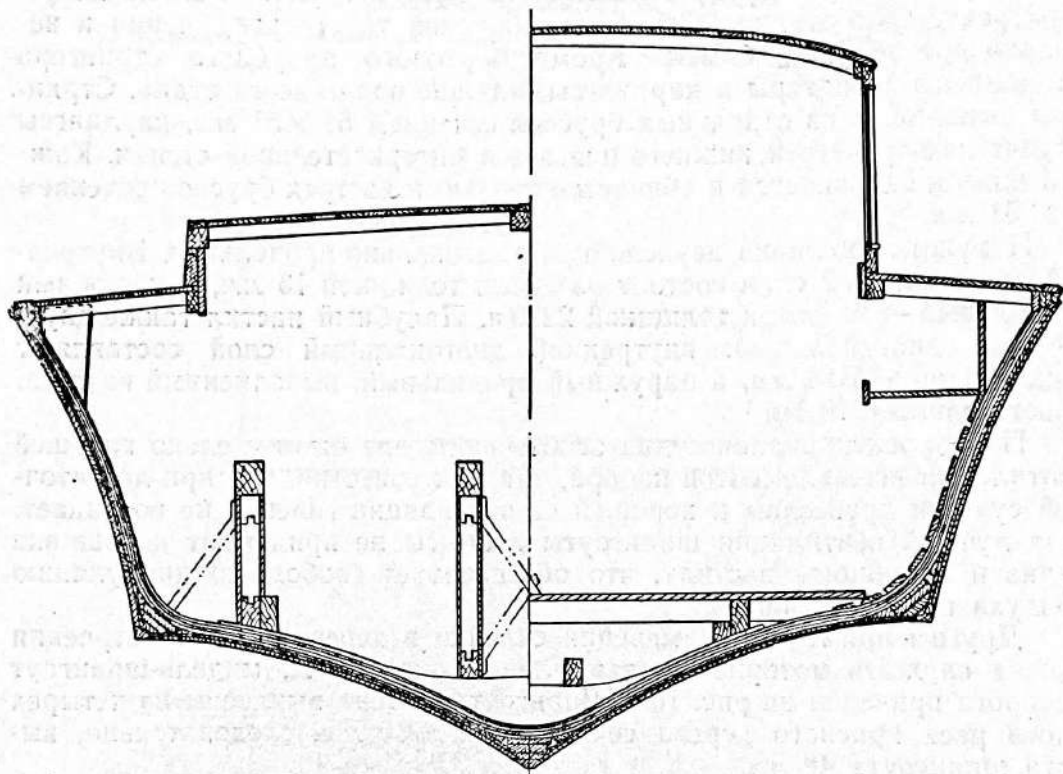


Рис. 168. Мидель-шпангоут моторного катера клееной конструкции.

цельноклеенный из досок толщиной 15 мм; ахтерштевень сечением 120×320 мм, склеенный из досок толщиной 20 мм; форштевень и ахтерштевень соединены с килем замками на болтах и клее;

скуловой брус сечением 130×140 мм, внутренний привальный брус сечением 80×100 мм и карлингсы сечением 70×150 мм склеены из досок толщиной 20 мм; заделка скулы дубовая размером 55×120 мм крепится к скуловому брусу на шурупах;

ватервейс сечением 60×230 мм; в носовой части судна, где имеется значительная кривизна, ватервейс склеен из вертикальных слоев реек толщиной 20 мм, а в остальных районах — из двух брусков размером 60×115 мм; отдельные части ватервейса соединяются на замках с применением болтового крепления;

настил палубы из досок толщиной 40 мм; доски длиной до 9 м склеены из короткомерных досок длиной до 3,6 м;

наружная обшивка из бакелизированной фанеры толщиной 16 мм; стыки обшивки соединены фанерными планками, устанавливаемыми на

клею и болтах, а пазы склеены на ус; к набору обшивка крепится болтами и шурупами. Чтобы предохранить наружную обшивку от повреждения, по борту судна установлен привальный брус (он же бархоут) общим сечением 80×390 мм.

Как указывалось выше, условия промысловой работы дрейфгер-сейнера оказались весьма тяжелыми, в связи с чем обшивка из бакелизированной фанеры не может быть рекомендована. Что касается самих клееных конструкций, то на основании опыта эксплуатации значительного

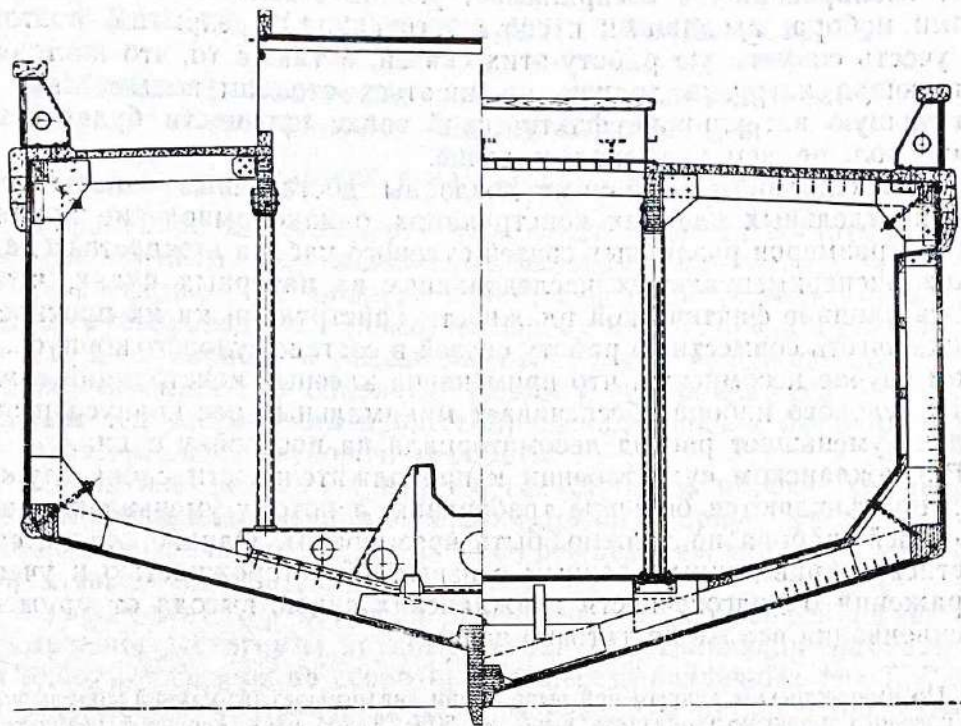


Рис. 169. Мидель-шпангоут дрейфгер-сейнера клееной конструкции.

числа судов данного типа в течение 9—10 лет качество их можно считать вполне удовлетворительным.

Клееные соединения дают большие преимущества. У тральщика длиной около 50 м в результате применения склеивания и новых конструкций вес корпуса уменьшается, по американским данным, свыше чем на 50% по сравнению с весом корпуса такого же судна с обычным набором. Использование клееных конструкций при постройке вышеупомянутого гидрографического судна позволило уменьшить вес корпуса примерно на 25%. В процессе дальнейшей постройки аналогичных судов сечения связей набора были еще больше облегчены, причем прочность корпуса оставалась вполне достаточной. Это подтверждают данные сравнительных исследований прочности клееных и сплошных шпангоутов, проведенных научно-исследовательским институтом в Швеции. Испытаниям было подвергнуто по три образца каждой конструкции одинаковой влажности. Шпангоут склеен из пластин толщиной 8 мм. Шпангоутные рамы устанавливались на стенде и сжимались домкратами. Расчетной нагрузкой считался столб воды, равный высоте борта судна.

Результаты испытаний показали, что модуль упругости для кле-

ного шпангоута примерно на 30% больше модуля упругости шпангоута сплошной конструкции, а его прочность превышает расчетную нагрузку не менее чем в 2,5 раза.¹ Попутно надо указать, что в двух случаях из трех разрушение шпангоутных конструкций произошло не в клеевых швах, а в целой древесине, в третьем случае, несмотря на то, что пробная нагрузка превысила расчетную в 2,75 раза, конструкция не разрушилась и после прекращения испытания не имела остаточных деформаций. Также следует отметить, что на судне шпангоутная рама не работает изолированно, а воспринимает усилия совместно с остальными связями набора, входящими в соответствующие перекрытия, поэтому, если учесть совместную работу этих связей, а также то, что постоянно действующая нагрузка должна оцениваться столбом воды только по действующую ватерлинию, фактический запас прочности будет существенно больше, чем указывалось выше.

Проведенными испытаниями доказаны достаточные запасы прочности в отдельных клееных конструкциях, однако выявление крайних значений размеров различных связей судового набора нуждается в дальнейших экспериментальных исследованиях на натурных судах, чтобы оценить влияние фактической влажности конструкции на их прочность, а также учесть совместную работу связей в составе судового корпуса. Во всяком случае несомненно, что применение клееных конструкций в элементах судового набора обеспечивает минимальный вес корпуса и значительно уменьшает расход лесоматериала на постройку судна.

В гражданском судостроении к продолжительности срока службы судна предъявляются большие требования, а потому уменьшение сечений связей набора не должно быть чрезмерным. Однако, даже если отнестись к приведенным данным с известной осторожностью и учесть соображения о долговечности гражданских судов, выгода от применения склеивания все же достаточно велика.

¹ По американским данным при выполнении аналогичных испытаний модуль упругости клееного шпангоута оказался выше на 50%. Такое расхождение в результатах испытаний предположительно можно объяснить различной влажностью испытанных конструкций; иных объяснений в опубликованных материалах не приводится.

ГЛАВА IV

ПОСТРОЙКА МОРСКИХ ДЕРЕВЯННЫХ СУДОВ

§ 11. МЕТОДЫ ПОСТРОЙКИ. ВЛИЯНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ КОРПУСА НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ

Характеристика методов постройки

Современное морское деревянное судно является достаточно сложным инженерным сооружением, насыщенным различным машинным и электротехническим оборудованием, судовыми устройствами, системами и трубопроводами, вспомогательными механизмами и снабжением, которые в совокупности обеспечивают судну и находящемуся на нем экипажу безопасность плавания. Поэтому постройка судна является сложным технологическим процессом, распадающимся на многочисленные заготовительные и сборочные работы.

В практике некоторых верфей, где строятся морские деревянные суда, вопросам механизации заготовки деталей корпуса уделяется недостаточно внимания, многие детали по-прежнему изготавливаются вручную корабельными плотниками.

За последние 10 — 15 лет на ряде отечественных верфей деревянного судостроения достигнуты крупные успехи в механизации заготовительных работ и введении на сборочных процессах различных фиксирующих приспособлений, позволивших в значительной мере преодолеть специфические трудности технологии постройки корпусов. Внедрение клееных конструкций, применение для наружной обшивки и переборок бакелизированной фанеры и, наконец, появление такой системы набора, как продольно-монолитная, открывают дальнейшие перспективы для совершенствования деревянного судостроения.

Наряду с внедрением склеивания, применение нагельных средств креплений пока сохраняет главенствующее значение. Поэтому в дальнейшем основное внимание уделяется постройке судов на нагельных средствах крепления, а об особенностях технологии при применении склеивания сказано ниже, в § 15.

Характеризуя способы постройки морских деревянных судов, необходимо остановиться на следующих трех основных методах, отличающихся главным образом организацией стапельных (сборочных) работ.

Индивидуальный метод постройки. Судно до спуска на воду строят на одном стапельном месте, и основные судоплотничьи работы по корпусу ведет одна бригада. Монтажные работы также проводятся без узкой специализации. Для заготовительных работ характерен большой объем работ, выполняемых по размерам с места.

Бригадно-позиционный метод постройки. Одновременно строится и монтируется несколько однотипных судов, заложенных на разных стапелях через примерно равные промежутки времени. Работы разбиты на ряд узлов и ведутся несколькими бригадами по принципу узкой специ-

ализации. Суда строятся до спуска на воду на одном стапельном месте. Заготовка деталей корпуса, устройств и оборудования ведется предварительно по плазовым шаблонам и чертежам, откорректированным по головному судну.

Поточно-позиционный метод постройки. Суда закладывают и строят на одной линии, передвигая на тележках или саях. Процесс постройки и монтажа разбит в технологической последовательности на несколько равных по трудоемкости периодов — позиций. По окончании работ суда передвигают одновременно по всей линии на следующую, очередную позицию. Детали, секции и готовые изделия для стапельных работ заготавливают предварительно по чертежам и плазовым шаблонам.

Выбор метода постройки зависит от многих факторов. Индивидуальный метод постройки, наиболее простой для организации и исполнения, широко применяется на небольших, слабо оборудованных верфях при единичной и мелкосерийной постройке. Поскольку этот метод, отличающийся длительным циклом постройки, малоэффективен, при серийной постройке целесообразно организовать бригадно-позиционный или поточно-позиционный метод.

Между бригадно-позиционным и поточно-позиционным методами постройки имеется принципиальное отличие: при бригадно-позиционном методе рабочие переходят с одного судна на другое для выполнения закрепленных за ними работ, а в поточно-позиционном — суда перемещаются к рабочим.

Поточно-позиционный метод, в силу особенностей постройки деревянных судов, несмотря на дополнительные затраты по передвижке судов по позициям, является наиболее экономичным. При серийной постройке судов важнейшим фактором является стандартность корпусов, исключающая дополнительные разметочные и проверочные работы. Стандартность обеспечивается стапель-кондуктором.

При поточно-позиционном методе постройки первую позицию всегда выполняют на стапель-кондукторе — единственном для всей линии. При бригадно-позиционном методе строить стапель-кондукторы по числу стапелей неэкономично, в силу чего приходится работать без них. По сравнению с бригадно-позиционным поточно-позиционный метод имеет и следующие преимущества:

- 1) исключение или резкое сокращение затрат на оборудование многих стапелей клетками, лесами, мачтами со струнами, контрольными рыбинами, а также на обслуживание их электроэнергией, сжатым воздухом и транспортом;

- 2) облегчение работ по выставке штевней, шпангоутов и сгибанию продольных связей;

- 3) упрощение планирования и учета работ, а также организации и обеспечения рабочих мест за счет концентрации их на одной линии;

- 4) обеспечение оперативного контроля за ритмичным выпуском судов по строгому графику и за работой всех цехов, участвующих в постройке и монтаже судов на линии.

Поточно-позиционную постройку следует применять там, где строится большая серия малых судов, и доля затрат на передвижку их по линии незначительна, а бригадно-позиционный метод — при малой серии относительно больших судов.

При разработке технологических процессов для поточно-позиционной постройки деревянных судов целесообразно организовать поточную

линию на стапельных (сборочных) процессах и вести работы, имея склад комплектации, на котором должен поддерживаться постоянный запас готовых деталей и изделий, поставляемых заготовительными цехами с опережением на 5—10 судов. Примером такой организации работ служит проект поточно-позиционной линии для постройки мотоботов, разработанный из расчета выпуска 60—70 единиц в год при односменной работе. Технические характеристики мотобота приведены в § 3, а его общий вид представлен на рис. 24. Технологический процесс постройки и монтажа предусматривает пять позиций на берегу, а шестую — после спуска на воду у достроечного причала, с шагом передвижки судов на линии каждые 4 смены и общей продолжительностью постройки 24 смены.

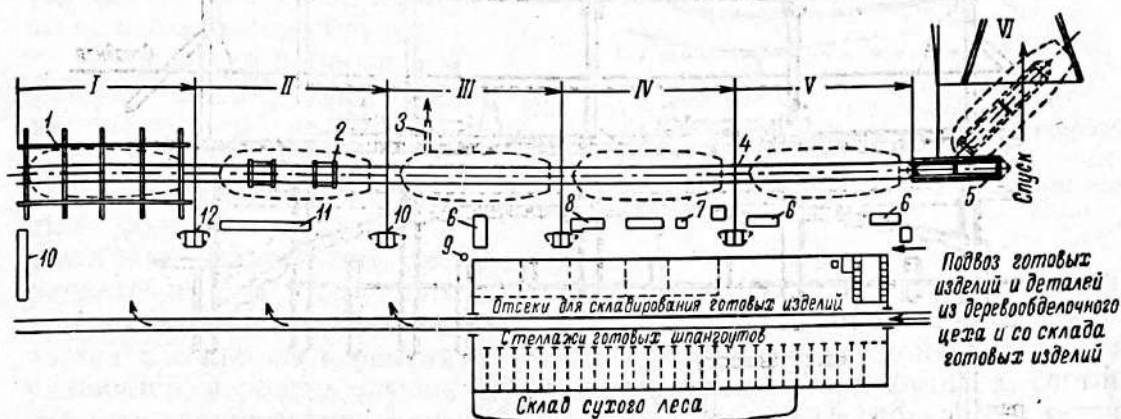


Рис. 170. Принципиальная схема поточно-позиционной постройки мотобота I—VI—позиции постройки.

1 — стапель-кондуктор; 2 — стапельная тележка; 3 — лоток для стока воды; 4 — главный достроечный путь; 5 — сани спусковые; 6 — верстак слесарный; 7 — трубогибочный станок; 8 — верстак столярный; 9 — колонка водопровода; 10 — шкаф-кладовая для крепежных и других изделий и инструмента; 11 — верстак плотницкий; 12 — столб сети питания электроинструмента и шкаф-кладовая для этого инструмента.

Принципиальная схема организации стапельных работ на позициях представлена на рис. 170. Ограниченность территории верфи вынудила направить линию постройки параллельно акватории, с последующим разворотом судов при спуске. Закладка и передвижка судов производятся на двух разобренных тележках вагонеточного типа с колеей 1000 мм; для наклона корпуса при постановке наружной обшивки и конопатных работах на тележках установлены кильблоки с откидной частью. Спуск судов ведется на сварных сани, выполненных в виде продолжения узкоколейного пути; судно накатывается на сани на тех же достроечных тележках и после закрепления спускается вместе с тележками в воду по склизу. Все заготовительные работы по корпусу механизированы на основе тщательной плазовой разбивки и шаблонизации.

На первой позиции в специальном разборном стапель-кондукторе (рис. 171) производится выставка закладки корпуса, шпангоутов, кильсона, фундамента главного двигателя, подбалочных брусев и пр. Поскольку, ввиду крутых образований корпуса в носовой части, сгибать пропаренные доски обшивки было бы затруднительно, для облегчения применен способ предварительного сгибания досок с большим выгибом на болване, соответствующем носовым образованиям.

По окончании работ на первой позиции, обеспечивающих надлежащую жесткость каркаса корпуса, освобождаются гребенки стапель-кон-

дугора, а также опорный брус транца, и судно перекачивается на вторую позицию. Чтобы удобнее было ставить наружную обшивку в днищевой части, на второй позиции откидную часть кильблоков опускают, и корпус ложится на скулу. Такой же прием применяется и на третьей позиции при конопатных работах. До постановки палубного настила на подпалубный набор выставляются шаблоны, соответствующие комингсам рубки и люкам. Рубку собирают на судне из четырех щитов, заготовленных заблаговременно, а люки подаются полностью собранными.

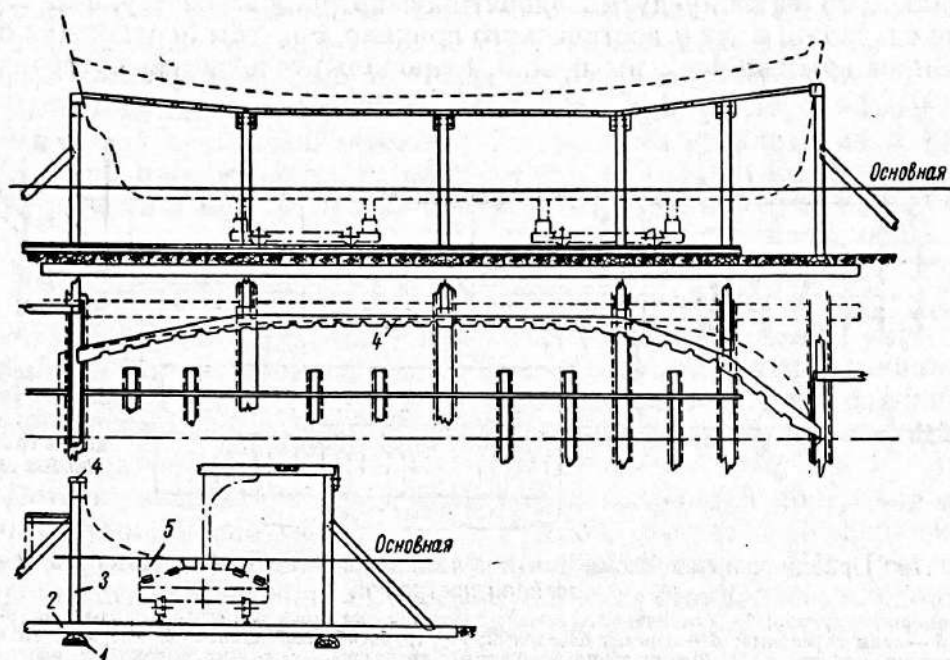


Рис. 171. Стапель-кондуктор для закладки корпуса мотобота.
1 — продольные брусья; 2 — поперечные брусья; 3 — стойки и раскосы; 4 — гребенка;
5 — стапельные тележки.

Основные монтажные работы начинаются с четвертой позиции. При трубопроводных работах широко применяется метод предварительной заготовки отдельных труб, которую ведут по головному мотоботу, прошедшему все позиции. Это позволяет укладываться в отведенное для монтажа время. На берегу делается лишь крепление сварной рамы двигателя к фундаменту, а сам двигатель крепится к раме после спуска судна на воду и окончательной центровки, так как практика постройки показала неизбежность перецентровки линии вала после спуска деревянного судна на воду. Остальные построечно-монтажные работы на плаву проводятся обычным порядком.

Конопатчики, маляры и столяры работают на линии периодически, по мере необходимости, что не отражается на организации работ, так как на верфи в то же время строятся и ремонтируются другие суда.

Рассмотренную схему организации стапельных работ и простейшие приспособления, примененные на отдельных позициях, можно использовать в качестве прототипов при разработке таких упрощенных поточно-позиционных линий для серийной постройки других деревянных судов, с большими главными размерениями и спусковым весом.

Установившаяся технология постройки корпуса

Для определения возможности совершенствования технологии постройки корпуса путем механизации необходимо рассмотреть установившуюся на верфях технологию производства работ по отдельным узлам набора и выявить технологические трудности, встречающиеся при постройке.

Если не рассматривать закладку, то из многочисленных деталей и узлов набора, составляющих корпус судна, наиболее трудоемкими в постройке являются поперечный набор, наружная и внутренняя обшивка, бархот, внутренние связные пояса, подбалочные брусья.

У судов на корабельном наборе шпангоутная рама состоит из двух слоев лекальных брусьев-футоксов, набранных в размет и соединенных болтами и нагелями.

Заготовка шпангоутов распадается на два этапа: заготовку отдельных футоксов и сборку из них шпангоутных рам. Основная трудность изготовления футоксов заключается в наличии переменной (вдоль криволинейного контура) малки, различной, в общем случае, для каждого шпангоута и футокса, составляющих шпангоутную раму. Футоксы готовятся из необрезного, остро-

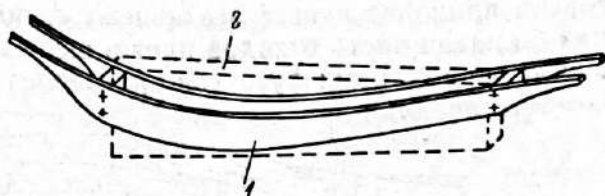


Рис. 172. Копир-шаблон (цулага) для фрезерования футоксов.

1 — доска-копир толщиной 15—20 мм; 2 — необрезной брус-заготовка.

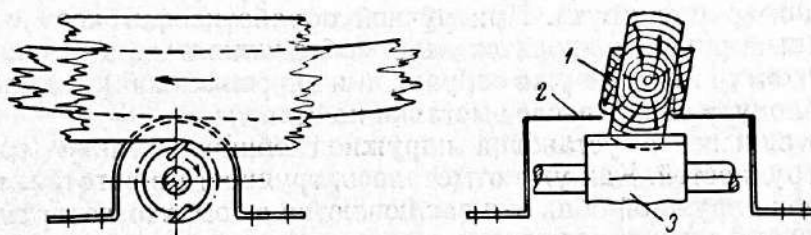


Рис. 173. Схема фрезеровки футоксов на станке.

1 — цулага; 2 — опорный кожух; 3 — ножевая головка.

ганного с двух сторон до требуемой толщины бруса, по шаблонам, получаемым с плаза. На многих верфях установился следующий процесс заготовки футоксов: на ленточнопильном станке выпиливается по плазовому шаблону с припуском на малку примерная заготовка, а дальнейшая обработка до требуемого контура и малки производится вручную. Эта чрезвычайно трудоемкая операция тарифицируется 5—6-м разрядом.

Последнее время указанную операцию на передовых верфях заменяют фрезеровкой на специальных станках с горизонтальной ножевой головкой в копир-шаблонах или так называемых цулагах (рис. 172), изготавливаемых для каждого футокса отдельно. В этом случае заготовка, или просто кусок необрезного бруса, закрепляется временными гвоздями в цулаге и подается на фрезеровку излишков древесины на станке, в зависимости от мощности которого за каждый проход снимается 8—15 мм излишней древесины. Фрезеровка производится до тех пор, пока щеки цулаги не начнут скользить по ограничителям, установленным по бокам

ножевой головки станка (рис. 173). Такой способ намного облегчает обработку футоксов до необходимых контура и малки и не требует рабочих высокой квалификации. Однако, ввиду больших первоначальных затрат на изготовление громоздких цулаг и периодическую их проверку и ремонт, способ доступен и целесообразен лишь для хорошо оснащенных верфей при крупной серии однотипных судов, с толщиной футоксов по правке не более 100 мм (с утолщением их цулаги получают очень громоздкими и фрезеровка усложняется).

Следует отметить, что оба рассмотренных процесса заготовки футоксов приводят к неэффективному использованию пиломатериала, так как большая часть отходов идет в щепу или стружку. Сборка шпангоутных рам из готовых футоксов производится по сборочным шаблонам или

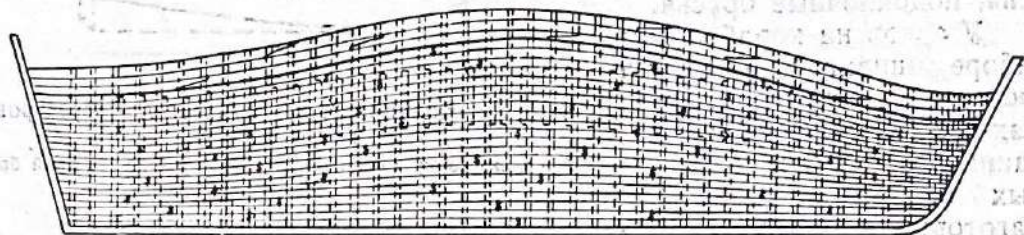


Рис. 174. Растяжка наружной обшивки 40-тонного морского дуба из кроеных досок.

в специальных кондукторах различной конструкции, изготавливаемых на каждый номер шпангоута. При ручной обработке футоксов собранные шпангоутные рамы приходится еще «облекаливать», т. е. поправлять вручную контур и малки уже собранной и закрепленной рамы по сборочному шаблону, а также после выставки на стапеле.

Изготовление и установка наружной обшивки также сопряжены с рядом трудностей. Как уже отмечалось, трудности в заготовке и постановке досок наружной обшивки заключаются в том, что поверхность корпуса морского деревянного судна в общем случае не разворачивается на плоскость, а поэтому доски обшивки в заготовке получают криволинейными, что усложняет механическую обработку на станках. Чертеж растяжки наружной обшивки в обычном исполнении конструкторских бюро представляет искаженную развертку правого борта судна на плоскость чертежа, которая получается выпрямлением полупериметров шпангоутов. Сверху растяжка ограничена палубной линией, а снизу и боков — боковой проекцией шпунтовой линии. На чертеж наносятся все поясья наружной обшивки, стыки досок, указывается порядок крепления досок к штевням и набору (рис. 174). При таком оформлении чертежа направление поясьев определяется делением длины полупериметра данного шпангоута на число выбранных поясьев.

Обычно на верфи чертеж растяжки рассматривают лишь как документ, регламентирующий толщину досок, порядок разгона стыков и их крепление; что касается направления поясьев и формы отдельных досок наружной обшивки, то они определяются практически в процессе постановки самими корабельными плотниками.

Постановка наружной обшивки расчленяется на следующие основные операции: рейковка по корпусу; разметка доски; заготовка доски; пропарка и постановка доски на место с креплением.

Рейковка заключается в том, что на место будущей обшивочной доски, форма которой определяется этим процессом, к шпангоутам прибивают монтажными гвоздями чистообрезную рейку (без изгибания ее на ребро), от которой на каждом шпангоуте делают замеры циркулем: для первого пояса бархоута — до палубной линии, а для каждого последующего — до кромки предыдущего. Затем рейку отрывают от шпангоутов и накладывают на широкую необрезную доску, остроганную с двух сторон. Для разметки обшивочной доски от кромки уложенной рейки откладывают замеренные расстояния и полученные точки соединяют плавной кривой, которая дает контур кромки доски, прилегающей к предыдущему поясу; наружный контур получается откладыванием запроектированной ширины пояса на каждом шпангоуте. Обработка размеченной обшивочной доски заключается в обрубке или опиловке кромки

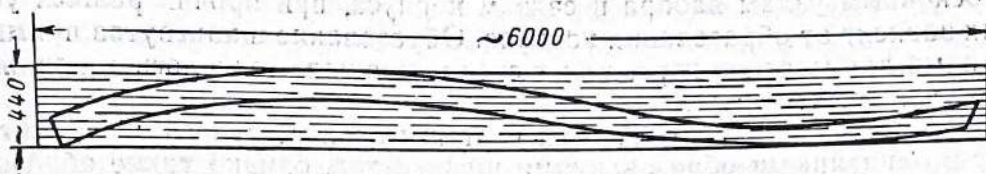


Рис. 175. Форма кроеной доски наружной обшивки.

по размеченному контуру и ручной фуговке кромок со снятием малки и фаски для конопатки. После пропаривания доску крепят одним концом к набору и плотно прижимают к корпусу веревками, струбцинами и упорами. После поджатия кромок клиньями к предыдущему поясу доску крепят к набору корабельными гвоздями и болтами или нагелями. Хотя такая заготовка кроеных досок обшивки не механизирована, а производится вручную квалифицированными судоплотниками, однако постановка их значительно облегчается, так как доска гнется только плашмя.

При постройке крупной серии судов рейковка досок обшивки обычно выполняется только для головного корпуса, а для последующих доски размечаются по снятым с него шаблонам. Чтобы получить по корпусу удачную форму шаблонов отдельных досок, необходим большой опыт, так как при сложных образованиях корпуса доски получают обычно с большой кривизной и при постановке часто ломаются.

На более механизированных верфях для обработки досок без разметки готовят специальные копир-шаблоны с отбором на них малок по кромкам; такой копир-шаблон прибивается на необрезную доску и вместе с нею подается на фрезерный станок с вертикальной ножевой головкой и выступающими ограничительными роликами. Доски с большой серповидностью предварительно опиловываются на ленточной пиле. Кромка доски фрезеруется до упора копир-шаблона в ограничительные ролики. При обработке кроеных досок для наружной обшивки необрезной пиломатериал используется очень незначительно, редко на 50%, а при неблагоприятных образованиях корпуса, неудачных шаблонах и несоответствии сортамента необрезных досок еще меньше.

На рис. 175 изображена форма, которую должна иметь первая с носа доска 7-го пояса наружной обшивки при исполнении по растяжке, показанной на рис. 174; дан также контур необрезной доски, из которой можно выкроить эту заготовку. Размер доски в заготовке $6000 \times 440 \times 50$ мм, что составляет $0,132 \text{ м}^3$, а в деле $5800 \times 130 \times 50$ мм, что составляет $0,038 \text{ м}^3$, т. е. пиломатериал использован примерно на 27%.

Заготовка и постановка внутренней обшивки, бархоута, подбалочных брусев, а в некоторых случаях — и связанных поясьев (стрингеров), также производятся по описанной выше технологии, сложность выполнения которой возрастает с увеличением толщины связей.

Технологию постройки корпусов на корабельном наборе можно упростить и облегчить механизацией заготовки футоксов; сокращением расхода пиломатериалов на заготовку досок обшивки и внутренних продольных связей за счет снижения серповидности доски; снижением трудоемкости на заготовку и постановку обшивки и внутренних продольных связей, применяя чистообрезные доски.

Связь теоретического чертежа с технологией

Расход лесоматериалов на постройку судна и трудоемкость работ по основным узлам набора и связям корпуса, при прочих равных условиях зависят от образования корпуса. Образование шпангоутов прямыми линиями для морских деревянных судов упрощает технологию и снижает расход пиломатериала.

На рис. 8 дан теоретический чертеж морского деревянного кунгаса с прямолинейными образованиями шпангоутов, однако такие образования имеют ограниченное применение, так как мореходные качества корпуса ухудшаются, а сложность крепления бортовой и днищевой ветвей шпангоутов, при отсутствии корневого (кокорного) леса, возрастает. Поэтому большинство морских деревянных судов проектируется с нормальными образованиями шпангоутов.

Для судов с лекальной формой шпангоутов, в целях лучшего крепления бортовой и днищевой ветвей и уменьшения перетесов волокон футоксов в районе скулы, шпангоуты проектируют с плавной, не резко выраженной скулой и с подъемом днищевых ветвей от киля к борту, так как плоское днище обычно приводит к острой скуле. Отсутствие плоского днища, большой цилиндрической вставки и плавность скулового образования шпангоутов — характерное отличие морского деревянного судна от речных деревянных барж.

Иногда эксплуатационное назначение вынуждает проектировать морские суда с участком плоского днища в средней части. В этом случае правила постройки Регистра требуют дополнительного подкрепления для шпангоутов в районе скулы. Плоское днище и остроскулые образования не только ослабляют прочность шпангоутной рамы в районе скулы, но и значительно осложняют постановку наружной обшивки в оконечностях судна, так как близкие к скуле со стороны днища и борта поясья при обычной системе обшивки из кроеных досок получаются с очень большой серповидностью в носу и в корме.

Приведенный на рис. 6 теоретический чертеж морского 40-тонного дуба является характерным примером невыгодных с точки зрения технологии образований корпуса, так как плоское днище и относительно острая скула приводят к большой серповидности досок в носовой оконечности (см. рис. 175). Особенностью такого нетехнологичного чертежа является также большая разница в периметрах шпангоутов на миделе и у форштевня, что хорошо видно на чертеже растяжки наружной обшивки (см. рис. 174); резкий переход периметров шпангоутов характеризует изменение крутизны образований и затрудняет работы по обшивке.

При проектировании палубной линии на боковой проекции теоретического чертежа обычно исходят только из расчетной величины седлова-

тости, регламентируемой правилами определения высоты надводного борта и соображениями общего расположения, упуская из виду, что палубная линия определяет расположение, а следовательно и характер выкройки самых тяжелых в исполнении верхних продольных связей корпуса — бархоута и подбалочных брусев. Ближе к носу связи большого сечения неизбежно должны гнуться плашмя по линии, близкой к палубной на полушироте, что является трудной операцией даже при предварительной пропарке, и сгибать их одновременно на ребро практически невозможно. Таким образом, проектировать палубную линию нужно так, чтобы бархоут и подбалочные брусья, имея малую серповидность, гнулись только плашмя, иначе может произойти не только поломка досок при постановке, но запроектированная палубная линия не будет выдержана при постройке из-за технологических трудностей.

Изложенное иллюстрируется рис. 25, на котором приведен теоретический чертеж небольшого мотобота, запроектированного с палубной линией в носовой части практически невыполнимой для судов серийной постройки с обшивкой из кроеных досок, так как верхний пояс наружной обшивки имеет чрезмерную серповидность. На рис. 17 показан теоретический корпус среднего черноморского сейнера, у которого образования шпангоутов и палубной линии проще для постановки наружной обшивки, бархоута и подбалочных брусев, чем у рассмотренных морского дуба и мотобота.

Требования, предъявляемые к теоретическому чертежу корпуса с нормальными образованиями шпангоутов, следующие:

- 1) корпус должен быть по возможности без плоского днища;
- 2) лучшая форма шпангоутов — со скулами большого радиуса кривизны, плавно переходящими в образование оконечностей;
- 3) плавные рыбины, без крутых перегибов в носу и корме;
- 4) палубная линия по полушироте и боку намечается, исходя из заготовки досок и брусев с малой серповидностью и гнуться их только плашмя;
- 5) отсутствие резкого уменьшения периметров шпангоутов в районе штевной по сравнению с миделевым.

Рассматривая теоретический чертеж в свете этих требований, можно в известной мере оценить степень технологичности корпуса в постройке. Под степенью технологичности следует понимать главным образом облегчение процессов постановки обшивки и внутренних продольных связей, имеющих минимальную серповидность досок и брусев. При проектировании судна выполнение условий технологичности теоретического чертежа не всегда возможно, так как в отдельных случаях они могут идти вразрез с требованиями мореходности и общего расположения; знание условий технологичности поможет конструктору найти правильное решение.

Существует ошибочное мнение, что в силу специфических особенностей теоретического чертежа морского деревянного судна с нормальными образованиями шпангоутов наружная обшивка не может быть полностью выполнена из чистообрезных досок, даже при условии выполнения тех требований к образованиям корпуса, которые были рассмотрены выше. Практически эту задачу можно решить, изыскав такие направления для поясов обшивки на корпусе судна, по которым чистообрезные доски свободно сгибаются только плашмя, без сгибания на ребро. Оказывается, что эти рациональные направления на корпусе судна по характеру изгибания совпадают с направлением линий, известных в дифференциаль-

ной геометрии под названием геодезических. Таким образом, при использовании чистообрезных досок для наружной обшивки в первую очередь следует отыскать на поверхности судна расположение геодезических линий по заданному направлению. Простейшее представление о направлении геодезической линии на корпусе судна дает прямая узкая реечка, имитирующая чистообрезную доску, уложенная на блок-модели и плотно соприкасающаяся с поверхностью. Если реечку на блок-модели сгибать только плашмя, то положение ее продольной оси будет совпадать с искомой геодезической линией. Огибая реечками блок-модель, можно прочертить группу геодезических линий, после переноса которых на иска-

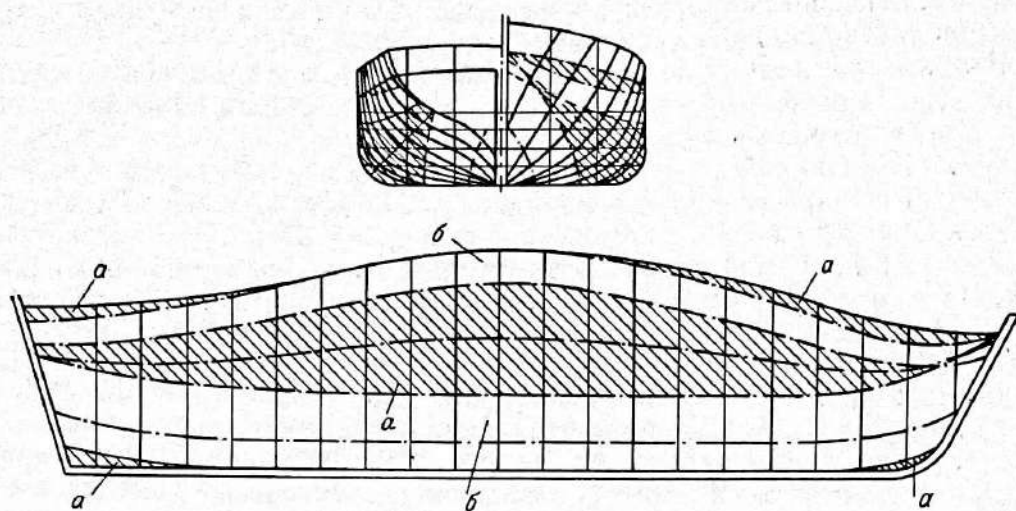


Рис. 176. Расположение зон чистообрезных и потеряйных досок наружной обшивки для 40-тонного дуба: *а* — зона обшивки из потеряйных поясьев (ок. 41%); *б* — зона чистообрезной обшивки (ок. 59%).

женную растяжку борта конструктор может запроектировать технологически рациональную обшивку из чистообрезных досок.

Геодезические линии разделяют искаженную растяжку борта на несколько характерных участков. К первой группе относятся участки между параллельными линиями; участки, ограниченные сходящимися или пересекающимися геодезическими линиями, составляют вторую группу. Участки первой группы являются зоной, обшивку которой можно выполнить из чистообрезных досок. Участки второй группы составляют зону кроеных поясьев, причем эти поясья могут быть также выполнены в виде потеряйных, из тех же чистообрезных досок.

Корпус, у которого отношение суммарной площади участков первой группы ко всей площади поверхности борта (растяжки) большое, считается более технологичным в постройке, следовательно, степень технологичности образований корпуса определяется отношением этих площадей. Для иллюстрации на рис. 176, 177 и 178 приведены схематические чертежи растяжек наружной обшивки, разделенные геодезическими линиями на две упомянутые выше зоны.

Рисунки дают наглядное представление о степени технологичности корпуса каждого судна, а также подтверждают справедливость условий технологичности, предъявляемых к теоретическим чертежам. Так, образования корпуса 40-тонного дуба и мотобота должны быть признаны

неудачными, что и видно из рис. 176 и 177, на которых геодезические линии образуют большие зоны потерянных поясов в районе скулы и ниже палубной линии у бархоутных поясов. Образования сейнера (рис. 178),

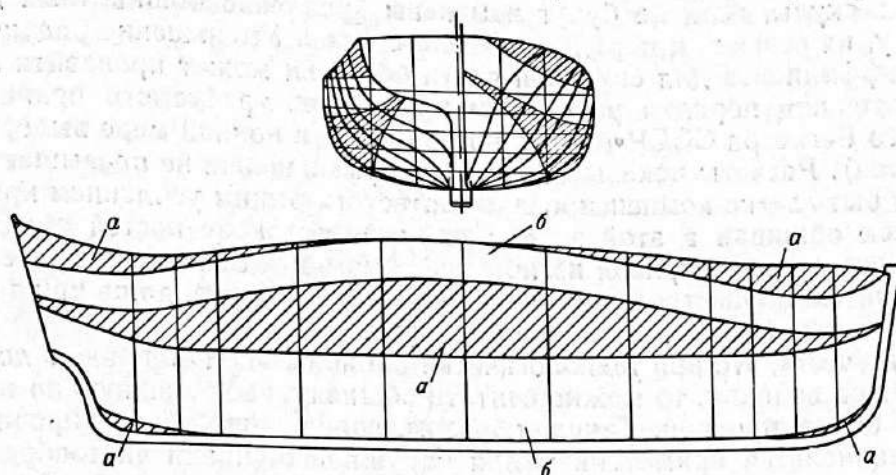


Рис. 177. Расположение зон чистообрезных и потерянных досок наружной обшивки для мотобота: *a* — зона обшивки из потерянных поясов (ок. 36%); *b* — зона чистообрезной обшивки (ок. 64%).

наоборот, могут считаться достаточно технологичными, так как процент обшивки из потерянных поясов у этого судна невелик.

При рассмотрении приведенных схематических растяжек наружной обшивки может возникнуть вопрос, не будет ли нарушена общая проч-

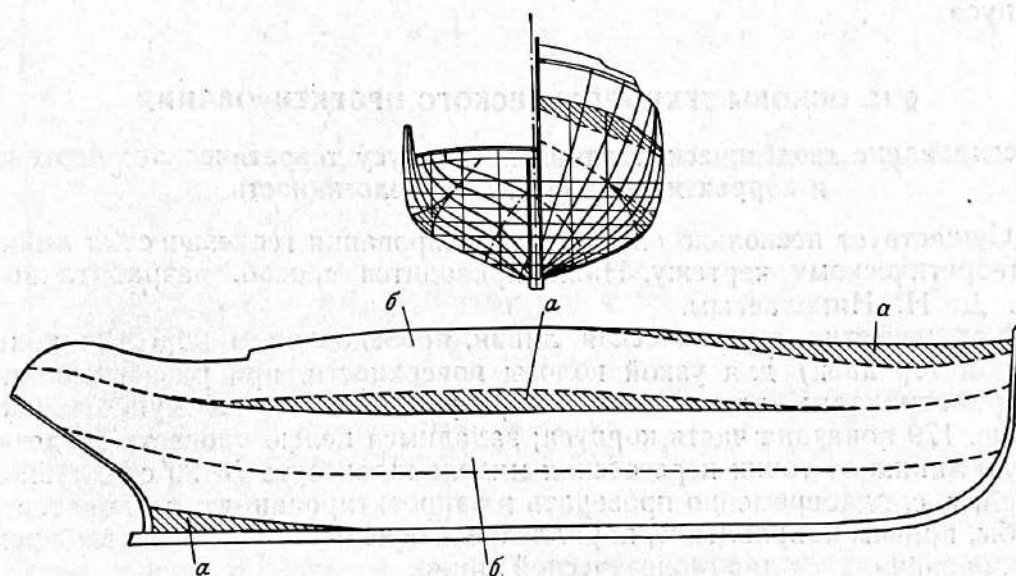


Рис. 178. Расположение зон чистообрезных потерянных досок наружной обшивки для малого сейнера: *a* — зона обшивки из потерянных поясов (ок. 11%); *b* — зона чистообрезной обшивки (ок. 89%).

ность корпуса введением потерянных поясов в зону скулы и бархоута. В правилах постройки Морского Регистра СССР нет каких-либо ограничений или указаний на применение потерянных поясов. Если рассматривать наружную обшивку как одну из главных продольных связей, входя-

ших каким-то редуцированным коэффициентом в эквивалентный брус «судна-балки», то момент сопротивления его на миделе для крайних волокон не изменится от наличия зоны потерьев в средней части судна в районе скулы, если не будут изменены крепление обшивочных досок к набору, их сечение и порядок разгона стыков. Уменьшение редуцированного коэффициента для скуловой части обшивки может произойти лишь при нарушении порядка разгона стыков досок, требуемого правилами Морского Регистра СССР (в зоне потерьев его в полной мере выдержать не удастся). Расчеты показывают, что это уменьшение не превышает 30% и может быть легко компенсировано соответствующим усилением крепления досок обшивки в этой зоне. Что касается оконечностей судна, то уменьшение ординат кривой изгибающего момента от миделя к штевням идет значительно быстрее, чем падение прочности борта, даже при значительной зоне потерьев и в районе бархоута.

Если учесть, что при технологически рациональной обшивке в досках нет перетеса волокон, то можно считать обшивку, выполненную по новой системе, более прочной. Таким образом, сохранение общей прочности не ограничивается применением для наружной обшивки чистообрезных досок, направленных вдоль геодезических линий. Эта система обшивки, как чрезвычайно эффективная с точки зрения экономии пиломатериала и механизации заготовки, может быть рекомендована для широкого использования на морских деревянных судах всех типов, независимо от их главных размерений и образований корпуса.

Применение геодезических линий для проектирования не исчерпывается только рассмотренным выше приемом составления чертежа растяжки из чистообрезных досок, а может быть использовано более широко при разработке рабочих чертежей и других узлов набора и связей корпуса.

§ 12. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

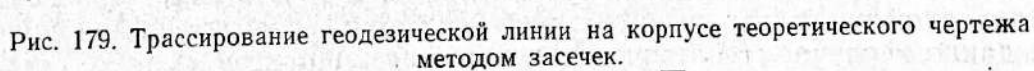
Трассирование геодезических линий по корпусу теоретического чертежа и корректировка его на технологичность

Существует несколько способов трассирования геодезических линий по теоретическому чертежу. Ниже приводится способ, разработанный инж. Д. Н. Николаевым.

Как известно, геодезическая линия, проведенная в качестве контрольной (средней) для узкой полосы поверхности, при разворачивании этой поверхности на плоскость превращается в прямую линию. На рис. 179 показана часть корпуса; зададимся целью провести геодезическую линию от точки пересечения мидель-шпангоута № 20 с палубной линией, т. е. одновременно проверить и запроектированную седловатость палубы, причем направление, параллельное основной плоскости, выберем как первоначальное для геодезической линии.

Поскольку верхние бортовые ветви шпангоутов до № 15 сливаются в одну вертикальную линию, построение начнем с точки k_{15} , совпадающей на корпусе с точкой k_{20} геодезической линии, что является результатом плоского борта на этом участке. Отложим от точки k_{15} в обе стороны вдоль шпангоута половину ширины полосы поверхности корпуса $\frac{h}{2}$, для которой геодезическая линия будет контрольной осью. При подборе ширины этой полосы следует принимать ее примерно равной шпации.

Пусть прямая линия $k'k'$ есть геодезическая линия на развертке этой полосы, а отрезок $a'_{15} b'_{15}$, равный $a_{15} b_{15}$, составляет, по условию, с геодезической линией угол $\varphi = 90^\circ$. Поскольку точки k_{14} и a_{14} лежат на



$b_{15} b_{14} = \overline{AB}$; $\overline{OB}$ — истинная длина хорды $b_{15} b_{14}$; $b_{14} k_{13} = \overline{AC}$; OC — истинная длина хорды $b_{14} k_{13}$.

плоском борту, положение их на развертке определяется просто и не нуждается в пояснении. Точку b_{14} на развертке находим засечками из точек k'_{14} и b'_{15} , для чего из k'_{14} проводим первую дужку радиусом $\frac{h}{2}$; для определения истинной длины отрезка пространной кривой $b_{15}b_{14}$ пользуются приемом нахождения истинной длины кривой по ее проекции на корпусе. Пусть отрезок OA прямой NN равняется шпации на проекции полушироты нашего практического корпуса (ΔL). Отложив проекцию $b_{15}b_{14}$ от точки A на перпендикуляре к прямой NN , получим точку B .

Тогда отрезок $ОВ$ будет представлять собой истинную длину искомого отрезка $b'_{15} b'_{14}$, которым и делается засечка точки b'_{14} на развертке.

Точку k_{13} на корпусе подбираем так, чтобы на развертке при засечке ее из точек a'_{14} и b'_{14} она лежала на линии $k'k'$. Определив точку k_{13} методом попыток, из нее, как из центра, засекаем дужки радиусом $\frac{h}{2}$, а на корпусе, отложив вдоль шпангоута половину ширины полосы в обе стороны, получаем точки b_{13} и a_{13} ; определив истинную длину кривой $b_{14}b_{13}$ и кривой $a_{14}a_{13}$ (аналогично определению истинной длины отрезка $b'_{15}b'_{14}$), засека-

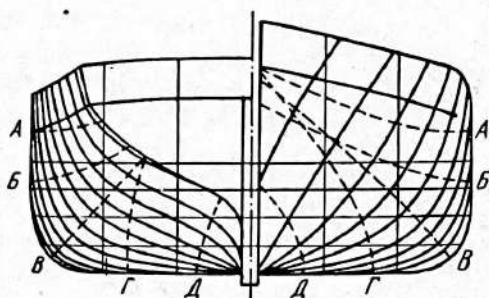


Рис. 180. Геодезические линии на теоретическом корпусе морского дуба грузоподъемностью 40 т.

А, Б, В, Г, Д — геодезические линии.

ками из b'_{14} и a'_{14} находим точки a'_{13} и b'_{13} на развертке. Точно так же определяют точки k'_{12} , a'_{12} , b'_{12} и т. д.

Соединив точки k_{13} , k_{12} , k_{11} , ..., k_5 плавной кривой, получим направление геодезической линии на корпусе по заданным первоначальным условиям и развертку узкой полосы борта, которая в общем случае не будет полосой с параллельными кромками, что понятно из построения.

Для характеристики технологически рациональных направлений поясьев обшивки по всему борту достаточно провести четыре-пять геодезических линий, при этом теоретический корпус с 20 шпангоутами дает весьма точные результаты. На рис. 180 показан теоретический корпус 40-тонного дуба с протрассированными геодезическими линиями. В данном случае палубная линия не совпала с геодезической, в то время как необходимо стремиться к этому совпадению для уменьшения технологических трудностей заготовки и постановки не только наружной обшивки, но и внутренних продольных связей (подбалочных).

В том случае, если палубная линия закреплена ординатами на боку и полушироте и ее желательно принять за геодезическую, построение ведется обратным путем (рис. 181): прямую линию $k'k'$, проведенную на развертке, принимают за геодезическую. С чертежа корпуса, на котором намечены мидель-шпангоут, палубная линия, а также сами шпангоуты в надводной части, переносим на развертку точки пересечения палубной (в данном случае геодезической) линии со шпангоутами. Истинная длина отрезков между ними откладывается описанным ранее приемом. Радиусом, равным полуширине условной полосы на развертке и корпусе, из точек $k_9, k_8, k_7, \dots, k_1$ и $k_9, k_8, k_7, \dots, k_1$ проводим дужки. На верхней дужке, проведенной, например, из точки k_9 на корпусе, намечаем точку a_9 , которую проверяем на развертке засечками из точек k'_{10} и k'_8 . Если все три дуги пересеклись в одной точке a_9 , то она выбрана правильно.

Таким же путем определяются и все последующие точки: $a_8, a_7, \dots, a_1$ и $b_9, b_8, \dots, b_1$, которые и вырисовывают контур шпангоутов в районе палубной линии.

Как видно из рис. 181, где показано построение носовых шпангоутов того же корпуса, что и на рис. 178, но с условием совпадения палубной

линии с геодезической, форма шпангоутов в этом случае получилась несколько необычной и совершенно отличной от запроектированных, что

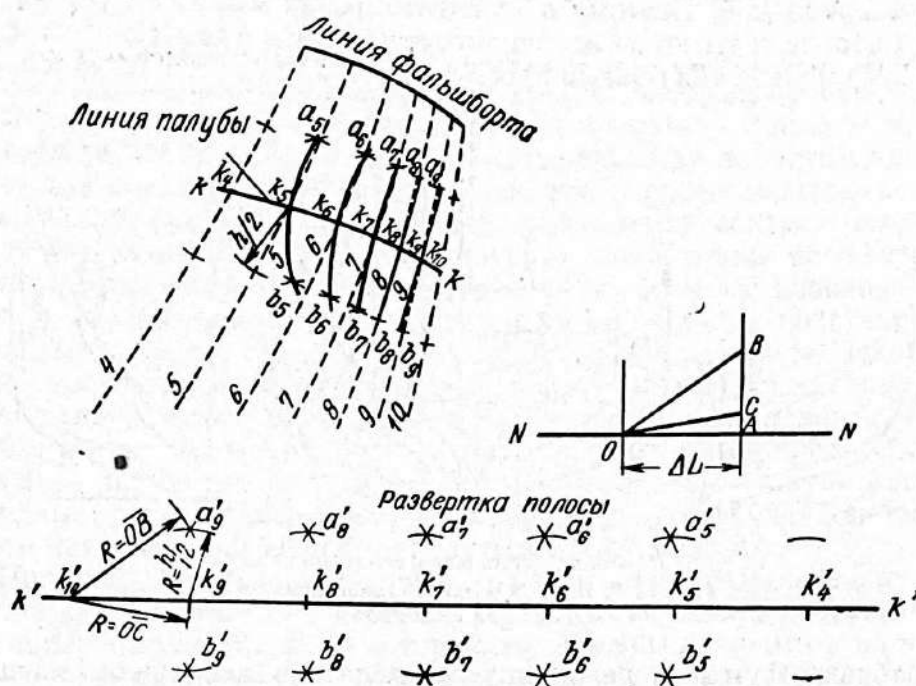


Рис. 181. Построение шпангоутов по заданной геодезической линии.

указывает на необходимость искать какое-то компромиссное решение путем изменения и формы шпангоутов и палубной линии.

Технологическое проектирование основных связей корпуса

Футоксы и шпангоутные рамы. Правила постройки Морского Регистра СССР дают точные указания о конструкции шпангоутов из отдельных футоксов, устанавливают сечение последних, их длину, взаимное крепление и другие элементы, позволяющие конструировать шпангоутные рамы в зависимости от главных размерений судна и формы образований самих шпангоутов.

Поскольку при серийной постройке судов для изготовления отдельных футоксов трудно получить кривослойный лес, их, как правило, изготавливают из прямослойного, и при разбивке шпангоутной рамы на флортимберсы, футоксы и топтимберсы необходимо стремиться к максимальной экономии пиломатериала. Правила постройки, допуская перетесы волокон древесины в футоксе, требуют, однако, чтобы у концов сохранилось не перетесанной не менее $\frac{1}{3}$ высоты футокса по лекалу. Допускается замена перетесанных мест футокса вставными чакками (см. рис. 104 и 105).

Шпангоутные рамы с чакками дают наибольшую экономию пиломатериалов, а также позволяют уменьшить до 20% среднюю ширину необрезных брусьев для заготовки футоксов на остроскулах судах. Экономия в результате применения чакков составляет примерно 15% пиломатериала, необходимого для изготовления всех шпангоутов. Чакки следует применять только в стыках футоксов с большой кривизной шпангоута, там же, где образования шпангоутов плавные, экономия пиломатериала невелика, а следовательно применять их нецелесообразно.

Существующую практику разбивки шпангоутных рам на отдельные футоксы на основании одного чертежа мидель-шпангоута нельзя признать рациональной. Поэтому в конструкторских бюро следует разрабатывать рабочие чертежи на все шпангоутные рамы с нанесенными футоксами. Для уменьшения объема проектных работ и более наглядной и точ-

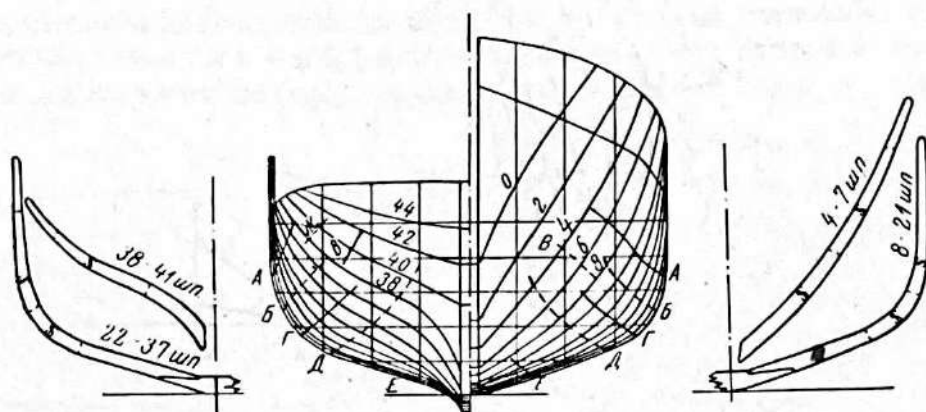


Рис. 182. Разбивка футоксов на плазовом корпусе.
А, Б, В, Г, Д, Е, Ж — длина стыков футоксов.

ной разбивки футоксов рекомендуется делать в небольшом масштабе два чертежа (рис. 182 и 183). На рис. 182 изображен плазовый корпус, на котором указаны линии стыков футоксов, проведенные соответственно образованиям корпуса в увязке со скуловыми и днищевыми связными

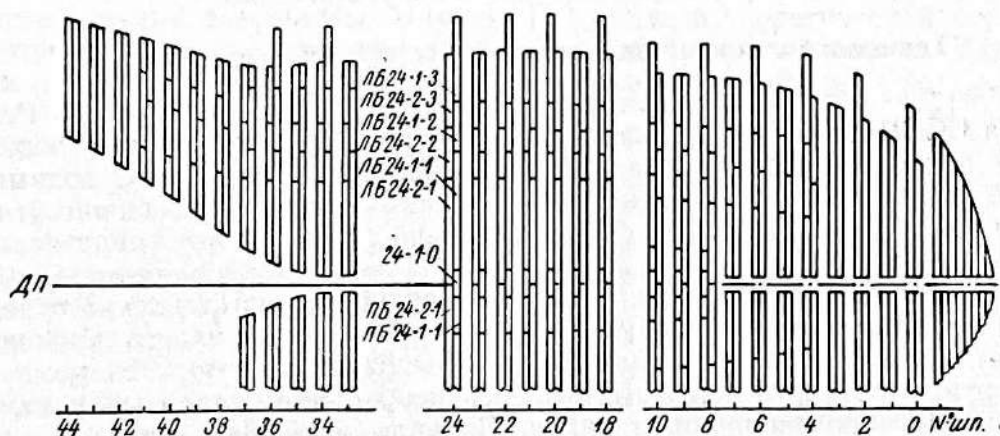


Рис. 183. Растяжка шпангоутов. Маркировка футоксов: борт, № шпангоута, ряд от $\otimes$, № футокса от киля.

поясьями, минимальным расстоянием между стыками и оптимальной шириной необрезного бруса, из которого готовят футоксы. Имея таблицу плазовых ординат и линии стыков, после нанесения их на корпус теоретического чертежа определяют разбивку всех шпангоутов на отдельные футоксы. Для большей наглядности на этом же чертеже показаны собранные конструктивные шпангоуты — по одному для каждой типовой группы. На рис. 183 дан чертеж растяжки шпангоутов по наружному контуру.

Для унификации маркировки условно считают, что все футоксы, расположенные ближе к миделю, составляют первый слой шпангоута, а смежные с ним — второй. Нумерация футоксов в слое считается от киля к бортам.

Высота шпангоутной рамы по лекалу устанавливается Правилами Морского Регистра СССР всего в двух точках: для флортимберса — у боковой грани среднего кильсона, а для топтимберса — у палубной линии. Для третьей точки на скуле высоту определяют как полусумму высот по лекалу для первых двух, а все промежуточные значения высот получают приближенно, построением на плазе внутреннего контура шпангоута. При таком способе построения контуров шпангоутов по внутренним кромкам неизбежны неточности, которые приводят к дополнительным работам по обтесыванию шпангоутов изнутри во время постановки внутренних продольных связей и обшивки. Для устранения этих недостатков необходимо построить чертеж плазового корпуса по внутренним кромкам шпангоута и составить для него таблицу плазовых ординат.

Наружная обшивка. Конструктор, приступающий к проектированию растяжки наружной обшивки, должен разработать такую растяжку, у которой процент применения чистообрезных досок будет наибольшим, причем при постановке они будут гнуться только плашмя.

Проектирование начинается с трассирования геодезических линий на корпусе теоретического чертежа. Практически вполне достаточно пробить четыре-шесть линий, из которых две должны начинаться на мидель-шпангоуте — от палубной линии и от середины скулы. При трассировании геодезических линий для кормовых шпангоутов необходимо помнить, что развертку вспомогательной полосы поверхности корпуса засечками надо производить влево от мидель-шпангоута, с сохранением первоначально выбранного направления линий.

Далее обычными приемами вычерчивается ограничительный контур искаженной растяжки правого борта. При этом необходимо учитывать, что при построении растяжки длину полупериметров шпангоутов следует определять по наружной кромке обшивки, т. е. с учетом толщины ее досок.

После перенесения геодезических линий на искаженную растяжку приступают к распределению вдоль них досок наружной обшивки и бархоута, заполняя участки, где линии не параллельны, потерянными поясьями. Ширина чистообрезных досок может быть выбрана в соответствии с указанной выше рекомендацией, а именно — не шире $15 + \frac{t}{2}$ см, где t — толщина доски в сантиметрах.

Для повышения полезного выхода при распиловке на лесораме чистообрезных досок рекомендуется брать более узкие доски, что облегчает их постановку, ускоряет процесс сушки и улучшает качество, так как узкие доски меньше коробятся и растрескиваются при сушке, а во время эксплуатации судна не меняют форму при набухании. Оптимальная ширина досок для наружной обшивки рекомендуется в пределах 12—15 см для судов длиной до 25 м. Не следует выбирать очень узкие доски, так как с уменьшением ширины для покрытия одной и той же площади наружной обшивки возрастает их количество, что увеличивает трудоемкость по заготовке и постановке наружной обшивки, а также объем конопатных работ и расход крепежных изделий.

В зависимости от направления геодезических линий может быть предложено различное распределение досок по чертежу растяжки.

Однако для большинства судов следует рекомендовать следующую типовую схему расположения, увязанную с характером работ по постановке обшивки при постройке корпуса:

1) параллельно верхней геодезической линии проводятся пояся бархоута из чистообрезных досок; если палубная линия не совпадает с верхней геодезической, то оставшееся пространство заполняется потеряйными поясями из чистообрезных или кроеных досок;

2) проводится скуловой пояс из чистообрезной доски вдоль скуловой геодезической линии от форштевня до ахтерштевня; если скуловой пояс при крутых образованиях носовых шпангоутов сильно задирается вверх,

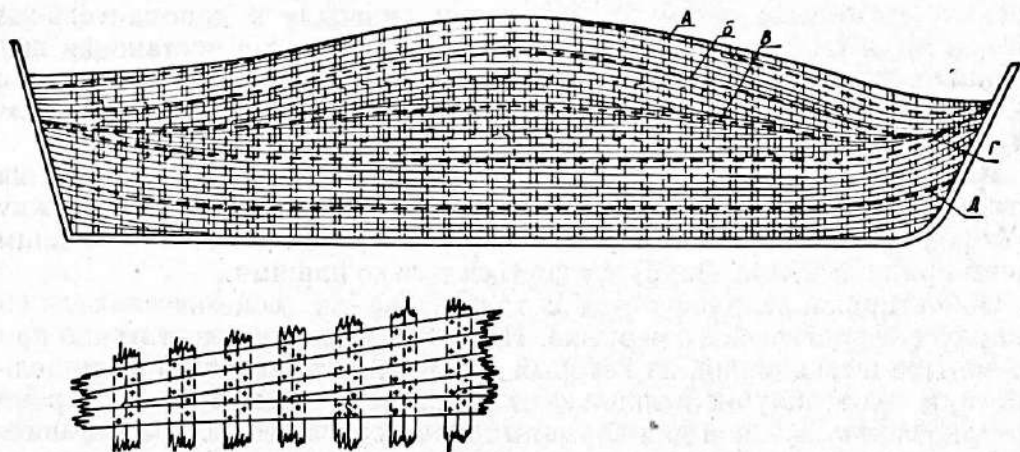


Рис. 184. Технологически рациональная растяжка наружной обшивки 40-тонного дуба.

А, Б, В, Г, Д — геодезические линии.

то его можно не доводить до форштевня, а оборвать у нижней доски бархоута;

3) проводится группа нижних чистообрезных поясов от киля, параллельно ближайшим геодезическим линиям;

4) пустоты заполняются короткими клиновыми вставками у штевней, а обе стороны от скулового пояса — потеряйными поясями.

При образовании потеряйных поясов необходимо помнить, что вырез для зуба потеряйного пояса нужно делать в доске, поставленной на место, причем высота зуба должна составлять $\frac{1}{3}$ ширины доски. При необходимости зубья могут располагаться и не на шпангоутах, а между ними, на стыковых планках; во всех случаях необходимо в ближайшем к зубу шпангоуте ставить болт. В оконечностях судна доски могут подходить друг к другу под значительным углом; если угол превышает 30° , они могут заканчиваться на ус, без зубьев.

При крутых образованиях корпуса геодезические линии в оконечностях резко сближаются и даже пересекаются. В этих случаях можно допускать постепенное сужение досок к штевням, что часто нужно при постановке бархоутных поясов. Следует также помнить, что если на чертеже растяжки доска непараллельна геодезической линии, необходимо сгибать ее на ребро в натуре. В некоторых случаях такая непараллельность может быть допущена, если учесть, что при большой длине доску можно сгибать на ребро без значительных усилий. Длина досок и порядок разгона стыков выбираются в соответствии с требованиями Мор-

ского Регистра СССР и только в зоне потерянных поясьев могут быть допущены некоторые отступления. Изложенные принципы проектирования поясняет рис. 184, где показана технологически рациональная растяжка наружной обшивки из чистообрезных досок для 40-тонного морского дуба, спроектированная вдоль геодезических линий, трассированных по корпусу теоретического чертежа (см. рис. 180).

Для корпусов судов с плавными образованиями шпангоутов геодезические линии в оконечностях не пересекаются, а лишь сближаются. В этих случаях для экономии пиломатериала можно спроектировать растяжку с частичным применением так называемых «сбеговых» досок, т. е. необрезных, у которых кромки опилены по прямой линии параллельно естественному сбегу бревна.

На рабочем чертеже технологически рациональной растяжки должны быть показаны следующие элементы:

положение геодезических линий на поле растяжки;

расположение стыков досок и зубьев потеряев;

все крепления, проходящие через наружную обшивку;

развернутая длина досок между стыками;

обозначения досок (например, О — чистообрезная, С — сбеговая, К — кроеная);

привязки по штевням и на миделе для основных поясьев;

очередность работ по постановке наружной обшивки.

В спецификации к чертежу растяжки, кроме самих досок обшивки, должны быть заказаны все крепежные изделия с указанием количества, длины корабельных болтов и гвоздей, веса; для подсчета последнего удобно пользоваться номограммой (рис. 185). Для большей наглядности на чертеже может быть также дан теоретический корпус судна с нанесенными поясьями обшивки и геодезическими линиями.

Внутренние продольные связи. Для днищевых и скуловых связных поясьев внутренней обшивки и подбалочных брусев используют чистообрезные доски и брусья. Проектируют эти связи так же, как и для наружной обшивки, вдоль геодезических линий, и закрепляют их расположение размерами на нескольких характерных шпангоутах, переборках и штевнях.

Геодезические линии следует трассировать по корпусу теоретического чертежа, выполненного по внутренним кромкам шпангоутов. Построение этого чертежа проводится обычными приемами. После пробивки

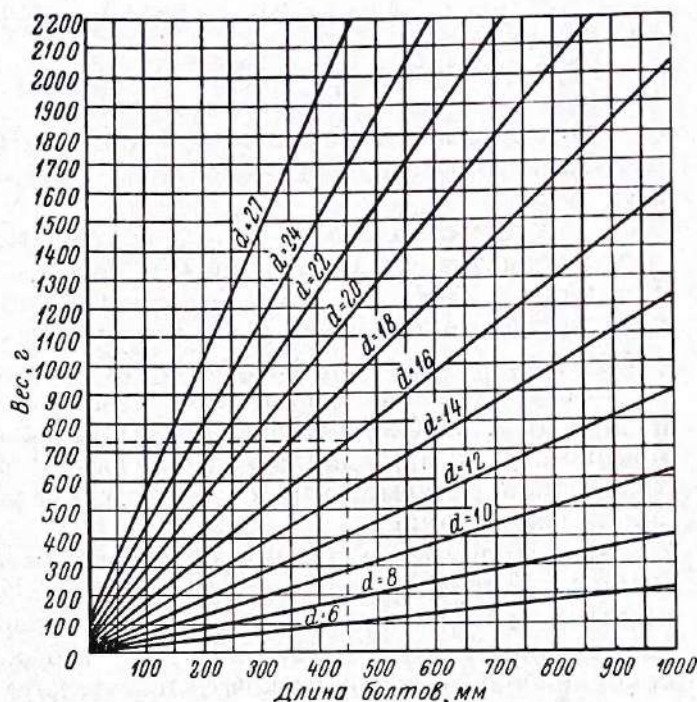


Рис. 185. Номограмма для определения веса корабельных болтов.

геодезических линий на внутренней поверхности корпуса делают чертеж искаженной растяжки левого борта, размещая на нем все внутренние продольные связи и закрепляя их размерами к ограничительным линиям растяжки на характерных шпангоутах и у штевней.

За ограничительные линии принимают: вверху — верхнюю кромку подбалочных (клямпов), внизу — линию пересечения боковой поверхности среднего кильсона с внутренней кромкой шпангоутов в средней части судна и со штевнями — в оконечностях.

Связи наносят на чертеж растяжки в следующем порядке:

- 1) вдоль верхней геодезической линии — подбалочные;
- 2) вдоль скуловой геодезической линии — скуловые связные поясья из чистообрезных брусев;
- 3) параллельно ближайшей геодезической линии — днищевые связные поясья из чистообрезных брусев;
- 4) образовавшиеся между нанесенными связями и ограничительными линиями пустоты заполняются внутренней обшивкой из чистообрезных досок.

При нанесении подбалочных брусев может быть, что верхняя геодезическая линия у штевня значительно отклонится от ограничительной. В таких случаях подбалочные брусья в этих местах следует проектировать кроеными или из чистообрезных брусев с клиновыми вставками, как у бархоутных поясьев. При изломе направления подбалочных брусев на замках (стыках) направление геодезических линий можно изменить, но при этом необходимо помнить, что брусья гнутся тем легче, чем они длиннее. Поэтому подбалочные брусья в носовой части не следует проектировать короткими, так как в этих местах они изгибаются плашмя по палубной линии.

Допускаемое правилами постройки уменьшение толщины продольных связей при подходе к штевням до 15% в отдельных случаях целесообразно применить к ширине, оставляя толщину неизменной. При проектировании связных поясьев необходимо проверить их направление на совпадение с линиями стыков футоксов, которые должны перекрываться связными поясьями. Для большей наглядности на чертеже растяжки внутренних продольных связей должны быть даны разрезы корпуса (в нос и в корму от миделя) с нанесенными внутренними контурами шпангоутов и продольными связями. Этот чертеж можно использовать для построения сечений по шпангоутам и переборкам, а также для изготовления плазовых шаблонов на детали переборок.

§ 13. ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Плазовые работы и шаблонизация

Тщательные плазовые работы и шаблонизация способствуют ускорению и механизации заготовительных работ. Д. Н. Николаевым разработан способ механизированной заготовки футоксов, базирующийся на тщательном выполнении плазовых работ. Последовательность исполнения, техника разбивки, нанесения и закрепления линий на плазе остаются общепринятыми, а точность согласования принимается такой же, как для плазовых работ в стальном судостроении (± 1 мм). Хотя такая точность для деревянных судов может показаться излишней, она необходима, так как в процессе заготовительных и сборочных работ могут накопиться ошибки.

После тщательного согласования разбитого на плазе теоретического чертежа по наружным кромкам практических шпангоутов и отработки линии шпунта необходимо произвести разбивку и полное согласование внутренних контуров шпангоутов на корпусе, что гарантирует плавное образование внутренней поверхности корпуса. Линии шпангоутов по внутреннему контуру следует наносить тушью другого цвета.

Для судна с плавными образованиями корпуса рекомендуется такая последовательность плазовых работ:

- 1) разбивка сетки и тщательный контроль посредством диагоналей;
- 2) прорезка сетки и расцветка ее линий (например, в синий цвет);
- 3) нанесение бока, палубной и шпунтовой линий на боке и полушироте;
- 4) вычерчивание мидель-шпангоута и грузовой ватерлинии;
- 5) вычерчивание средней ватерлинии и нескольких шпангоутов в носовой и кормовой половине;
- 6) вычерчивание батоксов и рыбин;
- 7) полное согласование и исправление проделанных работ;
- 8) нанесение и согласование остальных шпангоутов и ватерлиний;
- 9) окончательное и всестороннее согласование всего теоретического чертежа путем контроля дополнительными рыбинами;
- 10) нанесение и прорезка всех практических шпангоутов;
- 11) нанесение и согласование на корпусе контуров шпангоутов по внутренним кромкам;
- 12) нанесение конструктивных контуров и сечений (киля, штевней, кильсонов, переборок, кормовой обвязки, ватервейсов и пр.).

Для судна с ломаными образованиями корпуса работа по согласованию упрощается тем, что после п. 4 следует провести и согласовать лишь одну скуловую линию, которая и предопределяет согласование всего корпуса. Разбивка и маркировка отдельных футоксов шпангоутов производится по разработанным в КБ чертежам (см. рис. 182 и 183).

Плазовый корпус разбивается по центровым линиям практических шпангоутов, при этом каждый шаблон футоксов служит для разметки их на правый и левый борт. Для последующей разметки и распиловки футоксов под переменную малку необходимо строго соблюдать правило обозначения борта на лицевой стороне шаблона, уложенного на плазовый корпус (рис. 186). Лицевая сторона шаблонов, уложенных на плазовый корпус, маркируется по таблице:

Ряд футоксов от мидель- шпангоута	Шпангоуты	
	носовые	кормовые
Первый	Левым бортом Правым »	
Второй		

Указанное правило вытекает из условия построения носовых шпангоутов на правой стороне плазового корпуса, кормовых — на левой, а также из необходимости при сборке первого и второго рядов шпангоутов укладывать их так, чтобы центровые контур у них совпадал, т. е. сплачивать первый и второй ряды друг с другом плоскостями разметки.

На шаблоны футоксов должен быть нанесен указатель подачи на полотно ленточнопильного станка. Наиболее удобен для распиловки фу-

токсов под переменную малку ленточнопильный станок, у которого стол неподвижен, а хобот с пильным полотном поворачивается на угол $\pm 45^\circ$. Указатель подачи на шаблонах в этом случае должен быть заменен знаком угла. Большинство верфей оборудовано обычными станками, у которых распиловка под малку возможна только при одностороннем наклоне стола при неподвижном хоботе. Обычный способ нанесения угла малки на шаблонах с помощью малочника в рассматриваемом случае неприемлем, так как для распиловки на станке необходимо знать угол

в градусах, а не малку в виде графического изображения. Кроме того, для распиловки требуется не сам угол малки, как его принято считать, а дополнение его до 90° .

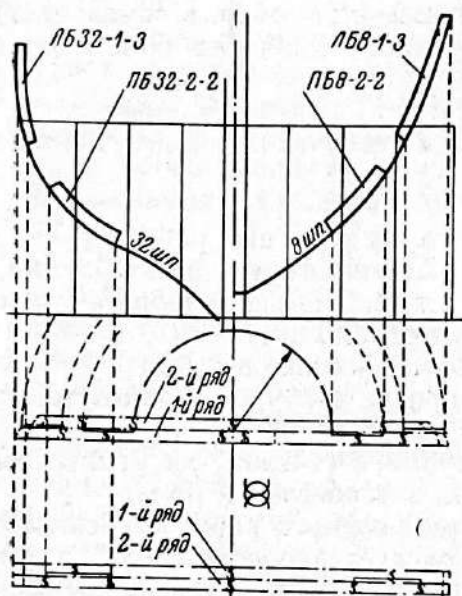


Рис. 186. Маркировка шаблонов.

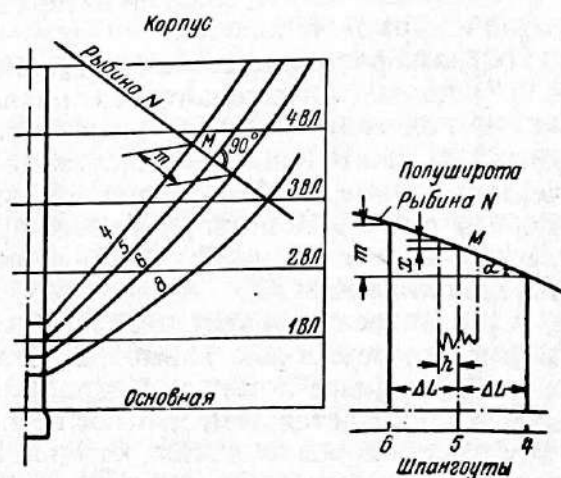


Рис. 187. Определение угла малки футокса.

Согласно рис. 187, интересующий нас угол малки α в любом месте по периметру шпангоута при заданном ΔL определяется из соотношения

$$\operatorname{tg} \alpha \cong \frac{m}{2\Delta L}, \quad (4)$$

где α — угол малки в точке M на шпангоуте, град.,

m — отрезок рыбины N на корпусе между шпангоутами, мм,

ΔL — расстояние в центрах между практическими шпангоутами, мм.

Величина припуска на малку, которую необходимо учитывать при разметке, выражается формулой

$$x = h \operatorname{tg} \alpha, \quad (5)$$

где x — величина припуска на малку,

h — толщина футоксов по правке, мм.

Таким образом, снимая с плаза отрезки рыбин m , нетрудно вычислить и искомые величины α и x . Для быстрого определения этих величин по данным ΔL и h необходимо, задавшись углом α , например через 2° , вычислить m и h и по ним построить шкалу в масштабе 1 : 1. Подобная шкала-градусомер рассчитывается и вычерчивается, после чего дается на плаз. Расчет шкалы при заданных $\Delta L = 500$ мм и $h = 140$ мм выполнен в табл. 21. Шкала представлена на рис. 188.

Градусомерную шкалу укладывают на плазовом корпусе так, чтобы она проходила через точку, для которой ищется угол малки (точка *М* на шпангоуте № 5, см. рис. 187), и направление рыбины было перпендикулярно к шпангоуту. Совместив нуль шкалы с предыдущим шпангоутом (шпангоут № 4), на пересечении рыбины с последующим шпангоутом (шпангоут № 6) снимаем отсчет угла α в градусах, против которого на шкале приведена величина припуска на малку в миллиметрах. Припуск изображен на шаблоне в виде шашки и служит разметчику ориентиром.

С помощью такой шкалы плазовый мастер наносит в нескольких местах по длине шаблона футокса, с шагом 400—600 мм, значение угла малки, а торцы помечает 0°. Шаблоны футоксов следует делать из теса толщиной 10—15 мм,

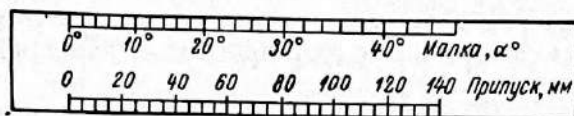


Рис. 188. Шкала для определения угла малки.

имеющего влажность не более 15%, и перед маркировкой дважды окрашивать масляной краской, что предохраняет от воздействия атмосферных осадков. Шаблоны готовят точно по линиям наружного и внутреннего контура шпангоутов, без каких-либо припусков. Для мелких судов шаблоны могут быть изготовлены из фанеры толщиной 6—8 мм.

Маркировать шаблоны удобно черной типографской краской. Шапмы вырезают из листовой резины и наклеивают на деревянные ко-

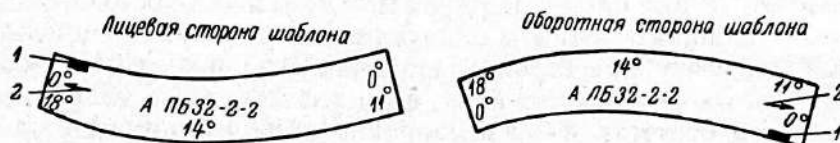


Рис. 189. Образец замаркированного шаблона футокса: А — обозначение объекта постройки; ПБ 32—2—2 — правый борт, 32-й шп., 2-й ряд, 2-й футокс от киля.

1 — припуск на малку наружу; 2 — указатель подачи на полотно станка; 18°, 14°, 11° — угол малки для наружного и внутреннего контуров; 0° — угол малки торца.

лодочки. На рис. 189 показан образец полностью замаркированного шаблона футокса, подаваемого с плаза в заготовительный цех.

Изготовлением шаблонов для футоксов не исчерпывается, разумеется, весь объем работ по шаблонизации корпуса, необходимый для

Таблица 21

Расчет шкалы-градусомера при заданных ΔL и h

α°	$\text{tg } \alpha$	$m=2\Delta L \text{ tg } \alpha, \text{ мм}$	$x=h \text{ tg } \alpha, \text{ мм}$	α°	$\text{tg } \alpha$	$m=2\Delta L \text{ tg } \alpha, \text{ мм}$	$x=h \text{ tg } \alpha, \text{ мм}$
0	0	0	0	12	0,2126	212,6	29,7
2	0,0349	34,9	4,9	40	0,8391	839,1	117,5
4	0,0699	69,9	9,1	42	0,9004	900,4	126,0
6	0,1051	105,1	14,7	44	0,9657	965,7	135,1
8	0,1406	140,5	19,6	46	1,0355	1035,5	144,9
10	0,1763	176,3	24,7				

деревообделочного и других цехов. На плазе изготавливаются деталильные, сборочные и разметочные шаблоны для килей, кильсонов, штевней, дейдвудов, кнопов, кормовых обвязок, бимсов, обвязок переборок, ватервейсов, шельфов, планширей, книц, оковок и пр. Техника изготовления и маркировки этих шаблонов — общепринятая, она не представляет большой сложности и потому не приводится.

При технологически рациональной системе обшивки из чистообрезных досок иногда используют кроеные доски, шаблоны для которых можно получить с плаза, избегая процессов рейковки по корпусу судна.

Для повышения точности в изготовлении кроеных досок геодезические линии следует пробивать непосредственно по плазовому корпусу.

Заготовка деталей набора корпуса

Большинство деталей набора корпуса в той или иной степени должно подвергаться предварительной обработке на станках деревообделочного (заготовительного) цеха; лишь для таких тяжелых деталей, как кили, кильсоны, штевни, дейдвуды, может быть сделано исключение и они могут заготавливаться в судокорпусном цехе вручную с помощью электрифицированного инструмента. Это целесообразно в том случае, когда затраты на транспортировку тяжелых деталей в деревообделочный цех и сложность оперирования с ними на станках не окупаются экономией от станочной обработки.

Почти все детали набора корпуса могут быть обработаны на станках по типовым технологическим маршрутам. Детали, нуждающиеся только в гладкой или фигурной строжке широких сторон и обеих кромок, обрабатываются на четырехстороннем строгальном станке за один проход, а в случае его отсутствия — две широкие стороны обрабатываются на рейсмусовом станке, а кромки — на фрезерном. Так могут быть обработаны следующие детали: доски палубного настила и переборок, пиллерсы, комингсы из чистообрезных брусьев и досок, заготовки для пайолов и настилов в трюмах, вагонка, обвязки и стойки рубок и надстроек, доски внутренней обшивки, часть подбалочных брусьев и др.

При технологически рациональной конструкции наружной обшивки из чистообрезных досок кромки их лежат на корпусе в соприкасающихся плоскостях, перпендикулярных к поверхности корпуса в каждой точке геодезической линии, следовательно чистообрезные доски обшивки также можно заготовить за один проход на четырехстороннем строгальном станке с обработкой кромок специальными боковыми ножами, снимающими фаску под конопатку.

Заготовку футоксов на станках под переменную малку производят из необрезных брусьев в деревообделочном цехе. Брусья строгаются на рейсмусовом станке до размера по правке и направляются на разметку. Разметчик, наложив плазовый шаблон на брус, точно очерчивает его по контуру и переносит на футокс все надписи, находящиеся на шаблоне, следя за правильным расположением припуска на малку и экономным раскроем бруса. Затем электропилой брус распиливают на более легкие заготовки и направляют их к ленточнопильному станку с приспособлением для плавного наклона стола (рис. 190).

При изготовлении приспособления резьбу ходового винта следует делать многоходовой, с шагом 40 мм, что позволит за один оборот ручки или штурвала наклонить стол на 5—8°. Вырезка футоксов производится тремя рабочими (при толщине футоксов по правке до 65 мм — двумя).

двое следят за контурной линией, а третий, по мере продольного движения футокса, плавно меняет наклон стола в соответствии с выписанными на заготовке градусами, контролируя его по указателю и градусной шкале станка. Торцы футоксов опиливаются под углом 0° . Чтобы уменьшить последующую зачистку, распиловку производят с припуском не более 2—3 мм относительно контрольной черты. Это нетрудно сделать при наличии на станке у пильного полотна боковых упоров.

Так же можно заготовить и другие детали набора корпуса, требующие обработки под постоянную или переменную малку: бимсы в оконечностях, ватервейсы с заглушками, шельфы, обвязки переборок, планшири, доски кроеной обшивки и бархоута, подбалочные бруссы. Малки для этих деталей снимают с плаза и переводят в градусы транспортиром.

Такие детали, как штуки дейдвуда, штевни и их кнопки, контртимберсы, штуки кормовой обвязки, заготавливаемые обычно из необрезного бруса, обрабатываются на станках более сложным методом. Необрезной брус острагивается с двух сторон на рейсмусовом станке и подается на разметку, после чего идет на ленточнопильный станок на обрезку торцов и выпилку по контуру. Выпиленные детали с плоскими поверхностями поступают на обработку граней на фуговочный станок, а детали с гранями, имеющими криволинейный контур, застрагиваются ручными электрорубанками.

Предварительная сборка секций и узлов

При серийной постройке деревянных судов необходимо стремиться к возможно большей предварительной сборке секций корпуса для сокращения стапельного периода постройки.

Хотя конструкция корпуса на корабельном наборе значительно ограничивает возможность расширить предварительную сборку узлов и секций, вынуждая собирать корпус постепенно из отдельных деталей на стапеле, даже небольшой пересмотр технологичности исполнения установившихся веками конструкций позволяет резко увеличить предварительную сборку.¹ Поясним это примером. Рабочие чертежи рубок за-

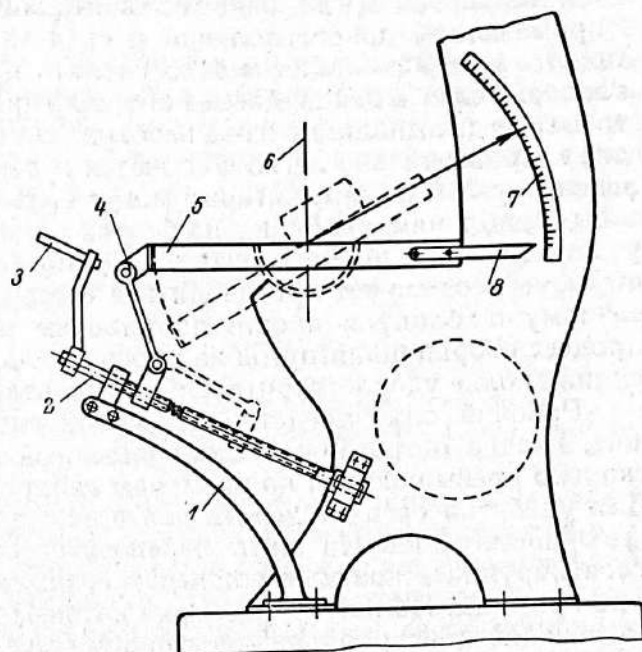


Рис. 190. Приспособление к станку ЛС-80 для плавного наклона стола при распиловке под малку. 1 — кронштейн; 2 — ходовой винт; 3 — ручка или штурвал; 4 — тяга с подвижной гайкой; 5 — стол ленточнопильного станка ЛС-80; 6 — пильное полотно; 7 — шкала углов наклона в градусах; 8 — указатель угла наклона.

¹ Следует отметить, что при разработке рабочих чертежей секционной и узловой сборки корпуса уделяется меньше внимания, чем они заслуживают; только этим можно объяснить выпуск в производство проектов, в которых, кроме шпангоутов, практически ничто не поддается предварительной сборке.

частую выпускаются в таком исполнении, что их нужно собирать из стоек и обвязок постепенно, непосредственно на судне. Без всякого ущерба для прочности любые рубки можно сконструировать так, что они легко и быстро могут быть собраны из отдельных, полностью готовых щитов, соединенных угольниками на болтах. В этом случае большая и трудоемкая работа по сборке рубки из отдельных деталей переносится в заготовительный цех, где может быть выполнена в более удобных условиях, с применением приспособлений и средств механизации ручного труда. Аналогичные замечания можно сделать и по конструкциям форштевня и ахтерштевня с дейдвудным набором (правда, в отношении последнего это не всегда выполнимо из-за необходимости крепления дейдвуда к кильсону). Сравнительно легко поддаются переработке на секционность крепления круглой кормы, которые могут быть целиком изготовлены по плазовым шаблонам и собраны на болтах в одну секцию на заготовительном участке. Сборка шпангоутных рам (шпангоутов) из отдельных вырезанных футоксов может производиться в специальных кондукторах по сборочному шаблону и просто на рабочем плазе. Рассмотрим подробнее процесс сборки шпангоутов на рабочем плазе как наиболее простой и дающий вполне удовлетворительные результаты.

Рабочий плаз представляет собой сколоченный из досок плоский щит, гладко остроганный и покрашенный светло-шаровой краской, несколько превышающий по размерам габариты шпангоутов на оба борта. Для удобства следует делать два щита: для носовой и кормовой половины шпангоутов. На щиты переносятся с основного плаза и прорезаются наружные контуры шпангоутов, но уже не по центровым линиям, а по кромкам. На щите для сборки носовых шпангоутов контуры наносят по носовой контурной линии второго ряда футоксов, а на другом — по кормовой. Для сборки шпангоута на рабочий плаз укладывают второй (нижний) ряд футоксов разметкой вверх и после припиловки и промазки торцов смолой крепят временными строительными гвоздями. На нижний ряд, после его просмолки, укладывают верхний ряд футоксов разметкой вниз. Болты и нагели забивают до съемки рамы в отверстия, которые сверлят прямо через щит.

При переводе на предварительную сборку отдельных секций корпуса следует иметь в виду габариты и транспортабельность секций, а также грузоподъемность средств, которыми оборудована стапельная площадка.

§ 14. СТАПЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Сборка корпуса судна

Как указывалось выше, технологический процесс постройки судна может быть организован различно. При серийной постройке следует отдавать предпочтение позиционно-поточному методу с передвижкой судов по позициям. Этот прогрессивный метод вносит некоторые изменения в технологическую очередность сборочных работ по корпусу, которая устанавливается в процессе разбивки по позициям и зависит от конкретного судна. Чтобы исключить эту специфику, рассмотрим первоначально установившийся технологический процесс постройки корпуса при индивидуальном методе.

Перед закладкой судна стапельное место необходимо оборудовать двумя мачтами с натянутой через блок при помощи груза контрольной струной со скользящими отвесами, которые отмечают положение ДП

судна. Струна должна быть натянута на высоте, превышающей высоту палубы судна у форштевня со стоящим на ней человеком, а мачты должны быть расставлены так, чтобы не мешать работе грузоподъемных средств, обслуживающих постройку.¹

Высота кильблоков, которые выставляются по отвесам, должна учитывать строительный дифферент судна, если он предусмотрен проектом и, кроме того, возможность постановки кильсонных и других длинных болтов, забиваемых снаружи.

Закладка судна начинается с выставки кия у форштевня и старпоста. На киле, по разметочной рейке с плаза, должны быть нанесены риски центров шпангоутов и их кромок. Выставленная закладка контролируется отвесами с контрольной струны, раскрепляется расшивинами с упором в землю и крепится болтами. Далее приступают к выставке неразрезных шпангоутов.

Положение шпангоутов по длине проверяется по рискам на киле, правильность выставки относительно плоскости мидель-шпангоута и плоскости ватерлинии проверяется по отвесу

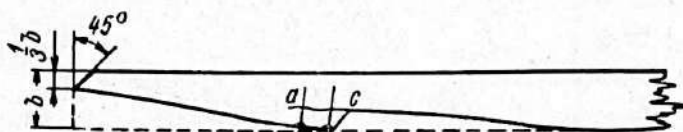


Рис. 191. Обработка конца потерянного пояса.
а — линия возможного скалывания; б — ширина чисто-обрезной доски.

и рискам ДП на шергнях, соединяющих обе ветви шпангоута между собой, и рискам ДП у кия. Выставленные шпангоуты раскрепляются расшивинами по топтимберсам и упорами в землю, после чего поверх флортимберсов укладывается средний кильсон и крепится с килем сквозными вертикальными болтами. Если средний кильсон выполнен по ширине из двух или трех рядов брусьев, то они крепятся между собой горизонтальными болтами. После постановки среднего кильсона появляется возможность окончательно крепить ахтерштевень с дейдвудом, контртимберсом, горнтимберсами и креплением круглой кормы или транца. Вырубкой разрезных шпангоутов и креплением их концов наклонными болтами и ершами завершаются работы по выставке каркаса корпуса судна.

Следующим этапом является постановка наружных и внутренних продольных связей, крепящихся с каркасом болтами, гвоздями и нагелями, и придающих ему необходимую жесткость. На топтимберсах каждого шпангоута еще в заготовке должны быть нанесены риски палубной линии, ориентируясь на которые, гибкой реечкой намечают верхнюю кромку бархоутного пояса наружной обшивки. Заготовка и постановка наружной обшивки из кроеных досок уже рассмотрена выше, следует лишь добавить, что переменная малка по кромкам досок обшивки снимается вручную при заготовке и пригонке каждой доски на месте.

Работы по постановке наружной обшивки из чистообрезных досок начинаются с нанесения на шпангоутах и штевнях линии верхней кромки бархоута и уже от нее, по заданным на чертеже растяжки размерам, разметке проектного направления бархоута, скулового и шпунтового поясьев.² Одновременно необходимо проверить длину полупериметров ха-

¹ Выполнение указанного условия иногда представляет известные трудности, и бригады судоплотников предпочитают работать без контрольной струны. Этого не следует допускать, так как отсутствие струны затрудняет проверочные работы по корпусу.

² Пазы обшивки на шпангоутах можно предварительно разметить на рабочем плазе.

рактрных шпангоутов, согласовав с числом и шириной укладываемых поясьев. Дальнейшая постановка поясьев наружной обшивки должна производиться в последовательности, указанной на чертеже растяжки: прежде всего должны быть поставлены поясья из чистообрезных досок, а затем поверхность между ними заполняется потеряйными поясьями. Каждый потеряйный пояс имеет форму, показанную на рис. 191, и изготовляется из той же чистообрезной доски, но с обработкой конца и выреза для зуба по разметке с места, так как их предварительная заготовка на станках по одному шаблону неприемлема вследствие разной длины и угла скашивания обрабатываемого конца. Концы следует обрабаты-

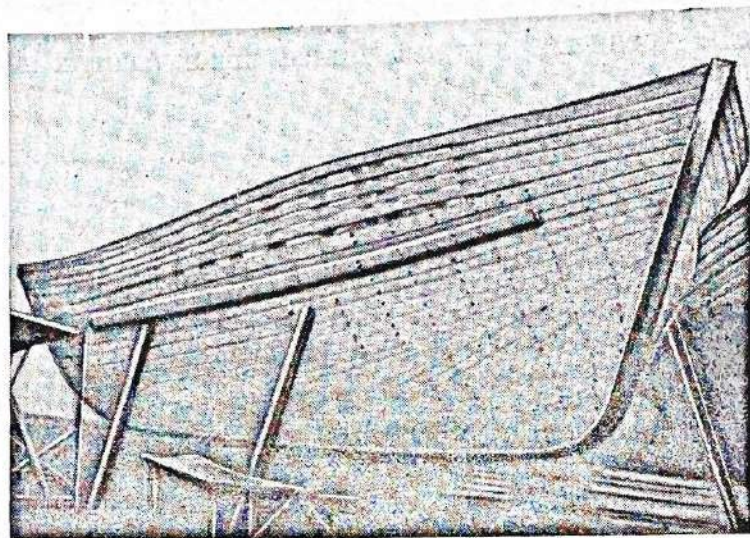


Рис. 192. Корпус морского 40-тонного дуба с технологически рациональной наружной обшивкой.

вать до постановки на место, причем обработку концов потеряйных поясьев рекомендуется делать с небольшим припуском, чтобы при постановке пояса на место ударами по концу доски можно было создать тугую посадку зуба в гнездо предыдущего пояса. Такая посадка в процессе сгибания доски позволяет избежать трещины в районе зубового выреза. С этой же целью рекомендуется вырез делать под углом 45° , а в кромку забивать один-два строительных гвоздя.

Учитывая, что при технологически рациональной конструкции обшивки чистообрезные доски при постановке гнутся только плашмя и не имеют перетесов, можно использовать доски толщиной 60—65 мм без предварительной пропарки. В остальном процесс постановки чистообрезных досок ничем не отличается от обычного. На рис. 192 показан корпус судна с обшивкой из чистообрезных досок.

Применение технологически рациональной системы наружной обшивки из чистообрезных досок дает значительный эффект экономии рабочей силы и пиломатериала (табл. 22).

Установке наружной обшивки должно предшествовать закрепление на месте таких продольных связей, как подбалочные брусья, скуловые и днищевые связные поясья и их брештуки. Эти работы должны производиться до установки наружной обшивки, так как часть болтовых креп-

Таблица 22

Абсолютная и относительная экономия рабочей силы и пиломатериалов от применения наружной обшивки из чистообрезных досок

Типы судов	Главные размерения, м			Модуль $L \times B \times H$, м ³	Абсолютная экономия на судно		Относительная экономия на единицу модуля $L \times B \times H$	
	L наибольшая	B без обшивки	H		6-4-й разр., нормо-час.	пиломатериал, м ³	6-4-й разр., нормо-час.	пиломатериал, м ³
Сейнер типа СЧС-562	25,21	5,70	2,70	388	93	5,16	0,24	0,0133
Сейнер типа МЧС-565	19,25	5,00	2,40	231	77	4,45	0,33	0,0192
Морской дуб 40 т	19,24	5,70	1,75	192	91	4,30	0,47	0,0224
Мотобот	9,10	2,75	1,10	27,5	14	0,58	0,51	0,0211

лений названных связей выполняется только со шпангоутами, а не сквозными с обшивкой. Исключение составляют один-два верхних бархоутных пояса, которые располагаются выше подбалочных брусев и выставляются в первую очередь. После окончания работ по закреплению подбалочных брусев могут быть начаты работы по постановке подпалубного набора: бимсов, карлингсов, шельфов, вертикальных и горизонтальных книц. Изготовление водонепроницаемых переборок начинается после постановки внутренней обшивки.

Основные судоплотничьи работы по корпусу завершаются постановкой ватервейсов, комингсов, люков и палубного настила. В этом состоянии корпус после постановки всех болтовых, гвоздевых и нагельных креплений считается подготовленным для конопатных работ.

При поточно-позиционной постройке на первой позиции стараются задать необходимый объем работ, после которых допустима передвижка корпуса на следующую позицию без нарушения жесткости каркаса. Так, на первой позиции могут быть выполнены работы по сборке каркаса корпуса, скрепленного бархоутными и скуловыми связными поясами со штевнями. Первая позиция обычно оборудуется стапель-кондуктором простейшей конструкции (см. рис. 171). Основное назначение кондуктора — ликвидация разметочных и проверочных работ и многочисленных упоров и расшивин с соблюдением стандартности всех собираемых корпусов.

На второй позиции выполняются работы по постановке наружной обшивки и внутренних продольных связей.

Третья позиция отводится для завершения судоплотничьих и болтовых работ по корпусу, на четвертой могут быть проведены конопатка и испытание корпуса на водонепроницаемость.

На последующих позициях могут проводиться дальнейшие работы по насыщению корпуса оборудованием, монтажу главных вспомогательных механизмов и устройств и отделке помещений.

Для обеспечения ритмичной работы на построечной линии, при разбивке работ по позициям необходимо стремиться к тому, чтобы трудоемкость работ, намеченных к исполнению на отдельных позициях, была примерно равной. При разделении работ на смены в пределах одной по-

зиции необходимо руководствоваться технологической очередностью работ, а также учитывать место, где выполняются работы, чтобы рабочие разных специальностей не мешали друг другу.

Основные правила постройки

Долголетняя практика постройки морских деревянных судов выработала ряд правил, которыми следует руководствоваться при выполнении сборочных работ и которые сводятся в основном к следующему.

1. Конструкции и размеры отдельных деталей набора должны соответствовать рабочим чертежам и спецификациям проекта.

2. Размеры деталей в конструктивных чертежах и спецификациях, за исключением особо оговоренных, указываются в миллиметрах.

3. Абсолютная влажность лесоматериалов, идущих на постройку судна, должна быть не более 20%.¹

4. Лесоматериал, идущий на постройку судна, должен быть остроган со всех сторон; наличие на деталях набора остатков коры совершенно недопустимо.

5. В целях увеличения долговечности все детали набора корпуса должны подвергаться антисептированию одним из доступных для верфи и безвредных для перевозимых грузов способов.

6. В деталях корпуса не должно быть трещин и выколов.

7. Детали набора должны плотно прилегать друг к другу; особо тщательно должны быть приготовлены детали по стыкам, врубкам и замкам. Все сопряжения после пригонки должны тщательно промазываться антисептической пастой.

8. По пазам штевней у шпунта, где возможно проникание воды внутрь корпуса, должны быть поставлены стопватеры.

9. Доски наружной обшивки и палубного настила должны ставиться сердцевинной стороной к набору и плотно прилегать к нему.

10. Металлический крепеж (болты, гвозди, заклепки, глухари, шурупы, ерши и т. д.) должен изготавливаться в соответствии с ГОСТ и нормами. Шурупы, гвозди, заклепки и небольших размеров болты должны оцинковываться. Болты диаметром свыше 18—20 мм или длиной 700—1000 мм можно оцинковывать не полностью, однако рекомендуется оцинковать их наружные концы, соприкасающиеся с водой.

Крепления, ставящиеся в детали из дуба, изготавливаются из стали, с оцинковкой горячим способом.

11. Головки болтов и гвоздей следует утапливать в древесину на 3—4 мм, а при креплении досок палубного настила и ватервейсов — на глубину до 25 мм и закрывать пробками. Пробки ставятся на густых белилах или меловой шпаклевке на масляном лаке. Перед постановкой пробок гнезда для них должны быть тщательно очищены от грязи и

¹ Следует оговориться, что выполнение этого требования для верфей, не имеющих зачастую переходящих запасов древесины для естественной сушки, практически неосуществимо, так как производительность сушильных камер обычно недостаточна для искусственной сушки всего пиломатериала, идущего на постройку. Поэтому верфи вынуждены принимать компромиссные решения и ограничиваться искусственной сушкой пиломатериалов, идущих только на наружную обшивку, палубный настил, переборки, комингсы и столярные изделия. Пиломатериал больших сечений (для килей, кильсонов, шпангоутов, бимсов и пр.) идет в производство с биржи, минуя сушильные камеры, и его абсолютная влажность обычно превышает 20%. Применение лесоматериала повышенной влажности неизбежно отражается на качестве постройки корпуса и снижает его долговечность в эксплуатации, так как при этом создаются условия, благоприятные для ускорения загнивания древесины.

стружки, очистку рекомендуется производить струей сжатого воздуха. Пробки готовятся из той же древесины, в которую они забиваются, абсолютная влажность не должна превышать 12—15%. Направление волокон древесины у забитой пробки и детали должно совпадать.

Под головки болтов и гвоздей, везде, где возможно проникание воды внутрь корпуса, должна быть сделана подмотка из мягкой смольной пеньки. Под гайки всех болтов ставятся шайбы.

При постановке заклепок с наружной поверхности корпуса их головки утапливаются на 0,5—1,5 мм, а углубления над ними зашпаковываются.

12. Отверстия под болты сверлятся на 1,5—3 мм меньше, чем диаметр забиваемых болтов, при этом меньший допуск относится к длинным и толстым болтам, а больший — к коротким и тонким.

Под корабельные гвозди отверстия сверлятся на 0,5 длины гвоздя, диаметром 0,6—0,8 толщины гвоздя.

Длина нарезанной части и расположение болтов должны обеспечивать возможность подтягивания их при усыхании древесины.

Для мелких шурупов отверстия сверлятся диаметром 0,8 d , глубиной 0,6 l (d — диаметр; l — длина шурупа). Отверстия для крупных глухарей и шурупов сверлятся в две или три ступени. Углубление шурупов в деталь должно быть не меньше $\frac{2}{3}$ длины шурупа.

Диаметр отверстий, высверленных для заклепок, должен быть равен 0,8—0,9 d (в зависимости от породы древесины), а в деталях из лиственницы — 0,9 d .

13. Все сквозные деревянные нагели должны быть с двусторонней расклинкой; излишки в длине нагеля спиливаются заподлицо со скрепляемыми деталями ножовкой, а не срубаются топором. Во избежание раскола скрепляемых деталей при расclinке нагелей клинья со стороны забивки следует забивать поперек волокон древесины скрепляемых деталей. Нагели забиваются с натягом, величина которого зависит от длины и диаметра нагеля, а также от породы древесины, из которой он сделан, и находится в пределах 0,5—0,8 мм. Ширина забиваемого клина должна превышать диаметр стержня нагеля на 1—2 мм, а толщина у основания доходит до $\frac{1}{3}$ диаметра нагеля.

Отверстие под несквозные нагели высверливается строго определенной глубины и донышко его выравнивается; нагель загоняется в отверстие со слегка вставленным в загоняемый конец клином, расклинивающим конец при упоре в донышко отверстия. В наружный конец клин вгоняется так же, как и в обычные сквозные нагели. Надежное крепление несквозным нагелем достигается лишь при точном соответствии глубины отверстия длине нагеля.

14. Кромки досок по пазам и стыкам наружной обшивки, палубного настила и переборки должны плотно прилегать друг к другу. Для конопатки пазы и стыки должны иметь разладку наружу на глубину $\frac{2}{3}$ толщины досок.

Величина разладки на обе доски зависит от толщины последних и составляет 3—7 мм, достигая большей величины у толстых досок.

Конопатные работы

До настоящего времени единственно надежным и доступным средством обеспечения водонепроницаемости корпуса морского деревянного судна на корабельном наборе является конопатка. Пазы и стыки на-

ружной обшивки, палубного настила, водонепроницаемых переборок, транцев, шпунты, комингсы и другие места, где возможно поступление воды внутрь корпуса, должны конопатиться прядями из пеньковой смольной пакли высшего качества.

Процесс конопатки заключается в том, что заранее заготовленные пряди укладываются и забиваются в разладку пазов и стыков досок в определенной последовательности: вначале более тонкие пряди, а затем более толстые. Количество прядей конопатки, в зависимости от толщины досок, приведено в табл. 23.

Таблица 23

Количество прядей конопатки в зависимости от толщины досок

Толщина досок, мм	Количество прядей		Толщина досок, мм	Количество прядей	
	для наружной обшивки	для палубного настила		для наружной обшивки	для палубного настила
40—65	3	3	95—115	5	4
70—90	4	3	120 и более	6	—

Существуют два способа конопатки — в набор и в расстил. При конопатке в набор пеньковая прядь предварительно укладывается (набирается) в пазы зигзагообразно и затем плотно осаживается. Это делается для перепутывания последовательно забиваемых прядей, чтобы предотвратить их выпадение (например, при усыхании досок). Конопатка в расстил проводится ровными прядями.

В морском деревянном судостроении должна применяться только конопатка в набор. Каждая прядь осаживается до укладки следующей, а последняя прядь забивается до отказа, т. е. настолько туго, что осадить ее глубже ударами киянки невозможно. После забивки последней пряди в пазе должно остаться место для заливки варом или шпаклевки водонепроницаемой замазкой. Ввиду того, что при конопатке возникают значительные усилия, раздвигающие доски, конопатку корпуса можно производить только после постановки всех болтовых, нагельных и гвоздевых креплений. Перед конопаткой пазы и стыки должны быть тщательно очищены от грязи, опилок и стружки.

Для повышения качества конопатки рекомендуется непосредственно перед набором пакли слегка смазывать тонкой кисточкой пазы и стыки олифой или древесной смолой, разведенной скипидаром. Высохшая смазка увеличивает сцепление прядей с древесиной, но несколько осложняет процесс набора прядей. Конопатка на открытых площадках в дождливую или сырую погоду запрещается.

До настоящего времени, несмотря на многочисленные усилия, проблема механизации конопатных работ еще не разрешена: даже при наличии пневматических машинок конопатные работы на большинстве верфей проводятся вручную. Причиной является сложность и специфичность технологического процесса конопатки, особенно по днищу и бортам судов.

Для конопатки борта, палубы или днища на 10 пог. м требуется пеньки: при конопатке в одну прядь — 0,48 кг, при конопатке в две пряди — 1,04 кг, при конопатке в три пряди — 1,68 кг и в четыре пряди — 2,40 кг.

Вара на заливку 100 пог. м пазов для горизонтальных поверхностей требуется 11 кг, вертикальных — 12 кг.

Смолы для осмолки за один раз 10 м² палубы требуется 7,70 кг, днища снаружи — 8,50 кг, изнутри — 7,00 кг, борта снаружи — 7,70 кг, изнутри — 7,00 кг.

При работе холодной смолой вводится поправочный коэффициент 0,80.

Испытание корпуса на водонепроницаемость

По существующим правилам корпус судна до спуска на воду должен быть подвергнут испытанию на водонепроницаемость. Испытание должно проводиться сразу после конопатки, до заливки пазов варом или шпаклевки, а также до осмолки или окраски и без пробок, закрывающих головки болтов и гвоздей. Корпус должен испытываться со смонтированным дейдвудным устройством, навешенным рулем и установленной донно-бортовой арматурой. Отсек форпика испытывается наливом воды до уровня палубы, остальные отсеки наливом на меньшую высоту. Выше уровня налива водонепроницаемость стыков и пазов проверяется поливом струей воды из брандспойта.

Следует отметить, что одним из существенных конструктивных недостатков корабельного набора является невозможность достичь полной водонепроницаемости прочных междоотсечных переборок, так как они в ряде мест недоступны. Это места прилегания наружной и внутренней обшивок и других продольных связей к переборочным шпангоутам, а также пазы этих связей и стыки футоксов у самих шпангоутов. Таким образом, при испытании наливом может быть лишь установлено, что та или иная переборка течет, но устранить течь не представляется возможным.

Правилами постройки Регистра учитывается этот недостаток конструкции и требуется только, чтобы переборки были «по возможности водонепроницаемы». Поскольку это условие неопределенно, норму допустимой водотечности водонепроницаемых переборок можно связать с производительностью имеющихся на судне осушительных средств, приняв ее, например, равной 0,25 общей производительности осушительных насосов.

В том случае, когда полная водонепроницаемость переборок обусловлена особо, ее можно попытаться достичь, взяв под строжайший контроль с самого начала закладки судна все конструктивные мероприятия, изложенные в § 9.

Для устранения просачивания воды по наружному и внутреннему периметрам переборочного шпангоута, в дополнение к жгутам из пакли, требуемым правилами постройки Регистра, рекомендуется делать специальные пазы и заливать их варом, как показано на рис. 130. Пазы образуются фасками, снимаемыми у футоксов под углом 45° со стороны сплачивания при сборке шпангоутной рамы. Заливать горячий вар следует после постановки каждого пяти-шести поясьев наружной и внутренней обшивок. Горячий вар, обладая достаточной текучестью, заполняет все мелкие щели в пазах обшивки и по периметрам шпангоута и, охлаждаясь, застывает, создавая надежную водонепроницаемость переборок в недоступных местах. Если щели очень велики и вар выливается, следует, не заполняя пазов, приостановить заливку, пока вар не остынет,

а затем снова повторить ее менее нагретым варом. В результате паз заполнится и можно приступать к постановке очередных поясьев обшивки.

Чтобы вар при заливке одного борта не выливался через пазы с другого борта, нужно в пазу (над килем и под кильсоном) сделать перемышку из жгута пакли. Если рекомендуемым способом водонепроницаемость недоступных мест будет устранена, ликвидировать просачивание воды по остальным местам переборки (по обвязкам, доскам обшивки) уже не представит больших затруднений, так как к этим местам, при условии залива воды в отсек со стороны стоек, имеется свободный доступ.

Полив пазов и стыков наружной обшивки струей воды из брандспойта также не позволяет установить места течи, так как осмотр наружной обшивки изнутри невозможен из-за наличия внутренней обшивки. Поэтому самым надежным испытанием непроницаемости является налив воды поочередно во все отсеки корпуса до уровня, несколько превышающего ГВЛ. Как показала практика, такое испытание вполне допустимо (с точки зрения прочности корпуса), при условии постановки под судно достаточного количества клеток.

Перед наливом воды корпус должен быть тщательно очищен от щепы, стружек и опилок, так как они могут явиться источником скрытых дефектов. Известны случаи, когда испытанный корпус после спуска на воду дает сильную течь и при подъеме на берег обнаруживается, что причиной явились одно или несколько отверстий под гвозди или болты, в которые во время испытания попали стружки, опилки или клочки пакли.

По мере налива воды в корпус водотечные места легко обнаруживаются по капели и струйкам, появляющимся снаружи, и устраняются конопатчиками, проводящими испытание. Не следует долго держать налитую в корпус воду, добиваясь абсолютной водонепроницаемости, так как несмотря на то, что судно поставлено на клетки, оно испытывает при наливе значительные напряжения, к тому же внутренний набор увлажняется, что крайне нежелательно.

Просачивание воды по болтам и гвоздям устраняется осаживанием их поглубже, а просачивание по конопатке устраняется осаживанием прядей или местной подконопаткой дополнительной пряди. Обнаруженные свободные отверстия забиваются временными деревянными пробками. Из корпуса вода удаляется через специально высверленные в киле два-три отверстия диаметром, не превышающим 10—12% его ширины. Отверстия целесообразно просверливать до налива воды в корпус и закрывать пробками, вынимающимися наружу. Когда вода спущена, отверстия должны быть забиты конусными пробками с расклинкой и закрыты снаружи латками из оцинкованного железа на парусине с суриком. Латки крепятся мелкими кровельными гвоздями.

После того как корпус полностью просохнет, приступают к постановке пробок по головкам болтов и гвоздей, осмолочным и окрасочным работам, а после окраски или осмолки корпус, во избежание рассыхания, должен быть как можно скорее спущен на воду, где и ведутся работы по окончательной достройке и монтажу. Достроечно-монтажные работы на плаву не отличаются какой-либо спецификой и выполняются обычными приемами.

§ 15. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СКЛЕИВАНИЯ

Краткие сведения по технологии склеивания

Ранее, в гл. III, при описании конструкций на нагельных средствах крепления упоминалось о возможности применять для них склеивание. Однако чтобы достигнуть достаточной прочности и надежности клеевого соединения, а следовательно использовать все преимущества клеевых конструкций, необходимо обеспечить в процессе склеивания соблюдение определенных режимов и технологической последовательности.

При использовании клеев ВИАМ Б-3 и КБ-3 при низких температурах отверждение клея происходит очень медленно, удлиняются сроки выдержки склеенных деталей под прессом и снижается прочность клеевых соединений вследствие чрезмерного впитывания клея в древесину и выдавливания его из соединений. При высоких же температурах (свыше 20°C) клеи быстро густеют и свертываются. Поэтому склеивание должно производиться при температуре воздуха в помещении не ниже 16° и не выше 20°C .

Влажность воздуха в помещении, где производится склеивание, должна быть такой, при которой влажность деталей на протяжении всего времени выдержки, склеивания и запрессовки не выходила бы за допустимые пределы. Это исключает излишнее коробление древесины и обеспечивает качественное выполнение клеевых соединений. Контроль относительной влажности помещений производится круглосуточно, с помощью психрометров и специальных психрометрических таблиц и номограмм. Влажность пиломатериала для изготовления клеевых деталей не должна превышать 15—18% (допускается склеивание пиломатериалов с влажностью до 20%). Пиломатериал естественной сушки, идущий на склейку, рекомендуется некоторое время хранить в помещении, что уменьшает коробление. Чем сильнее покороблены доски, тем труднее получить равнопрочное по всей поверхности клеевое соединение, так как покоробленный пиломатериал неравномерно соприкасается по площади склеивания, из соприкоснувшихся участков клей при дальнейшей запрессовке выдавливается, а в местах, где были зазоры, даже при мощной запрессовке остаются толстые клеевые пленки. При снятии с пресса пиломатериалы стремятся принять первоначальную форму, что вызывает местное перенапряжение отдельных участков шва.

Прочность клеевого соединения не меньше зависит и от тщательности подгонки и строжки склеиваемых поверхностей. Исследованиями установлено, что максимальная прочность клеевого соединения обеспечивается при строжке склеиваемых поверхностей на станках с хорошо заточенными и выверенными ножами, так как достигается достаточная плотность прилегания при запрессовке. В усовых соединениях, кроме раздельной строжки соединяемых поверхностей деталей при их заготовке, необходимо обеспечить тщательную пригонку одной детали к другой по всей площади соединения. Особенно важно обеспечить тщательную обработку и пригонку склеиваемых поверхностей у деталей из твердых пород древесины.

Изложенные требования в равной мере относятся как к конструкциям, склеиваемым из тонких и толстых досок, так и к гнутым клеевым конструкциям.

При изготовлении некоторых малоответственных деталей набора из тонких досок может быть допущено применение не очень тщательно простроганных или совсем не строганных досок.

Чтобы соединение было по всей поверхности равнопрочно, важно обеспечить равномерное нанесение слоя клея, что достигается ручной смазкой щетинными кистями с длиной ворса 15—25 мм или механизированными клеенаносителями. Клей наносится на обе склеиваемые поверхности слоем равномерной толщины. Расход клея составляет около 400 г/м². Детали, намазанные клеем, до сборки выдерживаются на воздухе для открытой пропитки от 5 до 15 мин. Сборка склеиваемых деталей до начала их опрессовки должна продолжаться от 5 до 25 мин.

При нижнем пределе температуры воздуха в помещении, т. е. 16°С, следует придерживаться более продолжительной открытой и закрытой пропитки, а при высокой температуре — более короткой. После сборки склеиваемой детали клеевые соединения подвергаются сдавливанию (запрессовке).

В момент запрессовки клеевой слой должен иметь такую вязкость, при которой после запрессовки обеспечивается толщина 0,10—0,15 мм. Запрессовка склеиваемых поверхностей после закрытой выдержки обеспечивает:

- удаление из клеевого соединения пузырьков воздуха;

- создание непрерывной клеевой пленки и выравнивание ее толщины;

- углубленное проникновение клея в поры и капилляры склеиваемых материалов;

- создание наиболее благоприятных условий для схватывания клея.

Величина оптимального удельного давления запрессовки определяется вязкостью жидкого слоя клея в момент запрессовки и принимается в зависимости от конструкции склеиваемых деталей, ширины поверхности склеивания и породы склеиваемой древесины. Рекомендуются следующее давление:

- для прямолинейных деталей из древесины твердых пород (дуб, ясень) 2—4 кг/см²;

- для прямолинейных деталей из древесины мягких пород (пихта, сосна, липа) 2—3 кг/см²;

- для березовой фанеры 2—4 кг/см²;

- для гнутоклееных деталей 3—6 кг/см², а в некоторых случаях до 10 кг/см² (в зависимости от конструкции деталей и напряжений, возникающих при изгибе);

- при выклейке скорлуп из шпона толщиной около 1 мм — 2,0—4,0 кг/см².

Продолжительность выдержки под давлением при склеивании — от 5 до 24 час., причем нижний предел — для склеивания более тонких и прямолинейных досок, а верхний — для толстых досок и гнутых деталей.

Отверждение клеевого слоя при склеивании мягких пород древесины происходит на 20—30% быстрее.

Время выдержки склеенных деталей до обработки составляет при обработке на станках 12—18 час., при обработке вручную — 6—12 час.

Давление при запрессовке может быть создано различными приспособлениями и механизмами. Запрессовка может быть при помощи грузов, пружинная резиновыми тросами, клиновая, эксцентриковая, рычажная, винтовая (с помощью ручных струбцин), гвоздевая, шурупная, болтами и глухарями, специальными гидравлическими, пневматическими и другими прессами. Давление должно распределяться равномерно по всей склеиваемой площади и осуществляться с таким расчетом, чтобы исключить перекося склеиваемых деталей. На рис. 193 показан двусторонний вертикальный специальный щит для запрессовки при

склеивании различных криволинейных деталей (шпангоутов, штевней, бимсов и др.).

При запрессовке гвоздями, если они должны быть удалены из склеиваемых деталей, под головки подкладываются фанерные шайбы, создающие более равномерное давление и облегчающие выдергивание гвоздей.

Криволинейные детали, вследствие упругих свойств древесины, после снятия с пресса стремятся несколько распрямиться, поэтому при изготовлении криволинейных деталей, образованных дугой круга примерно постоянного радиуса, радиус рабочей поверхности основания пресса следует делать меньше радиуса клееной детали.

Радиус поверхности основания пресса вычисляется по формуле

$$R_{\text{оп}} = R_{\text{дет}} k, \quad (6)$$

где $R_{\text{оп}}$ — радиус основания пресса;

$R_{\text{дет}}$ — радиус кривизны клееной детали;

k — коэффициент, равный $1 - \frac{\sum I_i}{I}$, где $\sum I_i$ — сумма момен-

тов инерции сечений отдельных досок детали, а I — момент инерции сечения целой детали после склеивания.

В связи с тем, что с повышением температуры до 50—60° С процесс отверждения клея резко ускоряется (что важно для увеличения производительности оборудования при склейке), применяют прогрев склеиваемых деталей в запрессованном виде в сушильных камерах или паровыми калориферами непосредственно на месте. Кроме того, прогрев может быть осуществлен токами высокой частоты и электронагревателями контактного типа (передающими тепло клеевому соединению непосредственным соприкосновением с деталью) и рефлекторного типа (ламповыми или спиральными, передающими тепло радиационно-конвекционным способом).

Качество клеевых соединений может определяться как в процессе склеивания, так и в процессе обработки деталей после выдержки. Основными дефектами склейки являются непрочности, трещины, тонкие и толстые клеевые пленки, пережоги, слабое сцепление. Местные непрочности появляются в результате недостаточного или неравномерного давления при запрессовке, повышенной вязкости клея или нанесения слишком тонкого слоя. Большие непрочности могут явиться следствием склеивания деталей повышенной влажности или склеивания досок с различной влажностью, а также неудовлетворительной подгонки склеиваемых поверхностей и недостаточного давления при запрессовке.

Трещины в древесине вблизи клеевого соединения или в клеевом слое появляются из-за больших внутренних напряжений, возникающих при склеивании деталей повышенной влажности и последующей выдержки их при низкой относительной влажности, а также при склеивании сильно покоробленных заготовок. Кроме того, внутренние напряжения неизбежно будут иметь место при использовании некачественного клея или клея с низкой вязкостью и сборки склеиваемых деталей без достаточной пропитки. Трещины могут появиться при интенсивном и длительном прогреве склеиваемых деталей, низкой относительной влажности воздуха, несоблюдении сроков выдержки деталей под прессом или вне пресса и при последующей обработке их с большими усилиями.

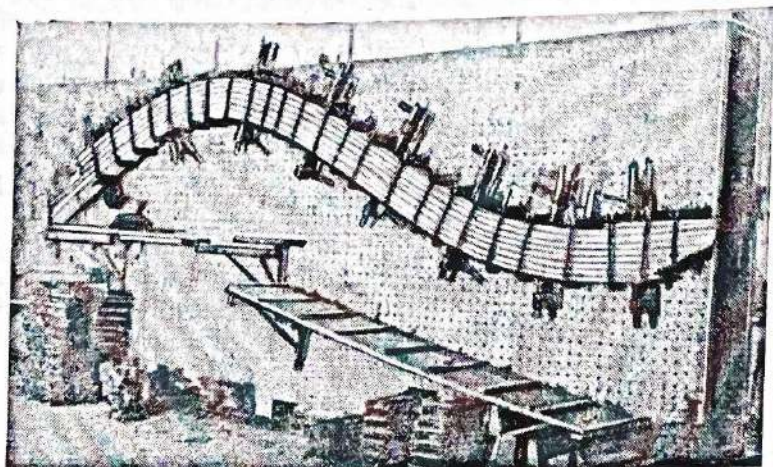


Рис. 193. Стенд для запрессовки гнутых клееных деталей.

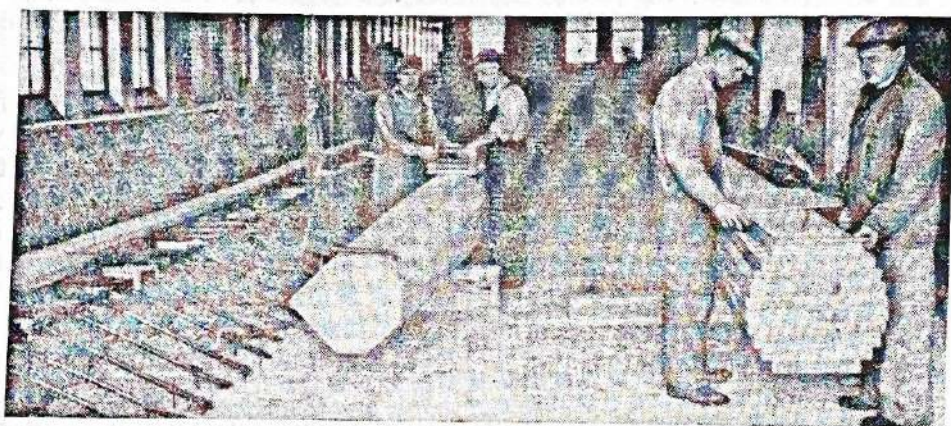


Рис. 194. Изготовление клееных мачт.

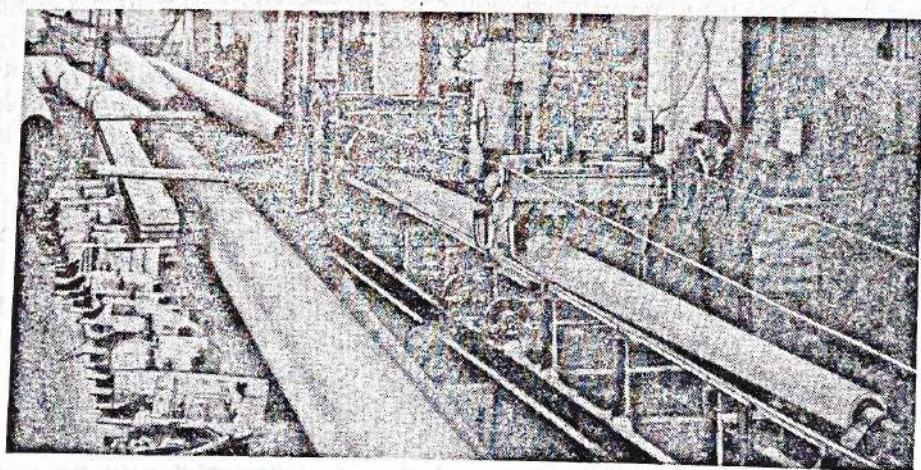


Рис. 195. Обточка клееных мачт и других рангоутных деревьев на станке.

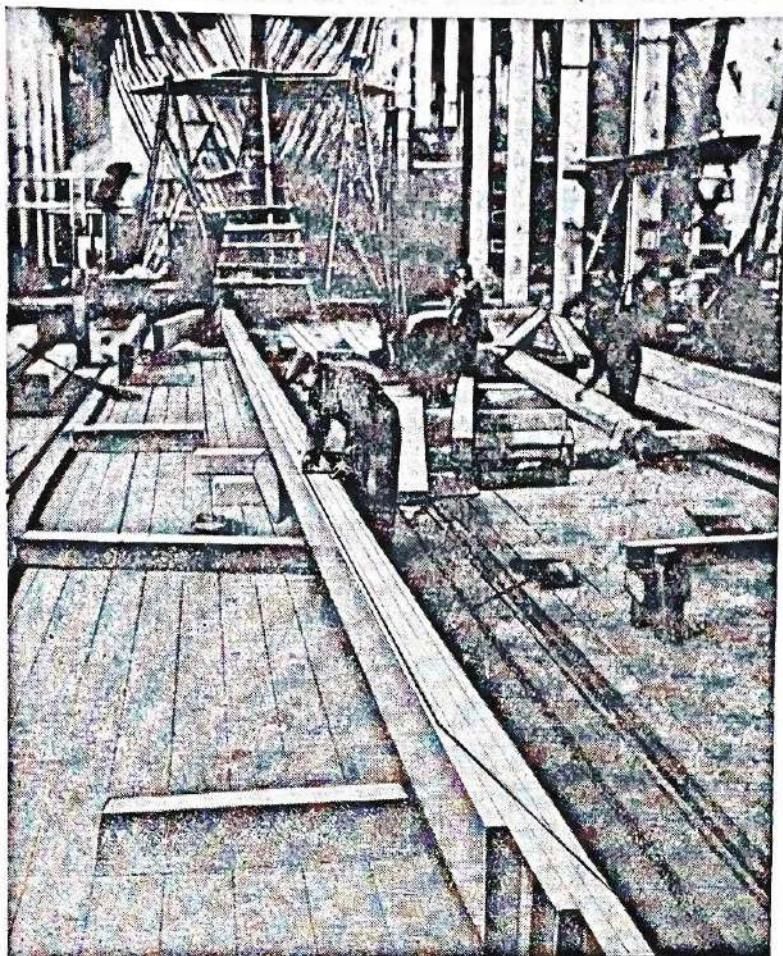


Рис. 196. Разметка клееного килевого бруса перед окончательной обработкой.

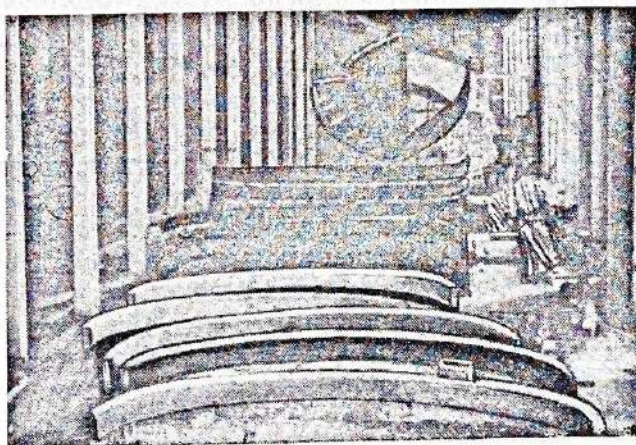


Рис. 197. Шпангоуты после склейки.

Тонкая клеевая пленка является результатом нанесения слишком тонкого слоя клея, применения клея пониженной вязкости, склеивания без достаточно продолжительной открытой пропитки, излишнего давления при запрессовке.

Толстая клеевая пленка может появиться в результате плохой подгонки склеиваемых поверхностей, неравномерного нанесения клея, нанесения клея повышенной вязкости, продолжительной открытой или закрытой пропитки (особенно при повышенной температуре воздуха в цехе), недостаточного или неравномерного распределения давления при запрессовке.

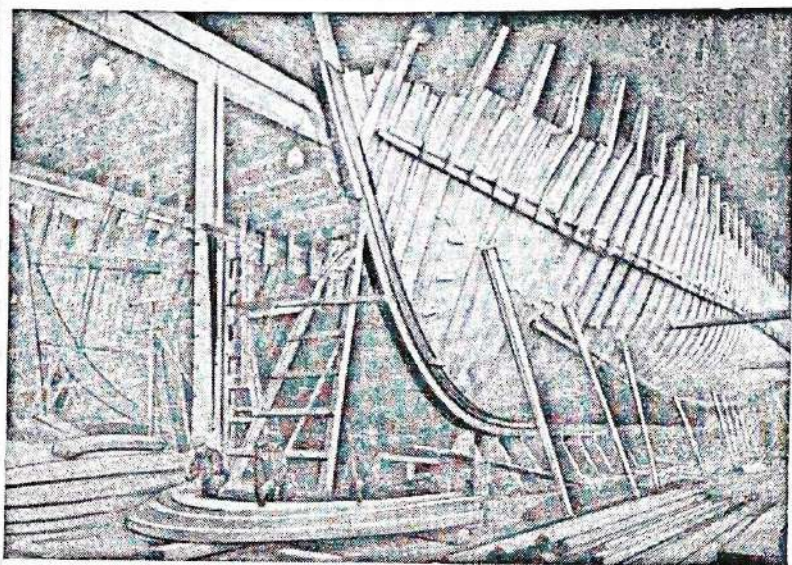


Рис. 198. Постройка судна (штевни, киль, кильсон, шпангоуты, бимсы и прочие детали — клееные).

Пережоги могут появиться при склеивании с подогревом. Пережогу подвергаются клей и даже древесина; они приобретают при этом излишнюю хрупкость.

Слабое сцепление склеиваемых поверхностей, сопровождающееся очень часто трещинами по клеевой пленке, может быть результатом склеивания деталей с выступившей из древесины смолой, с запыленными поверхностями или с поверхностями, на которые попали грязь, капли воды или масла. Поэтому перед склейкой чистоту поверхности следует контролировать: пыль удалять щетками, пятна грязи и масла смывать (протирать) ацетоном или бензином не менее чем за 10—15 мин. до начала склеивания. При склеивании бакелизированной фанеры с поверхности должна быть удалена бакелитовая пленка.

Применение неправильно приготовленного клея или клея из компонентов низкого качества неизбежно приводит к некачественному склеиванию деталей. До употребления составные части клея хранятся отдельно. Фенольно-формальдегидную смолу хранят в сухом, вентилируемом помещении, при температуре окружающего воздуха 5—20° С. Все компоненты, употребляемые для приготовления клея, должны иметь паспорт и технические условия. Компоненты, не имеющие паспорта, употреблять не следует. Клей готовится небольшими партиями,

которые нужно использовать в период жизнеспособности (т. е. в течение 3—4 час. при температуре воздуха до 20°С). Клей, начинающий густеть, нельзя разбавлять или добавлять в него свежий; такой клей следует вылить.

На рис. 194 изображены различные технологические этапы изготовления клееных мачт: справа — разметка перед торцовкой и обработкой, а слева — ручная обработка клееной мачты перед направлением ее на обточку на станке. На рис. 195 показана обточка клееных мачт на токарном станке.

На рис. 196 видно, как размечается перед обработкой килевой брус, склеенный по ширине и высоте из отдельных квадратных брусков малого сечения, а на рис. 197 показаны шпангоуты после склейки и выдержки.

Клееные детали и изделия должны храниться в стеллажах или в штабелях на прокладках. Кривые детали должны укладываться так, чтобы они не меняли форму под действием сил веса и упругости древесины. Сразу после изготовления и обработки клееные детали следует хранить в закрытых помещениях или под навесами, чтобы предохранить от резкого воздействия атмосферных условий. По тем же причинам постройку судна на стапеле лучше осуществлять в закрытом помещении (рис. 198).

Техника безопасности при работе с клеями

Основными клеями, применяющимися в морском деревянном судостроении, являются клеи марок ВИАМ Б-3 и КБ-3, в состав которых входит свободный фенол. Известно, что фенол вызывает отравление живых организмов, действуя особенно сильно на низшие организмы, вследствие чего его применяют в качестве дезинфицирующего вещества (в чистом виде или как технический продукт, известный под названием карболовой кислоты). Наряду с этим, некоторые препараты фенола (салол, салициловая кислота, аспирин, ксероформ и др.) применяют как лекарства, а следовательно, вредное влияние его на организм не следует преувеличивать. Воздействие фенола на людей различно: одни его почти не ощущают, другие очень восприимчивы (раздражение кожи и слизистых оболочек, краснота, сыпь и мелкие язвы на коже рук и лица, а от вдыхания паров — расстройство пищеварения, головные боли, потливость и общая слабость). Керосиновый контакт, входящий в состав клеев ВИАМ Б-3 и КБ-3, представляет собой кислый раствор, а потому следует избегать его соприкосновения с кожей рук, а также с одеждой. Ацетон вызывает обезжиривание кожи, в силу чего длительное соприкосновение с ним также не рекомендуется. Принятый внутрь ацетон может вызвать сильное отравление. При работах с ацетоном и спиртом нужно строго соблюдать правила пожарной безопасности.

Смоляные клеи других типов, хотя и принадлежат к фенольным, — менее вредны. При работе с белковыми клеями (также менее вредными), в частности с казеиновыми, необходимо иметь в виду, что, поскольку они содержат щелочные вещества, при соприкосновении с ними может произойти разъедание кожи и образование трещин. Рекомендуется смазывать чистые руки вазелином или другими нейтральными веществами, смягчающими кожу и предохраняющими ее от прилипания клеевых веществ.

К работам со смоляными клеями допускаются рабочие, прошедшие медицинский осмотр и инструктаж по технике безопасности и личной гигиене.

Для защиты от действия клеев и их составных частей рабочим выдаются комбинезоны из плотной ткани, фартуки из листовой резины или прорезиненной ткани, нарукавники, косынки на голову для женщин, очки для предохранения глаз от брызг клея, а также резиновые перчатки. По окончании работы спецодежду хранят в специальных шкафах, отдельно от личной одежды.

Ввиду изложенного на предприятиях, потребляющих большое количество клея, следует иметь самостоятельные клеезаготовительные мастерские, отделенные от других производственных помещений. Приточно-вытяжная вентиляция должна иметь отсосы для удаления паров вредных компонентов клея с мест приготовления и развески. Отсосы ставятся внизу, так как пары фенола и растворителей тяжелее воздуха и стекаются по земле. Вентиляция должна обеспечивать такой обмен воздуха, чтобы предельное содержание паров фенола не превышало 0,005 мг/л. Полы в помещениях, где готовят клей и склеивают детали, следует делать из материала, позволяющего производить мокрую уборку (например, из метлахских плиток).

Склеенные детали обрабатывают на станках, снабженных приемниками пыли и эксгаустерной установкой. Если в клей вводятся антисептики, то в зависимости от их рода должны соблюдаться специальные правила работы с этими веществами.

§ 16. НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВЕРФЯХ ДЕРЕВЯННОГО СУДОСТРОЕНИЯ

Состав цехов и их оборудование

Состав и оборудование цехов верфи находятся в прямой зависимости от типов и количества судов, выпускаемых в год, т. е. от производственной мощности предприятия.

В настоящее время принято делить цеха на две основные группы: производственные и вспомогательные. Деление это во многих случаях условно, и зависит от того, как составлен промфинплан предприятия. Поэтому, не прибегая к делению по экономическим признакам, ниже приведен примерный состав цехов верфи средней мощности в зависимости от непосредственного участия в технологическом процессе постройки судна.

К группе заготовительных цехов и участков могут быть отнесены: биржа круглого леса; лесопильный цех; биржа пиломатериалов; сушильное хозяйство; склады сухого леса; плаз; деревообделочный цех; группа цехов обработки металла; промежуточные склады.

К группе сборочных цехов и участков относятся: судокорпусный цех; монтажный цех; электроцех; участок караванного капитана.

Кроме того, на верфи должны быть материально-складское хозяйство, энергетическое хозяйство, транспортное хозяйство, ремонтный цех.

Группа заготовительных цехов и участков

Биржа круглого леса. Для верфи, занимающейся деревянным судостроением, лесоматериалы составляют более 80% всех грузов, необходимых для бесперебойной работы предприятия, и большинство верфей территориально располагается с таким расчетом, чтобы получать круг-

лый лес водным путем в плотях, так как этот способ доставки наиболее дешев. Кроме того, длительное пребывание леса в воде в процессе транспортировки полезно, так как способствует выщелачиванию вредных соков, ухудшающих последующую сушку и вызывающих грибковые заболевания.

При получении леса водным путем на акватории верфи обычно предусматривается защищенный бонами ковш для временного хранения поступающего круглого леса, и биржа располагается в непосредственной близости к ковшу.

Биржа предназначена для приемки, сортировки, хранения и выдачи в распиловку или в цех круглого леса и должна иметь следующее оборудование:

береговую бревнотаску для выкатки бревен из воды и транспортировки их в теплый бассейн лесозавода или к штабелям биржи;

двухбарабанные лебедки для штабелевки бревен;

простейшие подштабельники;

незамерзающий (теплый) бассейн для хранения задела бревен на одну смену работы лесозавода, сортировки их и оттаивания в зимнее время, а также для удобной подачи бревен на амбарную бревнотаску лесозавода. Вода бассейна в зимнее время подогревается теплом от поступающего конденсата паросиловых установок, паром, подаваемым в трубы, уложенные в бассейне, или перемешиванием слоев воды (перемешивание осуществляется сжатым воздухом, поступающим по трубопроводу из компрессорной).

Территория биржи должна быть сухой и достаточно просторной для хранения переходящего запаса древесины, рассортированной в штабели по диаметру, длине, породе и сорту, с соблюдением пожарных проездов. Территорию следует периодически очищать от коры и грязи, а подштабельники — антисептировать.

Лесопильный цех на верфи деревянного судостроения по своему оборудованию мало отличается от обычного лесозавода. При расстановке оборудования необходимо учитывать некоторые особенности заготовки пиломатериалов для нужд судостроения, а именно:

применение для постройки морских судов главным образом пиломатериалов отборного, I и II сортов, что приводит к большому количеству отбракованных бревен, поступающих в распиловку, и выпиленных из них пиломатериалов;

большую длину бревен, идущих в распиловку (до 14 м);

большое количество широкого необрезного бруса (двухкантного), необходимого для заготовки криволинейных деталей корпуса;

большой ассортимент пиломатериалов;

необходимость транспортировки тяжелых брусьев больших сечений как в процессе распиловки, так и для доставки на склад (биржу) пиломатериалов.

Оборудование лесопильного цеха для верфи средней мощности должно состоять из амбарной бревнотаски с бревнобрасывателями; двух-трех широкопросветных лесопильных рам (две рамы должны быть установлены в эшелонном порядке); двухпильного обрезного станка; циркульной пилы для обрезки кромок; маятниковых пил для торцовки досок и горбылей; роликовых шин для параллельной передачи брусьев от рамы к раме и на выход к рольгангам; рольганговых линий для транспортировки пиломатериалов как в процессе пилки леса, так и на биржу; скребковых транспортеров для удаления опилок от лесорам, и других

станков; дробильного станка для переработки мелких отходов (чтобы облегчить в последующем транспортировку их к топкам котельной).

Учитывая большую отбраковку пиломатериалов, экономически целесообразно оборудовать лесозавод специализированными станками для переработки забракованных пиломатериалов в другую продукцию (например, в заготовки для ящичного производства, dranku и т. д.).

Биржа пиломатериалов. При хорошей постановке дела лесопильный цех должен работать со значительным опережением, чтобы создать на бирже запас пиломатериалов в полном ассортименте, требующемся для производства. В этом случае, если пиломатериалы хранятся в штабелях на прокладках и с разрывами, они подвергаются естественной сушке, что особенно важно для брусьев больших сечений, искусственная сушка которых практически невозможна.

Территорию биржи следует выбирать на сухом месте, а подштабельники должны быть так выполнены, чтобы хранящийся в штабелях пиломатериал возвышался над уровнем земли до 0,5 м.

Учитывая большой ассортимент пиломатериалов, требующихся для судостроения, площадь биржи должна быть достаточно большой для размещения на ней штабелей с запасами пиломатериалов, как проходящих естественную сушку, так и расходных — для нужд текущего производства. Кроме того, на бирже должны быть размещены штабели для выбракованного пиломатериала.

Наиболее простым и достаточно удобным транспортом, обслуживающим биржу пиломатериалов, являются тележки, передвигающиеся по узкоколейным путям с развитой системой поворотных кругов и стрелок.

Сушильное хозяйство. Для искусственной сушки пиломатериалов на верфях чаще всего используются паровые камерные сушилки. Каждая камера обслуживается двумя комплектами тележек и общим трансбордером: пока на одном комплекте тележек пиломатериал сушится в камере, другой комплект загружается на бирже следующей партией.

Склад сухого леса. Для хранения пиломатериалов, прошедших искусственную сушку и не идущих сразу в производство, верфи оборудуются складами сухого леса. Склады размещают в крытых неотапливаемых зданиях, связанных узкоколейными путями с сушилами и деревообделочным цехом.

Плаз. Собственно плаз представляет собой гладкий, крашенный светлой краской пол, на котором производится вычерчивание (разбивка) в натуральную величину теоретического чертежа корпуса судна в трех проекциях. Кроме того, в помещении, где размещен плаз, выделяется участок для изготовления всевозможных шаблонов, необходимых при заготовке деталей корпуса судна. Помещение плаза должно иметь хорошее естественное освещение и отапливаться. Обычно плаз располагают на верхнем этаже здания одного из цехов. Плаз оборудуется ленточнопильным станком легкого типа и циркульной пилой, используемыми при изготовлении шаблонов.

Деревообделочный цех. Основными работами, выполняемыми в этом цехе, являются острожка большинства пиломатериалов, идущих на постройку судна; изготовление деталей корпуса, поддающихся обработке на станках; заготовка и сборка столярных деталей и изделий.

В соответствии с назначением цех оборудуется четырехсторонним строгальным станком; двухсторонним рейсмусным станком с широким просветом; ленточнопильными станками тяжелого и легкого типов с наклоняющимся столом; фуговочными станками; универсаль-

ной торцовой пилой с диском, поворачивающимся в разных плоскостях; фрезерным станком для столярного участка; долбежным станком; циркульной пилой для продольной распиловки в столярном участке цеха; нагельным станком; установкой для отсоса опилок и стружки от станков.

Расположение станков в цехе должно быть подчинено трем основным потокам обработки деталей:

1-й поток — детали корпуса, проходящие только острожку (в том числе фигурную) на четырехстороннем строгальном станке;

2-й поток — детали корпуса, проходящие двустороннюю острожку, разметку, лекальную распиловку на ленточнопильном станке, фуговку;

3-й поток — столярные детали и изделия. Пиломатериал для этих деталей проходит острожку на четырехстороннем строгальном станке, а затем, после разметки, обрабатывается на различных станках (фрезерном, долбежном, фуговочном, торцовой пиле и пр.) столярного участка по индивидуальным маршрутам.

Группа цехов обработки металла. В зависимости от мощности верфи и степени кооперирования с другими предприятиями в эту группу входят литейный, кузнечный и котельно-сварочный цеха, а также механический цех с участками трубопроводно-медницким и гальванических покрытий. Оборудование их мало зависит от специфики деревянного судостроения и является обычным для цехов этого профиля. Исключение составляет кузнечный цех, в котором должно быть предусмотрено специальное оборудование для изготовления крепежных изделий механизированным способом. В морском деревянном судостроении крепежные изделия (корабельные болты и гвозди, гайки, шайбы и глухари) расходуются в очень большом количестве и часто являются узким местом на верфи. Поэтому для крупных верфей может оказаться целесообразной организация специального цеха или участка, в котором должны изготавливаться все крепежные изделия и производиться их оцинковка. Такой цех должен быть оборудован правильными вальцами для выпрямления катанки перед рубкой на заготовки; эксцентриковыми прессами для рубки круглой стали на заготовки для болтов и гвоздей; горизонтально-ковочной машиной для высадки головок болтов и крупных гвоздей; пневматической машинкой с бойком для высадки головок мелких гвоздей и болтов диаметром до 12 мм; эксцентриковым или фрикционным прессом для штамповки гаек и круглых шайб; молотами для заострения концов гвоздей; болтонарезными и гайконарезными станками.

Промежуточные склады. На некоторых верфях промежуточным складам уделяют недостаточно внимания, между тем при серийной постройке судов эти склады являются важным звеном производственного цикла и служат участком комплектации, где всегда должен находиться минимальный задел изделий, требующихся для сборочных цехов.

Все детали и изделия, поставляемые заготовительными цехами, можно разбить на 5 характерных групп:

1-я группа — детали корпуса судна и полуфабрикаты, поступающие из деревообделочного цеха;

2-я группа — столярные детали и изделия;

3-я группа — крепежные изделия;

4-я группа — детали и изделия для насыщения корпуса судна (механизмы, трубопроводы, оборудование и т. п.);

5-я группа — предметы судового снабжения, в том числе комплектующие за счет поставок из материального склада (покупные).

Детали первой группы объемны, тяжелы, неудобны для транспортировки и занимают много складской площади, но склад для них может быть зданием легкого типа, защищающим лишь от дождя и снежных заносов. Для деталей второй группы склад может быть небольшим, но здание должно отапливаться. Для деталей и изделий остальных групп склад должен быть оборудован специальными ячейками и стеллажами, удобными для приемки, хранения и выдачи деталей и изделий.

Для верфей, расположенных в местностях, отрезанных в зимнее время от баз снабжения, необходимо предусматривать большие оборудованные складские помещения, в которых будут храниться запасы материалов и оборудования в достаточном для бесперебойной работы количестве.

Группа сборочных цехов и участков

Судокорпусный цех на верфях деревянного судостроения является основным по объему выполняемых работ. Цех выполняет все судоплотничьи, болтовые, конопатные, осмолочные, малярные, парусно-такелажные и изоляционные работы, проводит спуск судов на воду, участвует в достройке и испытаниях судовых устройств, а также сдаче судна со снабжением.

В распоряжении цеха находятся стапели и эллинги, оборудованные грузоподъемными средствами и силовой сетью для подключения различного электрического и пневматического инструмента, судоспускные и судоподъемные устройства, шлюпочная, парусная и такелажная мастерские.

Некоторые работы, связанные с постройкой деревянного судна, должны выполняться в теплый и навигационный периоды времени. Так, конопатные и малярные работы и испытание корпуса на водонепроницаемость могут быть качественно выполнены только при положительной температуре, последующие достроечно-монтажные работы, а также испытания и сдача самоходного судна должны проводиться с открытием навигации. Поскольку технологический процесс постройки судна связан с выполнением работ в определенной последовательности, сезонность отдельных работ нарушает ритмичную работу верфи.

Если верфь расположена в местности, где суровая и длительная зима и короткий навигационный период, в генеральном плане верфи обязательно следует предусмотреть теплый (отапливаемый) эллинг для испытания корпуса на водонепроницаемость и достроечно-монтажных работ. Это позволит более или менее ритмично работать в течение года и к открытию навигации подготовить суда к сдаче.

При постройке судов клееной конструкции все работы по склеиванию должны производиться в закрытом помещении, с температурой и влажностью воздуха, наиболее благоприятными для склеивания.

На предприятиях, где потребляется большое количество клея, устраивается отдельная клеезаготовительная мастерская, изолированная от других помещений. Клеевая мастерская должна иметь достаточное освещение, водопровод с подачей холодной и горячей воды, канализацию и приточно-вытяжную вентиляцию. Обычно клеевая мастерская снабжается следующим оборудованием: клеемешалкой, привод и емкость бака которой должны обеспечить приготовление клея на 20—30 мин. работы; чашечными весами с разновесами от 10 до 20 кг; мерной посудой различной емкости для приготовления и розлива клея; специальными бачками для непродолжительного хранения готового клея; сушильным

электрошкафом для нагрева стеклянной и металлической посуды до 70—80° С при удалении из нее клея; вискозиметром для определения вязкости клея; секундомерами и контрольными часами для определения вязкости и контроля за временем приготовления и использования клея; термометрами для определения температуры клея и воды.

Посуда для дозирования, приготовления, хранения и раздачи клея должна быть из стекла, фарфора, фаянса, эмалированного или луженого железа, дюралюминия и других материалов, не поддающихся действию клея и его составных частей.

Очень важно, чтобы в помещении, где хранятся и склеиваются детали, поддерживались необходимые температура и относительная влажность воздуха.

Монтажный цех проводит следующие работы: монтаж линии вала и главного двигателя, трубопроводов и систем, вспомогательных механизмов, устройств и различного насыщения. В объем работ цеха входят также испытание всего смонтированного на судне оборудования, швартовные и ходовые испытания. При цехе должны быть слесарная мастерская с обычным оборудованием, трубопроводный и сварочный участки.

Трубопроводный участок должен быть оборудован пневматической резцовой головкой для отрезки труб; приводным или гидравлическим станком для гнутья труб в холодную; горнами для гнутья труб горячим способом, с устройством для набивки труб песком; полуавтоматом для приварки фланцев к трубам.

Электроцех. В объем работы электроцеха входят монтаж силовой и осветительной сетей на судне со всем электрооборудованием, монтаж радиостанции и электронavigационного оборудования (например, эхолотов, радиопеленгаторов, гирокомпасов, радиолокаторов и др.).

Участок караванного капитана. При строительстве большой серии самоходных судов на верфи целесообразна организация участка караванного капитана. В задачи участка входят охрана и обеспечение безопасной стоянки судов на акватории, перешвартовка их при достроечно-монтажных работах, судовождение при ходовых испытаниях, передача судового снабжения заказчику.

Технологическая документация

При организации крупносерийной постройки деревянных судов судовой верфи неизбежно сталкиваются с необходимостью иметь какой-то минимум технологической документации, позволяющей повысить степень организации производства и улучшить методы внутризаводского планирования и учета. К сожалению, до настоящего времени типовые установившиеся формы такой документации отсутствуют, и она создается по собственному усмотрению, без обмена опытом. Верфи, где вовсе не разрабатывают такую документацию и не оценивают ее роль и значение в организации производства, проигрывают на сроках выпуска судов и их себестоимости.

Технологическая документация, применяемая обычно на верфях деревянного судостроения, обстоятельно отвечает на вопросы «что, когда, кому и сколько делать», и почти не освещает вопрос «как делать», в предположении, что это ясно из рабочего чертежа. Однако это не исключает составления пооперационных технологических карт на особенно трудные узлы.

В технологическую документацию входят следующие основные документы.

Построечно-монтажный график, являющийся генеральным графиком постройки и представляющий подробный перечень стапельных работ по постройке и монтажу судна в технологической последовательности.

График составляется по рабочим чертежам, корректируется по головному судну и, как технологический процесс постройки, является основанием для планирования производства в цехах.

Стапельная карта-заказ, служащая для уточнения объема работ по каждому узлу построечно-монтажного графика и для подготовки цеховым мастером и плановиком рабочего места. В карте указывается также трудоемкость работ по изготовлению узла. Карты составляются раздельно для каждого цеха-исполнителя, в порядке номеров узлов построечно-монтажного графика.

Заготовительная карта-заказ, составляющаяся на все детали и изделия (кроме крепежных), изготавливаемые заблаговременно цехами по чертежам или плазовым шаблонам на склад комплектации. Детали, заготавливаемые в процессе постройки и монтажа по месту, в эти карты не заносятся, и материал для их изготовления учитывается по стапельным картам-заказам. Карты заполняются в порядке номеров узлов построечно-монтажного графика.

Для столярных и корпусных цехов, также ведущих предварительную заготовку секций корпуса и различных изделий (шпангоуты, транцы, щиты рубок, люки, мебель, предметы судового снабжения и пр.), не требующих поддетальной технологии, карты-заказы заполняются на бланках стапельных карт-заказов, с заменой в наименовании слова «стапельная» на «заготовительная».

Ведомость заказа лесоматериала, составляющаяся в порядке групповой разбивки. В нее заносится весь лесоматериал, необходимый для постройки судна, а итоги служат нормой расхода для соответствующего цеха. Ведомость одновременно является заказом для распиловки на лесозаводе.

Ведомость заказа крепежных изделий, составляющаяся выборкой из всех стапельных и заготовительных карт-заказов по группам цехов. В ведомость включаются все крепежные изделия как собственного изготовления, так и покупные.

Сводная ведомость заказа материалов и оборудования, являющаяся сводной выборкой материалов, оборудования и покупных предметов судового снабжения, необходимых для постройки и монтажа судна, для окончательной сдачи заказчику. Ведомость составляется выборкой из всех заготовительных и сборочных карт-заказов, а также ведомостей лесоматериалов, крепежных изделий, окрасочной и литья; при этом пиломатериалы переводятся в круглый лес, крепежные изделия собственного изготовления — в соответствующий прокат, а литье — в исходные шихтовые материалы.

Поскольку сводная ведомость является исходным документом для составления годовых заявок по материалам на основное производство, порядок группирования в ней материалов согласовывается с отделом снабжения. В отдельных случаях материалы и оборудование по электро- и радиочастям целесообразно заказывать в отдельных ведомостях, что должно быть оговорено соответствующим примечанием к сводной ведомости. Весь материал должен заказываться по действующим ГОСТ и ТУ, а измерители должны соответствовать преискурантным.

Так как сводная ведомость одновременно является и нормой расхода, она составляется в разрезе цехов-получателей и служит лимитом для отпуска материалов на основное производство.

Прочие ведомости и документация. Рассмотренные выше график, карты и ведомости составляют тот минимальный объем технологической документации, который позволяет обеспечить достаточно высокую степень организации производства при постройке деревянных судов по точно-позиционному методу. Дальнейшее развитие этой документации может быть осуществлено в направлении составления заготовительных карт на станочную обработку основных деталей набора корпуса, а также составления комплектационных ведомостей по позициям постройки, ведомостей поковок и обычных операционных технологических карт на изготовление особенно сложных деталей.

В заключение следует отметить, что технологическая документация, даже в рассмотренном объеме, очень трудоемка, и затраты на ее разработку могут оправдаться только при серийной постройке.

ГЛАВА V

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ МОРСКИХ ДЕРЕВЯННЫХ СУДОВ

§ 17. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Единственным методом определения прочных размеров корпуса деревянных судов долгое время был метод сравнения проектируемого судна с судами, оправдавшими себя в эксплуатации. Естественно, что такой метод не является прогрессивным, потому что при этом, как правило, повторяются имеющиеся у прототипа конструктивные недостатки и проанализировать работу конструкции, чтобы выбрать оптимальные размеры отдельных связей, обеспечивающих корпусу необходимую прочность, не представляется возможным.

Основным методом проектирования корпусных конструкций до настоящего времени является конструирование на основании правил классификационных обществ. В некоторых случаях такой подход приводит к излишнему расходу материала и исключает учет особенностей проектируемого судна, а также рационализацию его конструкции.

За последние годы наметился уверенный переход к расчетному конструированию, что нашло отражение в ряде специальных работ, посвященных этому вопросу, а также в современных изданиях правил классификационных обществ.

Наиболее прогрессивными являются Правила Регистра СССР, в которых в наибольшей степени, по сравнению с зарубежными, применены методы расчетного проектирования при определении прочных размеров деталей корпуса судна. Это, однако, относится главным образом к правилам постройки стальных судов и не распространяется пока на правила постройки морских деревянных судов.

Одной из задач проектирования новых судов является создание корпуса, который при наименьшем весе и возможной простоте конструкции обладал бы достаточной прочностью, отвечающей всем условиям плавания судна. Наиболее правильным решением этой задачи следует признать непосредственный расчет прочности судна, основанный на положениях строительной механики корабля. При определении деталей корпуса расчетным путем для конструктора открываются более широкие возможности рационального использования материала и проявления инициативы. Начиная с 30-х годов, в Советском Союзе сделан ряд попыток дать более или менее обоснованные расчетные методы определения прочных размеров корпуса деревянных судов, представляющего сложную совокупность отдельных связей, совместная работа которых достигается различными способами их соединения.

Клееные швы, при условии их качественного исполнения, равнопрочны с основным материалом и клеенная деревянная конструкция ведет себя так, как если бы была выполнена из одного куска дерева.

Указания о проектировании клееных соединений и методах их расчета приведены в гл. II. Осуществить соединение на нагельных средствах крепления, равнопрочное основному материалу (доска, брус), практически не представляется возможным, поэтому расчет прочности деревянной конструкции на нагельных соединениях сводится к расчету прочности этих соединений. Ниже приводится описание некоторых методов расчета общей прочности деревянных судов, нашедших применение в практике проектных организаций.

§ 18. РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ПО ДОПУСКАЕМЫМ НАПРЯЖЕНИЯМ

(метод П. О. Зандина)

1. Схема расчета. Работа П. О. Зандина, выполненная в 1930 г., учитывает специфику расчета прочности деревянного судна, причем внешние нагрузки определяются теми же способами, что и для металлического судна, т. е. строятся эпюры нагрузок, изгибающих моментов и срезающих сил, а при расчете изгибающих моментов рекомендуется учитывать прогиб судна, так как ввиду малой жесткости деревянного корпуса прогиб будет существенно влиять на величину максимального изгибающего момента. Это соображение относится главным образом к речным баржевым судам, имеющим большую длину и малую высоту борта, и значительно меньше к морским судам, обладающим большей жесткостью корпуса.

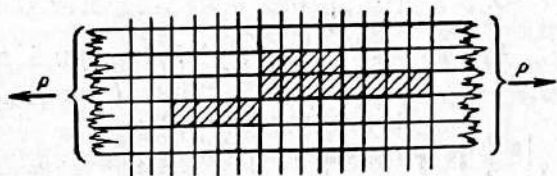


Рис. 199. Схема раздергивания пакета связей.

Сущность расчета по Зандину сводится к замене немонолитной конструкции эквивалентного бруса монолитной, путем введения в расчет соответствующих редуционных коэффициентов. Это необходимо вследствие ограниченных размеров отдельных штук брусьев, составляющих корпус судна, так как приходится допускать стыки по их длине; кроме того, как уже указывалось, существующие способы крепления отдельных штук между собой несовершенны и неэквивалентны прочности целой древесины.

Рассмотрим сложную деревянную конструкцию, находящуюся под действием растягивающих усилий (рис. 199). При достаточно большой величине растягивающего усилия, вследствие слабости креплений, произойдет разрушение конструкции. При разрушении будет преодолеваться сумма усилий закрепления более слабых (более коротких, заштрихованных на рисунке) концов досок. Следовательно, определение усилия, допускаемого на данную конструкцию, сведется к определению суммарного усилия, допускаемого на крепежные детали, расположенные на заштрихованной части.

Если P_i — усилие, удерживающее наиболее слабо закрепленную часть доски (бруса), то площадь эквивалентной монолитной связи

$$f_m = \frac{P_i}{[\sigma]}, \quad (7)$$

где $[\sigma]$ — допускаемое напряжение для дерева.

Для нескольких связей площадь эквивалентной монолитной связи определится в случае растяжения формулой

$$F_m = \frac{k \sum P_i}{[\sigma_p]} = \frac{k}{[\sigma_p]} \sum k_i n_i T_i, \quad (8)$$

в случае сжатия формулой

$$F'_m = \frac{k}{[\sigma_{сж}]} \sum k_i n_i T'_i + F_m. \quad (9)$$

В этих формулах:

k — коэффициент, учитывающий неодновременность работы разнородных соединений, принимаемый обычно равным 0,8;

T_i — допускаемое усилие на единицу крепления;

T'_i — допускаемое усилие на единицу смятия торца;

n_i — количество работающих креплений данного типа, в том числе и торцов;

k_i — коэффициент, учитывающий неодновременность работы креплений данного типа (для нагельных соединений принимается обычно равным 1,0);

$[\sigma_p]$ — допускаемое для дерева напряжение на растяжение;

$[\sigma_{сж}]$ — допускаемое для дерева напряжение на сжатие.

Редукционный коэффициент r для каждой связи определится как отношение площади эквивалентной монолитной связи f_m к фактической площади поперечного сечения f_i :

$$r = \frac{f_m}{f_i} = \frac{P_i}{f_i [\sigma]}. \quad (10)$$

При подсчете эквивалентного бруса учитывается не вся площадь сечения продольных связей, а лишь часть ее, определяемая редукционным коэффициентом, и потому

$$f_m = r f_i. \quad (11)$$

Редукционный коэффициент характеризует степень совершенства конструкции и степень использования материала в ней, а также показывает, насколько удачно спроектировано соединение отдельных штук досок (брусев). Последующий расчет эквивалентного бруса, составленного из редуцированных связей, выполняется обычным путем — путем вычисления напряжения по формуле

$$\sigma = \frac{My}{I}, \quad (12)$$

где M — изгибающий момент, действующий в рассматриваемом сечении судна;

I — момент инерции рассматриваемого сечения эквивалентного бруса;

y — отстояние сечения рассматриваемой связи от нейтральной оси.

Следовательно, схема расчета по методу П. О. Зандина такова:

а) определяются методом статической постановки на волну изгибающие моменты, действующие на судно на вершине и подошве волны;

б) устанавливается система допускаемых напряжений с учетом определенных условий работы дерева;

в) определяются допускаемые усилия для отдельных связей корпуса судна, причем нет необходимости проделявать это для каждой штуки дерева в отдельности. Обычно представляется возможным расчленить конструкцию на группы связей, одинаково устроенных в отношении расположения стыков и характера креплений, и уже для этих групп производить расчет допускаемых усилий и редуцированных коэффициентов;

г) производится расчет эквивалентного бруса, составленного из редуцированных связей. По формуле (12) определяют нормальные напряжения и сравнивают их с допускаемыми. Условие достаточной прочности выразится формулой

$$\sigma \leq [\sigma]. \quad (13)$$

2. Допускаемые напряжения и допускаемые усилия. При расчете по методу П. О. Зандина ранее пользовались допускаемыми напряжениями и допускаемыми усилиями на крепежные детали в соответствии с ОСТ 90001—38. В настоящее время вместо ОСТ 90001—38 действуют «Нормы и технические условия проектирования деревянных конструкций» (Н и ТУ 122—55), изданные в 1955 г. Государственным Комитетом Совета Министров СССР по делам строительства.

Расчетные формулы и нормативы по ОСТ 90001—38, определяющие допускаемые усилия для различных крепежных средств, выведены из условий прочности и не учитывают величины деформаций соединений.¹ Поэтому П. О. Зандин предложил ввести в расчет учет деформаций конструкции, ограничив, по условиям водонепроницаемости, раскрытие каждого стыка обшивки величиной 1,5 мм.

В результате модельных испытаний были получены расчетные формулы,² в которых допускаемое усилие на один срез нагеля выражено в зависимости от деформации соединения, а именно:

для соединения на деревянных нагелях

$$T = [39 + (\Delta - 0,5) 35] d^2; \quad (14)$$

для гвоздевого соединения

$$T = (\Delta + 0,5) 344 d^2; \quad (15)$$

для болтового соединения при действии усилия поперек волокон

$$T = [319 + (\Delta - 0,5) 187] d^2. \quad (16)$$

При действии усилия вдоль волокон величина T может быть увеличена на 20—25%. В приведенных формулах:

T — допускаемое усилие на одно крепление, кг;

d — диаметр крепежа, см;

Δ — допускаемое смещение (деформация), мм, которое рекомендуется принимать равным 0,5—0,7 мм.

Достоверность приведенных формул вызывает, однако, сомнения, так как они базируются на отдельных разрозненных испытаниях ЦНИИВТ.

¹ Н и ТУ 122—55 также не учитывают величины деформаций соединений.

² Эти формулы были выведены Г. В. Ефремовым.

3. Некоторые замечания. Основным недостатком метода П. О. Зандина следует признать то обстоятельство, что деформации отдельных связей эквивалентного бруса не соответствуют действующим усилиям, предположенным при исчислении редуционных коэффициентов. В действительности усилия, развиваемые отдельными связями, зависят не только от вида и количества креплений, но и от величины деформации, которую данная связь получает в составе эквивалентного бруса.

Как это было показано А. С. Соколовой, приведение эквивалентного бруса к монолитному по прочности не равнозначно с приведением по жесткости, поэтому несомненного интереса заслуживает ее рекомендация об уточнении метода расчета эквивалентного бруса путем вычисления редуционных коэффициентов по формуле

$$r = \frac{E}{10^5}, \quad (17)$$

где E — модуль упругости редуцируемой связи;

10^5 — модуль упругости воздушно-сухой сосны при растяжении вдоль волокон, кг/см^2 .

Модуль упругости редуцируемой связи, в свою очередь, определяется по зависимости

$$E = E_d \frac{1}{1 + \frac{\delta}{\Delta l}}, \quad (18)$$

где E_d — модуль упругости древесины связи;

δ — половина расхождения стыка при растяжении связи или местного обмятия при сжатии;

Δl — абсолютное удлинение половины длины связи, для которого определено δ , при усилии в брус, соответствующем величине δ .

Естественно, что эквивалентный брус, составленный с применением редуционных коэффициентов, исчисленных по методу А. С. Соколовой, можно рассматривать с точки зрения жесткости как однородную балку из цельной воздушно-сухой древесины.

Перечисленные недостатки показывают, что по ряду положений метод П. О. Зандина нельзя считать достаточно обоснованным, так как фактические условия работы связей в составе эквивалентного бруса отличаются от предусмотренных расчетной схемой: не соблюдена принятая гипотеза плоских сечений, что в какой-то мере искажает оценку участия отдельных связей в общем изгибе судна, вызывают сомнение и формулы для определения допускаемых усилий из условия водонепроницаемости для различных видов нагельных креплений. В то же время формулы по ОСТ 90001—38, являющиеся нормативами для промышленного и гражданского строительства и оправданные практикой эксплуатации наземных сооружений, не учитывают пределов возможных деформаций по условиям водонепроницаемости.

Несмотря на сказанное, проектными организациями были выполнены по этому методу расчеты прочности многих деревянных судов, в последующем проверенных в эксплуатации, а потому указанная схема расчета и теперь еще находит применение.

§ 19. РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ

(метод П. Н. Матвеева)

1. Схема расчета. Попытки дальнейшего развития методологии расчета прочности деревянных судов были сделаны П. Н. Матвеевым. В методологии П. Н. Матвеева заложено применение принципа расчета по предельным состояниям. Основным критерием прочности является выполнение условия, чтобы наибольшая возможная нагрузка (предельная возможная нагрузка), называемая «расчетной нагрузкой», не превосходила величины «несущей способности» конструкции в ее предельном состоянии, т. е. состоянии, при котором дальнейшая нормальная эксплуатация конструкции становится невозможной.

Предельное состояние конструкции корпуса деревянного судна определяется двумя условиями:

условием достаточной прочности конструкции и
условием сохранения водонепроницаемости корпуса, что обеспечивается введением допускаемых относительных перемещений (деформаций) связей.

В рассматриваемом методе расчета по предельным состояниям при расчете общей прочности корпуса судна П. Н. Матвеевым были предположены следующие условия работы конструкции:

1) элементы сечения корпуса, несущие нагрузку, подчиняются закону плоских сечений;

2) усилия в связях, составных по длине и входящих в состав сечения, передаются только путем крепежных нагельных (податливых) средств;

3) деформация основной массы древесины связей считается пренебрежимо малой по сравнению с деформациями в местах сопряжения составных по длине связей;

4) момент внутренних сил в сечении судна получается суммированием моментов усилий относительно нейтральной оси, выдерживаемых связями при условии соблюдения по высоте сечения линейного закона распределения деформаций;

5) деформация сжатых элементов, происходящая за счет обжатия стыков, пренебрежимо мала в сравнении с деформацией растянутых элементов, происходящей за счет податливости нагельных соединений; это позволяет считать нейтральную ось проходящей через верхнюю расчетную палубу в случае прогиба судна и через днище — в случае перегиба судна.

Предельное состояние конструкции корпуса деревянного судна будет достигнуто, когда одна из связей этой конструкции будет находиться в предельном положении, определенном указанными выше условиями: условием достаточной прочности и условием сохранения водонепроницаемости в местах стыкования отдельных штук брусев. Следовательно, для определения несущей способности конструкции в целом необходимо определить несущие способности и соответствующие им относительные перемещения отдельных связей, входящих в состав корпуса судна. Так как прочность всех деревянных конструкций, за исключением клееных, определяется прочностью креплений, то несущая способность связи определяется несущей способностью входящих в нее соединений.

Подобно тому как предельное состояние всей конструкции определяется достижением предельного состояния какой-либо одной связи, входящей в состав конструкции, предельное состояние самой связи

определяется прочностью входящих в ее состав соединений и считается достигнутым, если деформация, вызванная усилием, приложенным к связи, вызывает в каком-либо одном соединении (крепежной детали) напряжения, равные допускаемым.

В этом случае величина полной несущей способности связи выражается как сумма усилий всех видов креплений связи, вызываемых наименьшей деформацией, приводящей какой-либо вид крепления в предельное состояние, т. е.

$$P = T_1 + T_2 \frac{\Delta_1}{\Delta_2} + T_3 \frac{\Delta_1}{\Delta_3} + \dots + T_n \frac{\Delta_1}{\Delta_n}, \quad (19)$$

где P — несущая способность связи;
 $T_1, T_2, \dots, T_n$ — несущая способность для каждого вида крепежных средств;
 $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ — деформации, соответствующие этим несущим способностям;

при этом считается, что $\Delta_1 < \Delta_2 < \Delta_3 < \dots < \Delta_n$.

Формула (19) позволяет вычислить несущие способности для всех групп связей, входящих в состав эквивалентного бруса (рис. 200).

Изображенные на рис. 200 несущие способности и лимитирующие деформации связей определены без учета их совместной работы. Для определения несущей способности конструкции корпуса необходимо подчинить деформации отдельных связей следующим условиям:

а) условию совместной работы всех связей корпуса, что соответствует соблюдению по высоте сечения линейного закона распределения деформации x_i ;

б) условию сохранения прочности конструкции, для чего необходимо, чтобы деформации связей x_i по своей величине не превосходили деформаций Δ_i , соответствующих несущим способностям P_i ;

в) условию сохранения водонепроницаемости обшивки, для чего необходимо, чтобы деформации связей x_i по своей величине не превосходили некоторой допускаемой величины $\Delta_{\text{вод}}$, обусловленной максимальной допустимой величиной раскрытия стыка;

г) условию достижения конструкцией ее предельного состояния, для чего необходимо, чтобы деформация одной из связей корпуса была равна предельно допустимой с точки зрения прочности связи или ее водонепроницаемости.

На рис. 200 деформации x_i определены для случая перегиба судна, когда палуба растянута, а днище сжато. Принимая во внимание допущение о том, что деформации растянутых связей велики по сравнению с деформациями сжатия, и считая поэтому деформацию сжатых связей (днища) равной нулю, определяем деформации отдельных связей x_i построением прямой с таким расчетом, чтобы

$$x_i \leq \Delta_i \text{ и } x_i \leq \Delta_{\text{вод}}.$$

В нашем случае, очевидно, предельное состояние конструкции определяется условием прочности верхней связи.

Деформации x_i , определенные с учетом вышеприведенных условий, позволяют вычислить действующие усилия в связях при предельном

состоянии конструкции корпуса судна. Усилия, действующие в любой связи при предельном состоянии конструкции, определяются как

$$P_{\text{пр } i} = P_i \frac{x_i}{\Delta_i}. \quad (20)$$

Несущий момент внутренних сил выразится формулой

$$M = \sum P_{\text{пр } i} \cdot y_i = \sum P_i \frac{x_i}{\Delta_i} y_i. \quad (21)$$

где y_i — отстояние i -й связи от нейтральной оси.

Прочность конструкции считается достаточной, если несущий момент внутренних сил будет превышать момент внешних нагрузок.

Кроме того, связи, работающие на сжатие, должны быть в состоянии уравновесить общее усилие растяжения, т. е. напряжение в сжатых связях должно быть

$$\sigma = \frac{\sum P_i \frac{x_i}{\Delta_i}}{F_{\text{сж}}} \leq [\sigma_{\text{сж}}], \quad (22)$$

где $F_{\text{сж}}$ — площадь сжатых связей.

Таким образом, схема расчета по методу П. Н. Матвеева следующая:

а) определяется изгибающий момент от внешних нагрузок;

б) определяются несущие способности и соответствующие им деформации связей корпуса судна;

в) определяются деформации связей, соответствующие предельному состоянию конструкции корпуса судна при условии совместной работы связей;

г) определяются усилия, действующие в связях при предельном состоянии конструкции, и вычисляется несущий момент внутренних сил.

Корпус судна считается достаточно прочным, если вычисленный несущий момент будет больше момента от внешних нагрузок.

2. Несущая способность нагельных креплений и их деформации. Несущая способность и относительные перемещения для различных связей корпуса определяются с учетом действующих нагрузок, которые по характеру действия подразделяются на кратковременные и длительные. Применительно к расчету общей прочности морских деревянных судов кратковременными нагрузками будут нагрузки при спуске судов на воду или подъеме. Изгибающие моменты и перерезывающие силы, возникающие в корпусе судна при волнении, следует отнести к длительным нагрузкам.

В табл. 24—28 приведены значения несущих способностей и относительных перемещений, вычисленных применительно к различным типам

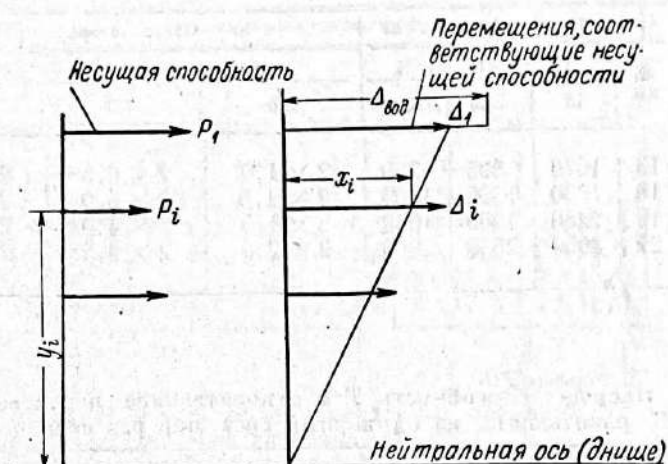


Рис. 200. Несущие способности связей в составе эквивалентного бруса.

Таблица 24

Несущая способность T и относительное перемещение f болтовых соединений, работающих на одинарный срез вдоль волокон

Схема работы и направление волокон								
Несущая способность T , кг				Относительное перемещение $f = 2f_0$, мм				
d , мм	Влажность W , %			l/d				
	15	22,5	30	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0
13	1070	895	720	$2 \times 1,0$	$2 \times 2,5$	$2 \times 4,5$	$2 \times 7,0$	$2 \times 10,5$
16	1630	1365	1100	$2 \times 1,5$	$2 \times 3,0$	$2 \times 5,5$	$2 \times 9,0$	$2 \times 13,0$
19	2280	1905	1530	$2 \times 1,5$	$2 \times 4,0$	$2 \times 7,0$	$2 \times 10,5$	$2 \times 15,0$
22	3050	2550	2050	$2 \times 2,0$	$2 \times 4,5$	$2 \times 8,0$	$2 \times 12,0$	$2 \times 17,5$

Таблица 25

Несущая способность T и относительное перемещение f болтовых соединений, работающих на одинарный срез поперек волокон в радиальном направлении

Схема работы
и направление волокон

Несущая способность T , кг

Влажность W , %

15

22,5

30

l/d

Относительное перемещение $f = 2f_0$, мм

l/d

d , мм

5

10

5

10

5

10

2,5

5,0

7,5

10,0

12,5

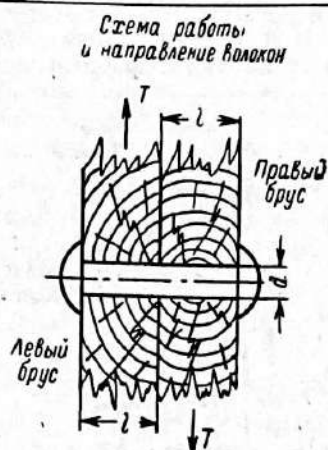
15,0

13	640	600	530	487	420	375
16	950	910	795	742	640	575
19	1350	1280	1130	1040	910	800
22	1800	1750	1505	1415	1210	1080

$2 \times 1,5$	$2 \times 2,5$	$2 \times 4,0$	$2 \times 6,0$	$2 \times 8,5$	$2 \times 11,5$
$2 \times 1,5$	$2 \times 2,5$	$2 \times 4,5$	$2 \times 7,0$	2×10	$2 \times 14,0$
$2 \times 1,5$	$2 \times 3,0$	$2 \times 5,0$	$2 \times 8,0$	2×12	$2 \times 16,5$
$2 \times 1,5$	$2 \times 3,0$	$2 \times 5,5$	$2 \times 9,0$	$2 \times 13,5$	$2 \times 19,0$

Таблица 26

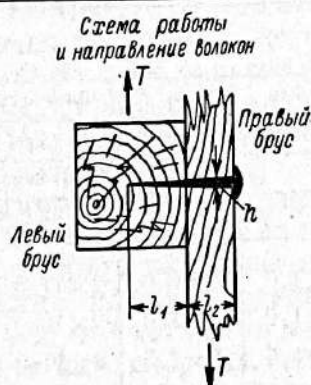
Несущая способность T и относительное перемещение f болтовых соединений, работающих на одинарный срез поперек волокон в тангенциальном направлении



d, мм	Несущая способность T, кг						Относительное перемещение, f = 2f ₀ , мм					
	Влажность W, %						l/d					
	15		22,5		30							
	l/d											
	5	10	5	10	5	10	2,5	5,0	7,5	10	12,5	15
13	640	600	530	487	420	375	2×0,5	2×1,5	2×3,0	2×5,0	2×7,5	2×10,5
16	950	910	795	742	640	575	2×0,5	2×1,5	2×3,5	2×6,0	2×9,0	2×13,0
19	1350	1280	1130	1040	910	800	2×0,5	2×2,0	2×4,0	2×7,0	2×11,0	2×15,5
22	1800	1750	1505	1415	1210	1080	2×0,5	2×2,0	2×4,5	2×8,0	2×12,5	2×18,0

Таблица 27

Несущая способность T и относительное перемещение f гвоздевых соединений, работающих на одинарный срез (гвозди кованые)



h, мм	Несущая способность T , кг			Полное относительное перемещение f , мм		
	Влажность W , %			$\frac{l_1}{h} = 20; \quad \frac{l_2}{h} = 10$		
				Влажность W , %		
	30	22,5	15	30	22,5	15
6	90	112	135	5	3	1,5
7	125	155	185	6	3,5	1,5
8	160	200	240	6,5	4	2
9	200	252	305	7	4	2
10	250	287	375	8	5	2,5
11	300	377	455	9	5	2,5
12	306	450	540	10	5,5	3

Таблица 28

Несущая способность T и относительное перемещение f нагельных (деревянные нагели) соединений, работающих на одинарный срез

Схема работы
и направление волокон

$d, \text{ мм}$	Несущая способность $T, \text{ кг}$			Относительное перемещение $f=2f_0, \text{ мм}$					
	Влажность $W, \%$			Влажность $W=15\%$					
	15	22	30	вдоль волокон			поперек волокон		
	$\frac{l}{d} > 2$			l/d					
				2	6	10	2	6	10
24	485	360	240	$2 \times 0,5$	$2 \times 4,0$	$2 \times 11,5$	$2 \times 2,0$	$2 \times 6,0$	$2 \times 13,0$
27	620	465	310	$2 \times 0,5$	$2 \times 4,5$	$2 \times 12,6$	$2 \times 2,0$	$2 \times 6,5$	$2 \times 14,5$
30	760	570	380	$2 \times 0,5$	$2 \times 5,0$	$2 \times 14,0$	$2 \times 2,5$	$2 \times 7,0$	$2 \times 16,0$

Продолжение

$d, \text{ мм}$	Несущая способность $T, \text{ кг}$			Относительное перемещение $f=2f_0, \text{ мм}$					
	Влажность $W, \%$			Влажность $W=30\%$					
	15	22	30	вдоль волокон			поперек волокон		
	$\frac{l}{d} > 2$			Влажность l/d					
				2	6	10	2	6	10
24	485	360	240	$2 \times 1,0$	$2 \times 6,0$	$2 \times 17,0$	$2 \times 2,5$	$2 \times 8,0$	$2 \times 18,5$
27	620	465	310	$2 \times 1,0$	$2 \times 7,0$	$2 \times 19,0$	$2 \times 2,5$	$2 \times 8,5$	$2 \times 20,0$
30	760	570	380	$2 \times 1,0$	$2 \times 7,5$	$2 \times 21,0$	$2 \times 2,5$	$2 \times 9,5$	$2 \times 22,5$

крепежа для наиболее употребительных размеров. При пользовании таблицами необходимо иметь в виду следующее:

а) приведенные в таблицах значения T и f должны быть умножены на коэффициент c , равный 0,65 при кратковременной нагрузке и 0,50 при длительной нагрузке;

б) предполагается, что правый брус имеет величину несущей способности T не менее левого бруса;

в) при вычислении несущей способности деревянных нагельных соединений не принято во внимание трение стержня нагеля, усиливающее несущую способность, особенно древесины в мокром состоянии. За

отсутствием достоверных опытных данных можно принять это увеличение для состояния предельного насыщения до 50%.

3. Замечания. По сделанным в методе П. Н. Матвеева допущениям следует высказать некоторые замечания.

В первую очередь, надо отметить, что принятая при определении несущих способностей связей, имеющих в своем составе крепеж различных типо-размеров, линейная зависимость между усилиями и перемещениями неполностью соответствует действительному напряженному состоянию, что не может не влиять на усилия, развиваемые отдельными креплениями во время их совместной работы. Кроме того, предположение о недеформируемости отдельных штук дерева вносит определенный элемент условности в расчеты по данной методологии.

Способ определения несущих способностей различных видов крепежных средств, принятый при составлении табл. 24—28, также имеет ряд спорных положений. Так, например, П. Н. Матвеевым учитывается сила трения между поверхностями соединяемых брусьев. Предположено, что эта сила может быть учтена для болтов — через величину силы затяжки болта, для гвоздей — через силу сопротивления вытаскиванию гвоздя из гнезда и для деревянного нагеля — через величину трения нагеля в гнезде. Однако очевидно, что наличие осевых сил в крепеже не может определить величины трения между соединяемыми брусьями, так как несмотря на наличие таких осевых сил брусья могут оказаться собранными с зазором и тогда сила трения будет отсутствовать. Также надо иметь в виду, что учет сил трения в деревянных конструкциях гражданских сооружений не допускается, так как влечет возможную ошибку в опасную сторону.

Обращают на себя внимание и абсолютные значения деформаций, приведенные П. Н. Матвеевым в его расчетных таблицах, которые для больших отношений $l:d$ достигают 30—40 мм, что, очевидно, не реально. Наконец, по решению П. Н. Матвеева получается, что несущая способность нагеля практически не зависит от толщины соединяемых элементов, а жесткость соединений безгранично возрастает с уменьшением толщины сплавляемых брусьев и, наоборот, безгранично уменьшается с увеличением их толщины.

Несмотря на высказанные замечания, не следует все же недооценивать сделанное П. Н. Матвеевым для дальнейшего развития строительной механики деревянных судов и попытки перейти к расчету деревянных судовых конструкций по их предельному состоянию. Наряду с этим необходимо отметить, что хотя этот метод и был применен в отдельных расчетах, он имеет ряд спорных, недостаточно обоснованных положений и без переработки не может быть рекомендован для практических целей.

§ 20. МЕТОД КОНСТРУИРОВАНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ МОРСКИХ ДЕРЕВЯННЫХ СУДОВ НА ФУТОКСОВОМ НАБОРЕ

1. Схема расчета. Методы П. О. Зандина и П. Н. Матвеева, как правило, применяются не с целью определения прочных размеров связей корпуса, а только (и то не всегда) для поверочных расчетов прочности судов, элементы которых определены по Правилам Морского Регистра СССР. Авторы этих расчетов вполне удовлетворены, если действующие напряжения оказываются ниже допускаемых, и не ставят задачей дальнейшее улучшение и облегчение проектируемой конструкции.

В настоящее время методы строительной механики корабля не позволяют определить прочные размеры набора деревянных судов чисто расчетным путем. Поэтому наиболее правильными следует считать методы, построенные на натурном изучении судов в сочетании с экспериментальными и математическими исследованиями.

Попытки применить некоторые теоретические положения строительной механики для выявления обоснованных требований Правил Морского Регистра СССР при назначении прочных размеров конструктивных элементов морских деревянных судов можно отнести к 1953 г.

В частности, автор при составлении некоторых разделов проекта «Правил классификации и постройки морских деревянных судов» применил подобного рода обоснования для расчета продольных связей судов на корабельном (футоксовом) наборе.

В 1956 г. автором был предложен метод, ставящий целью не только проверку прочности спроектированного корпуса, но и наиболее рациональное назначение размеров прочных связей и прочности соединения отдельных элементов конструкции. В основу ме-

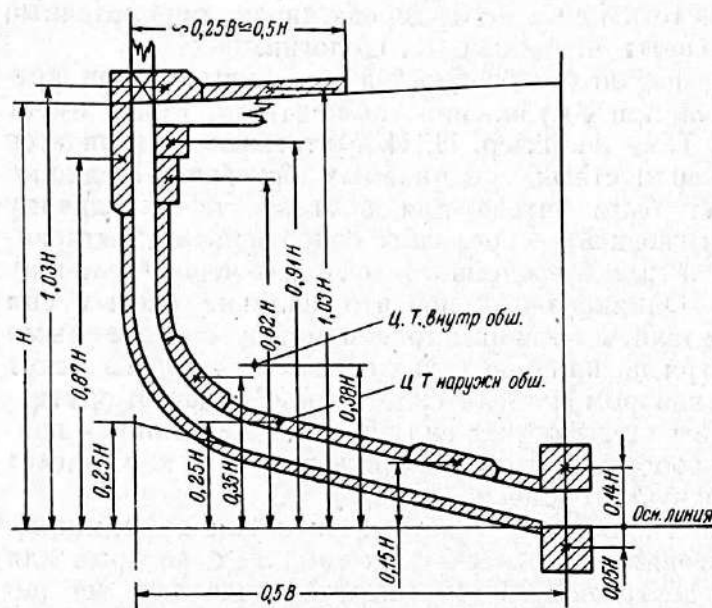


Рис. 201. Типовая схема эквивалентного бруса.

тода положен анализ конструкции морских деревянных судов на корабельном наборе, построенных за последнее двадцатилетие, а также анализ опытных данных по постройке и эксплуатации судов, обобщенный в Правилах Морского Регистра СССР и других классификационных обществ.

Исследование прочности эквивалентного бруса выполнено при следующих основных допущениях:

- 1) установлена типовая схема основных продольных связей, работающих в составе эквивалентного бруса (рис. 201);
- 2) предположено, что площадь каждой продольной связи может быть выражена аналитической зависимостью в функции от толщины наружной обшивки и главных размерений судна;
- 3) центры тяжести поперечных сечений отдельных продольных связей приняты постоянными в долях высоты борта H и независимыми от абсолютной величины высоты борта;
- 4) несущие способности отдельных продольных связей и эквивалентного бруса в целом определены с учетом нижеследующего:
 - а) деформации элементов эквивалентного бруса подчиняются закону плоских сечений (здесь под плоским сечением понимается шпангоутная рамка);
 - б) деформациями считаются суммарные величины, состоящие из раскрытий стыков и абсолютных удлинений связей;

в) несущая способность корпуса в целом выражена через момент внутренних сил всех связей, вычисленный относительно нейтральной оси;

г) усилия в связях, составных по длине, при сжатии передаются только путем непосредственного контакта в стыках, при растяжении — только путем нагельных или других крепежных средств; при этом распределение усилий между нагельными по длине связи предполагается по линейному закону;

д) раскрытие стыков в крайних связях эквивалентного бруса по условиям водонепроницаемости ограничено величиной 1,5 мм.

Сделанные допущения, естественно, вносят в расчет некоторую условность, тем не менее этот способ расчета приближает расчетную картину явлений к фактической в большей степени, чем приведенные выше.

На основании анализа существующей практики деревянного судостроения, Правил Морского Регистра СССР и других классификационных обществ, установлены следующие зависимости для определения прочных размеров отдельных элементов эквивалентного бруса в функции от главных размерений судна:

наружная обшивка, внутренняя обшивка и настил палубы

$$F = c H t_p, \quad (23)$$

киль, кильсоны, ватервейс, бархоут, подбалочные и брусья под ними, скуловые и днищевые пояся

$$F = c_1 L t_p, \quad (24)$$

где

F — площадь связи, см^2 ;

c и c_1 — коэффициенты, значения которых для отдельных связей приводятся в табл. 29;

H — высота борта судна, м;

L — длина судна, м;

$t_p = \left(2 + \frac{L}{6}\right) \left(1,4 - 0,05 \frac{L}{H}\right)$ — расчетная толщина наружной обшивки, см.

Таблица 29

Значения коэффициентов c и c_1

Наименование связей	Коэффициент c_1	Наименование связей	Коэффициент c
Киль	4,1	Скуловые пояся ($L : H = 8$)	8,7
Кильсон	7,5	Днищевые пояся ($L : H = 11$)	6,7
Ватервейс	7,6	Наружная обшивка	276
Бархоут	8,8	Внутренняя обшивка	130
Подбалочные брусья	4,6	Палуба	78
Брусья под подбалочными	5,2		

Формул (23) и (24) было бы достаточно для проектирования эквивалентного бруса морского деревянного судна только в том случае, если он представлял бы единую монолитную балку. В действительности

же эквивалентный брус такого судна, вследствие несовершенства способов соединения отдельных связей между собой, а также наличия стыков по длине у отдельных штук, составляющих связи, нельзя рассматривать как единую монолитную конструкцию.

Очевидно, что с усилением крепежа несущая способность связей эквивалентного бруса возрастает, однако усиление крепежных средств ограничивается условиями их размещения, а также опасностью раскалывания древесины, вследствие чего выявление оптимальных размеров и количества крепежа является необходимым условием рационального конструирования. Очевидно также, что при размещении и назначении размеров крепежа следует стремиться к получению несущих способностей, близких к наибольшим из вычисленных для ряда судов, поскольку возможность такого насыщения крепежом может считаться проверенной и подтвержденной практикой эксплуатации многих судов.

Для выявления значений несущих способностей, которые могли бы считаться проверенными практикой и рекомендоваться в виде исходных норм при проектировании, вычислены удельные несущие способности всех связей, входящих в состав эквивалентного бруса. При этом за характеристики относительной величины несущей способности и относительной деформации связей приняты величины

$$p_{\text{раст}} = \frac{P}{FS} \text{ и } k_{\text{раст}} = \frac{v}{S},$$

где P — несущая способность связи при растяжении;

F — площадь поперечного сечения связи;

v — половина раскрытия стыка;

S — деформация, т. е. суммарная величина половины раскрытия стыка и абсолютного удлинения половины длины связи.

Абсолютные удлинения для всех видов связей при их растяжении рассчитаны в предположении действия усилий, вызывающих раскрытие половины стыка в 0,1 мм.

Величина абсолютного удлинения $\Delta l_{\text{раст}}$ мм определена для половины длины связи по формуле

$$\Delta l_{\text{раст}} = \frac{S_p \cdot 10}{EF} \sum [m_0 n P_0 + m_1 (n-1) P_1 + m_2 (n-2) P_2 + \dots + m_i (n-i) P_i], \quad (25)$$

где S_p — шпация, т. е. расстояние между шпангоутами в центрах, см;

F — площадь связи, см²;

$P_0, P_1, P_2, \dots, P_i$ — несущая способность единицы крепежа, кг, на 0, 1 и т. д. шпангоутах при раскрытии половины стыка в 0,1 мм;

$m_0, m_1, m_2, \dots, m_i$ — число единиц однотипных креплений на 0, 1 и т. д. шпангоутах;

n — число шпаций от стыка до середины длины связи;

E — модуль упругости древесины, равный $0,7 \cdot 10^5$ кг/см².

Величина шпации в сантиметрах, в свою очередь, задана выражением

$$S_p = \frac{L}{1,2} + 25, \quad (26)$$

где L — длина судна, м.

Приведенные в табл. 30 значения $p_{\text{раст}}$ и $k_{\text{раст}}$ приняты в последующем за расчетные величины.

Таблица 30

Значения коэффициентов $p_{\text{раст}}$ и $k_{\text{раст}}$

Наименование связей	Несущая способность при растяжении $p_{\text{раст}}, \text{кг/см}^2 \cdot \text{мм}$	$k_{\text{раст}}$	Наименование связей	Несущая способность при растяжении $p_{\text{раст}}, \text{кг/см}^2 \cdot \text{мм}$	$k_{\text{раст}}$
Наружная обшивка	11,5	0,36	Подбалочные брусья и брусья под подбалочными	5,5	0,45
Бархоут	10,5	0,37	Ватервейс	8,5	0,30
Скуловые и днищевые пояся	9,0	0,38	Настил палубы	9,5	0,42
Внутренняя обшивка	11,5	0,34	Киль и кильсон	10,0	0,48

Несущие способности связей при сжатии $p_{\text{сж}}$, кг, отнесенные к единице площади поперечного сечения связей, см^2 , и к единице деформации этих связей в 0,1 мм, определены по формуле

$$p_{\text{сж}} = \frac{E k_{\text{сж}}}{l \cdot 10^2} \quad (27)$$

Предполагая, что длина всех связей равна минимально допускаемой по Регистру, т. е. 15 шпациям,

$$l = 7,5 S_p = 7,5 \left(\frac{L}{1,2} + 25 \right), \text{ см}$$

и считая $E = 0,7 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2$, преобразуем формулу (27) к следующему виду:

$$p_{\text{сж}} \simeq \frac{1,1 \cdot 10^2 k_{\text{сж}}}{L + 30} \text{ кг/см}^2 \cdot \text{мм}, \quad (28)$$

где $k_{\text{сж}}$ — коэффициент, учитывающий удельное значение абсолютной величины сжатия связи по отношению к величине всей деформации;

L — длина судна, м.

Что касается значений коэффициента $k_{\text{сж}}$, то если отнести упругие свойства крепежных средств и нагельных гнезд в запас прочности, величина его с достаточной степенью точности может быть оценена, как $k_{\text{сж}} = 1 - k_{\text{раст}}$.

Такой способ определения коэффициента $k_{\text{сж}}$ оправдывается тем, что в обычных условиях эксплуатации судна одни и те же связи попеременно испытывают то сжатие, то растяжение, в связи с чем всегда можно считать, что стадии сжатия предшествовало растяжение, при котором стыки связей были раскрыты.

Для проверки принятых расчетных зависимостей у ряда судов подсчитана несущая способность эквивалентного бруса на вершине и на подошве волны, при этом сделаны ранее приведенные допущения и, в частности, из условий обеспечения водонепроницаемости корпуса раскрытие стыков для крайних растянутых связей ограничивается величи-

ной 1,5 мм. Кроме того, величины раскрытий стыков ограничиваются значениями тех деформаций, при которых напряжение как в самом крепеже, так и в нагельных гнездах будет больше расчетных, принятых для определения предельно допускаемых несущих способностей крепежных средств.

На основании проделанных вычислений значение несущей способности эквивалентного бруса, выраженное через момент внутренних сил, в общем виде представлено следующей формулой:

$$M_{\text{вн. сил}} = AH^2 t_p, \quad (29)$$

где A — численный коэффициент, кг/м · см;
 H — высота борта судна, м;
 t_p — расчетная толщина наружной обшивки, см.

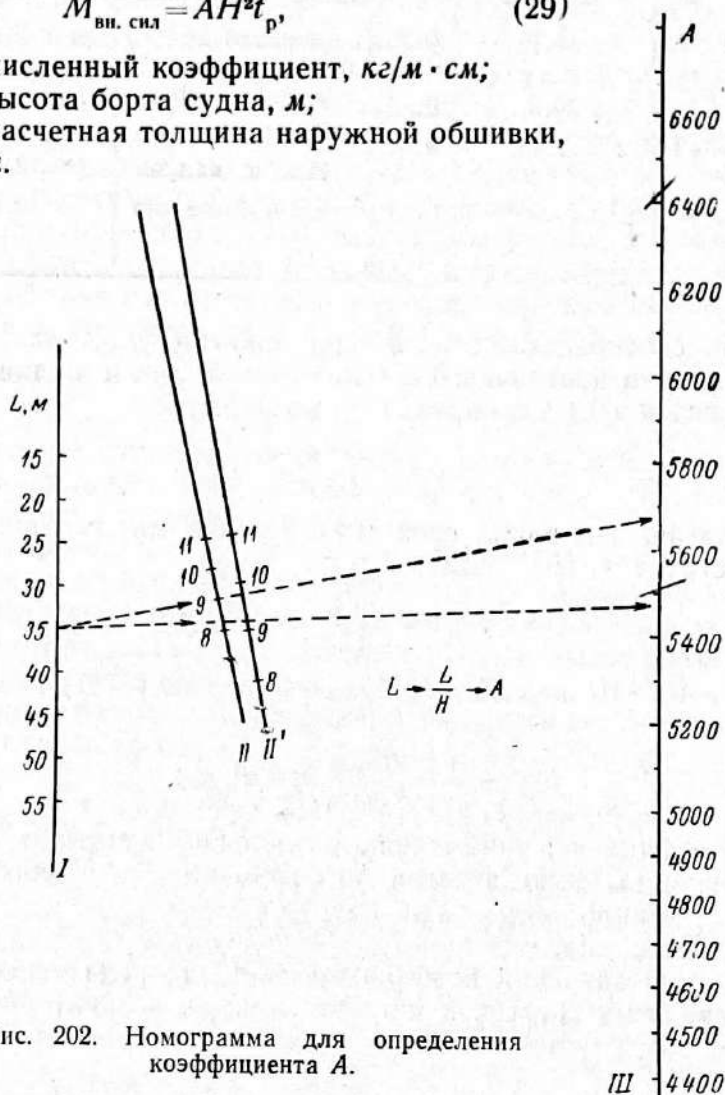


Рис. 202. Номограмма для определения коэффициента A .

Для удобства определения коэффициента A на рис. 202 приведена номограмма, по которой коэффициент A находится в зависимости от длины судна L , отношения $L:H$ и положения судна на подошве (шкала II) или на вершине (шкала II') волны. Значение коэффициента A читают на шкале III, соединяя точки шкалы I с соответствующей точкой на шкале II или II'.

На рис. 203 представлено положение нейтральной оси в долях высоты борта H :

Расчетный изгибающий момент от внешних сил, в свою очередь, выражен общеизвестной формулой

$$M_{\text{расч}} = \pm \frac{DL}{k}, \quad (30)$$

где D — водоизмещение судна;
 L — длина судна;
 k — статистический коэффициент.

Для определения коэффициента k сопоставлены значения этих коэффициентов для различных морских деревянных судов, полученные путем статических постановок их на волну. На основании этих данных, делая допущения в безопасную сторону, для судов длиной от 15 до 50 м величина k выражена следующей зависимостью:

$$k = 57 - \frac{117}{\sqrt{L} - 1,2}. \quad (31)$$

Для определения минимально необходимой толщины наружной обшивки можно использовать равенство моментов внешних и внутренних сил, а именно

$$M_{\text{изг}} = M_{\text{вн. сил}}, \quad (32)$$

или, подставляя значения формулы (29) и учитывая необходимость некоторого утолщения обшивки на износ, получим

$$t_p = \frac{M_{\text{изг}}}{AH^2} + \Delta t, \quad (33)$$

где A — некоторый численный коэффициент, определяемый по номограмме рис. 202;

Δt — утолщение наружной обшивки на износ, см;

$M_{\text{изг}}$ — максимальный изгибающий момент, кг · м.

Формула (33) для определения толщины наружной обшивки получена из предположения такого соотношения главных размерений судна: $B:H = 2$; $T:H = 0,70$; коэффициент полноты водоизмещения судна $\delta = 0,50$.

Так как в практике судостроения значения $\frac{B}{H}$, $\frac{T}{H}$ и δ могут отличаться от принятых выше, то необходимо учесть влияние изменения этих величин на толщину наружной обшивки.

Используя формулу (33) и заменяя в ней $M_{\text{изг}}$ через $\frac{\delta L^2 BT}{k}$, представим t_p в следующем виде:

$$t_p = \delta \frac{T}{H} \cdot \frac{B}{H} \cdot \frac{L^2}{kA} + \Delta t. \quad (34)$$

Отсюда следует, что толщина наружной обшивки находится в линейной зависимости от значения коэффициента общей полноты δ и отношения $\frac{T}{H}$, так как изменение значения $\frac{T}{H}$ не влияет на величину момента внутренних сил, а изменение δ влияет незначительно, и им

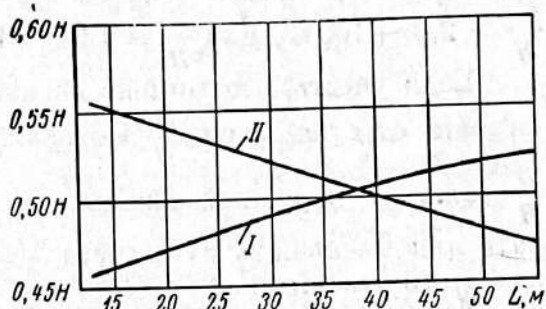


Рис. 203. График положения нейтральной оси в долях высоты борта H , считая от основной линии.

I — судно на вершине волны; II — судно на подошве волны.

можно пренебречь. Что касается отношения $\frac{B}{H}$, то с изменением последнего момент внешних сил и момент внутренних сил меняются не в одинаковой зависимости.

Влияние значения отношения $\frac{B}{H}$ на изменение момента внутренних сил выявлено сопоставлением величин моментов внутренних сил для ряда судов при различных $\frac{B}{H}$. Полученные результаты во всех случаях разнятся незначительно и могут характеризоваться следующими средними удельными значениями моментов внутренних сил: для $\frac{B}{H} = 2,0 - 100\%$, для $\frac{B}{H} = 1,6 - 84\%$ и для $\frac{B}{H} = 2,4 - 116\%$.

Если учесть, что момент внешних сил находится в линейной зависимости от отношения $\frac{B}{H}$, то окажется, что при изменении отношения $\frac{B}{H}$ толщину наружной обшивки необходимо соответственно увеличивать или уменьшать из расчета 1% на каждую десятую долю изменения этого отношения.¹

Таким образом, с учетом формулы (34) расчетная зависимость для толщины наружной обшивки в первом приближении может быть выражена следующей формулой:

$$t_1 = \left[\frac{\delta T (B + 8H) M_{изг}}{3,5 A H^4} + \Delta t \right] \left(1,4 - 0,05 \frac{L}{H} \right). \quad (35)^2$$

Проведенный анализ и выведенные зависимости и соотношения позволяют рекомендовать следующую расчетную схему для определения прочных размеров основных продольных связей.

Предполагаются известными главные размерения судна:

L — длина,

B — ширина,

H — высота,

T — максимальная осадка в грузу,

δ — коэффициент общей полноты,

$M_{изг}$ — величина расчетного изгибающего момента для худшего случая нагрузки.

¹ Так, например, для отношения $\frac{B}{H} = 1,6$ изменение момента внешних сил равно $\frac{1,6}{2,0} = 0,8$, а изменение момента внутренних сил — 0,84, что дает 1% на каждую десятую долю изменения этого отношения.

² Опыт эксплуатации морских деревянных судов показал, что для них, в отличие от речных, размеры продольных связей лимитируются условиями прочности, а не жесткости, обычно заведомо обеспеченной. Поэтому в расчетную формулу (35) введен поправочный коэффициент $\zeta = 1,4 - 0,05 \frac{L}{H}$, учитывающий зависимость между толщиной обшивки t_p и отношением $\frac{L}{H}$ из условия получения одинакового запаса прочности для судов одной и той же длины при различных значениях $\frac{L}{H}$.

Выражение для величины поправочного коэффициента получено путем анализа конструкций морских деревянных судов. За критерий прочности принята прочность судна с отношением $\frac{L}{H} = 8$.

За расчетный изгибающий момент принимается значение изгибающего момента, отношение которого к величине A , определенной по номограмме рис. 202 для случая прогиба или перегиба, дает максимальное значение. Расчет ведется в следующем порядке:

1) по формуле (35) определяется минимальная толщина наружной обшивки t_1 , при этом значение запаса на износ Δt , входящее в расчетную формулу, если нет особых соображений, может быть принято для обычных грузовых и промысловых судов равным примерно 2 см;

2) используя коэффициенты s и s_1 , приведенные в табл. 29, и зависимости (33) и (34), определяют необходимые площади основных продольных связей, входящих в состав эквивалентного бруса;

3) задаются размещение, количество, размеры и тип крепежных средств, а также разгон стыков связей, которые в первом приближении могут назначаться в ориентации на прототип или существующую практику;

4) производится подсчет несущих способностей отдельных связей и вычисление удельных несущих способностей; полученные значения удельных несущих способностей сопоставляются с данными, приведенными в табл. 30. В случае, если подсчитанные удельные несущие способности будут значительно отличаться от табличных, рекомендуется путем соответствующего изменения крепежа и разгона стыков получить значения, близкие к табличным;

5) составляется схема эквивалентного бруса и подсчитывается момент внутренних сил, который сопоставляется с моментом внешних сил;

6) если отношение расчетного изгибающего момента к моменту внутренних сил с учетом износа Δt будет отличаться от единицы, т. е.

$$f_1 = \frac{M_{\text{изг}}}{M_{\text{вн. сил}}} \left(\frac{t_1}{t_1 - \Delta t} \right) \neq 1, \quad (36)$$

то толщина наружной обшивки во втором приближении определяется формулой

$$t_2 = (t_1 - \Delta t) f_1 + \Delta t, \quad (37)$$

после чего весь расчет повторяется во втором приближении.

В заключение следует отметить, что в большинстве случаев достаточно первого приближения. Необходимость во втором приближении может возникнуть лишь в том случае, если действительная схема эквивалентного бруса будет значительно отличаться от типовой схемы, принятой при анализе, что для обычных грузовых и промысловых судов, как правило, не имеет места.

В приведенном методе конструирования элементы основных продольных связей определяются непосредственно в зависимости от действующего на судно расчетного изгибающего момента. Критерием достаточной прочности служит сравнение этого изгибающего момента с моментом внутренних сил.

При определении прочных размеров основных элементов набора корпуса, кроме значения изгибающего момента, учитывается также влияние соотношений главных размерений и коэффициента общей полноты судна.

Метод обоснован проведенным аналитическим исследованием, а также конкретными расчетными примерами для судов длиной от 15 до 50 м, выполненными автором. Во всех случаях полученные в результате проделанных расчетов сечения основных продольных связей

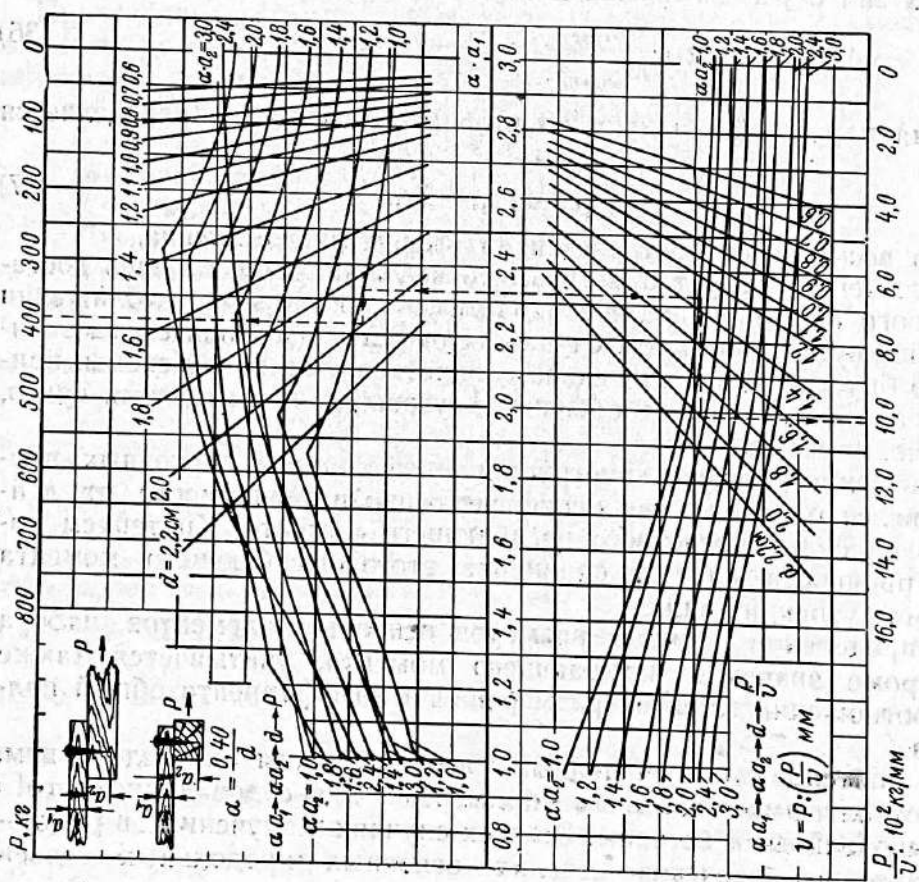


Рис. 204. Несущие способности гвоздевых соединений вдоль и поперек волокон, Номограмма.

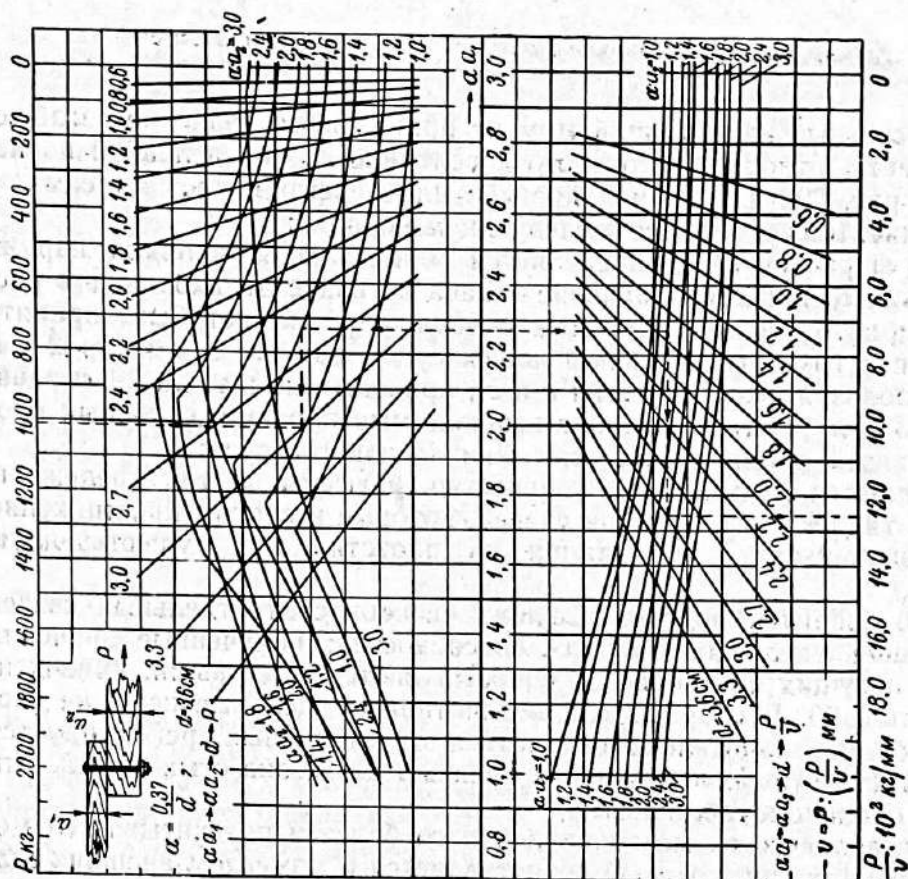


Рис. 205. Несущие способности болтовых односрезных соединений вдоль волокон. Нограмма.

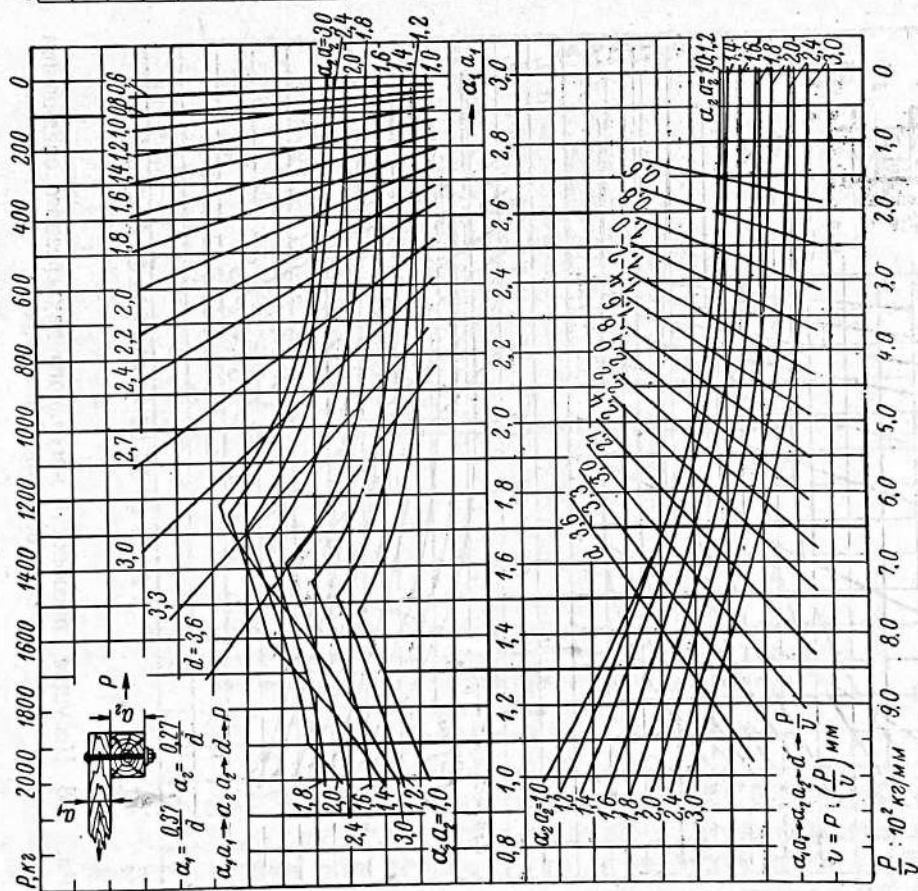


Рис. 206. Несущие способности болтового односрезного соединения поперек волокон. Номограмма.

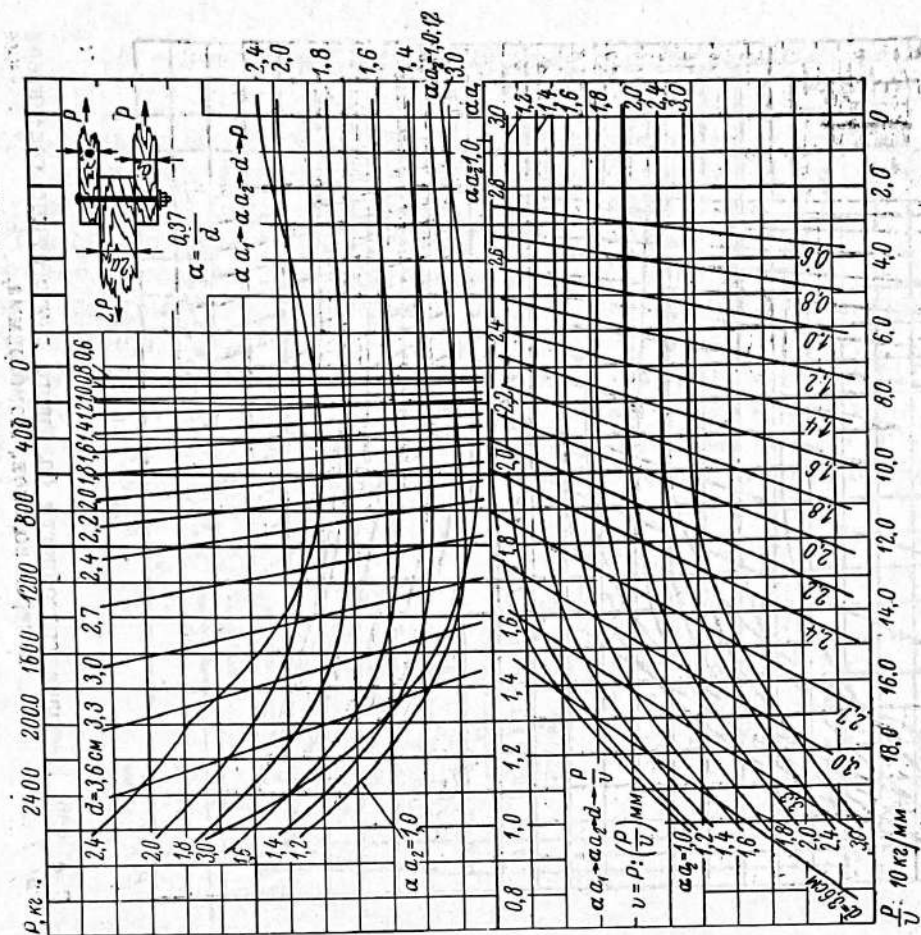


Рис. 207. Несущие способности болтового двухсрезного соединения вдоль волокон. Номограмма.

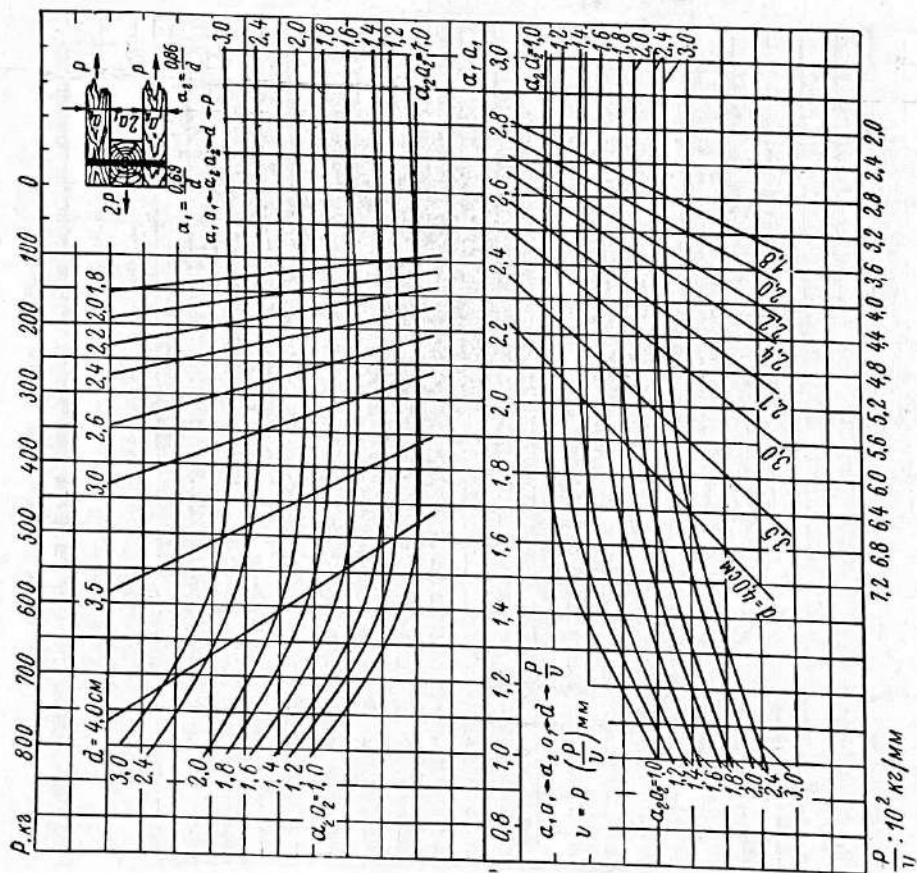


Рис. 208. Несущие способности нагельного двухрезного соединения поперек волокон. Номограмма.

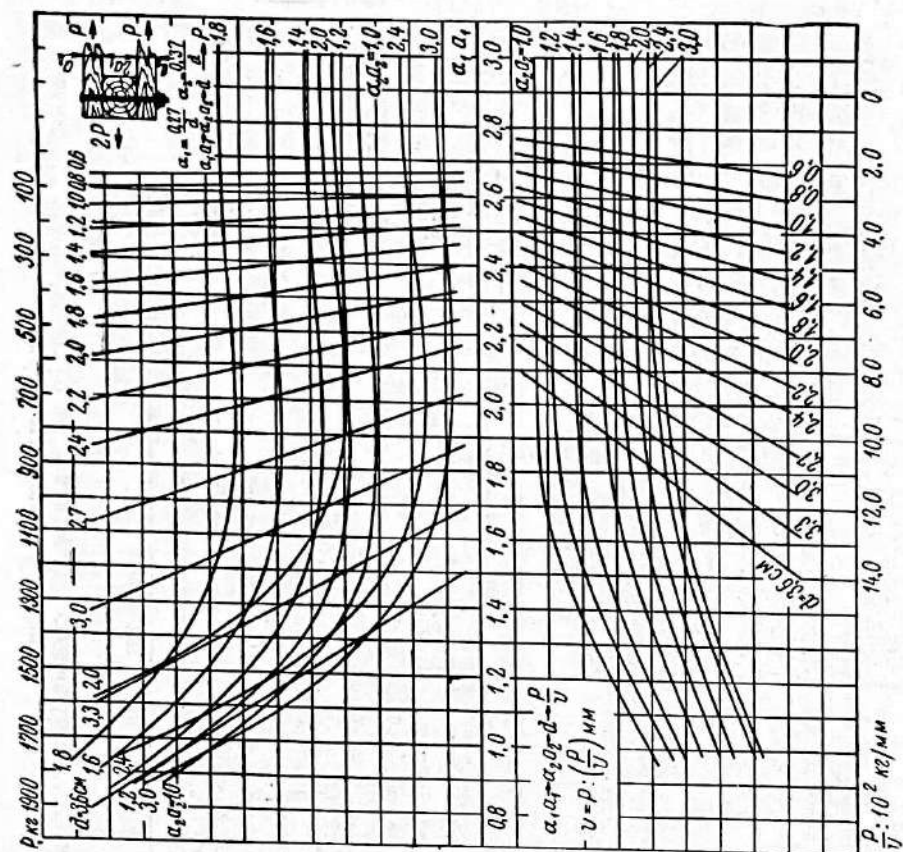


Рис. 209. Несущие способности болтового двухрезного соединения поперек волокон. Номограмма.

конструктивны, и в то же время выгодно отличаются от размеров связей, определенных по Правилам Морского Регистра СССР, так как в большинстве случаев оказываются несколько легче последних.

Не следует забывать, что приведенная схема расчета разработана применительно к судам на футовом наборе и к деревянным судам с иной системой набора данные значения коэффициентов применены быть не могут.

2. Номограммы для определения несущих способностей крепежных средств. Несущие способности и деформации различных видов нагельных креплений при определении размеров прочных связей корпуса по вышеприведенной схеме рассчитываются по номограммам, представленным на рис. 204—209.

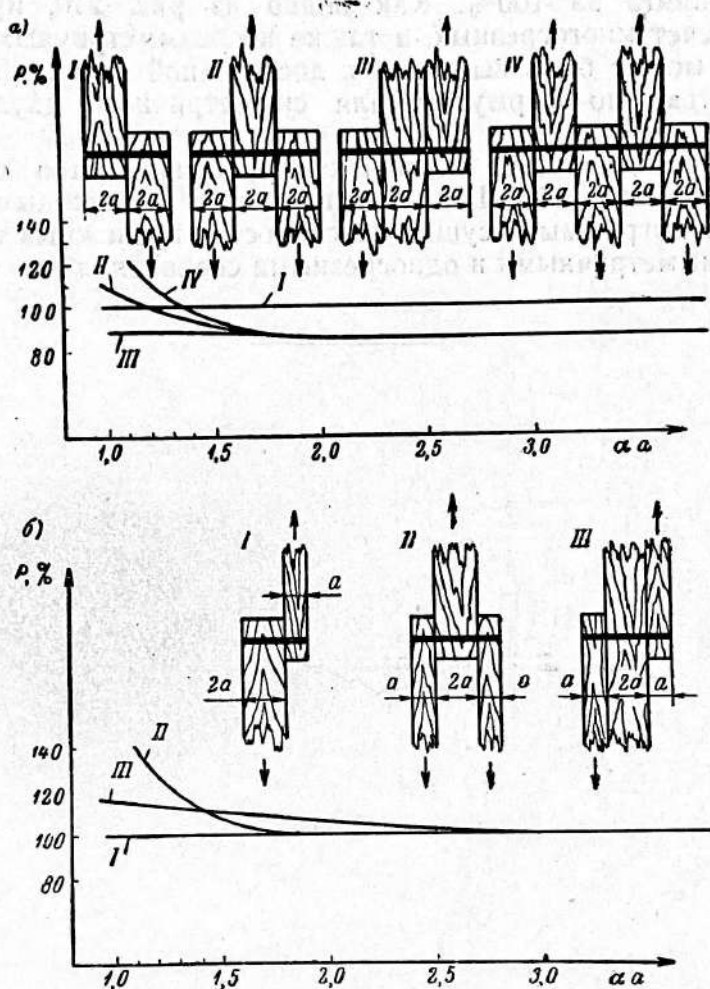


Рис. 210. Относительная несущая способность различных видов соединений: а — соединения из брусков одинаковых размеров; б — соединения из брусков с отношением толщин 1 : 2.

I—IV — виды соединений и кривые несущих способностей.

В верхней части номограмм приводятся значения предельных несущих способностей P для различных соединений при условии, что расчетные характеристики для дерева и стали не будут превышать приведенных значений. На нижней части приводятся значения усилий V при

суммарном сдвиге соединения в 1 мм. Принцип пользования номограммами ясен из самих номограмм.

Несмотря на кажущееся многообразие видов соединений в корпусе деревянных судов на фуюковом наборе, все они могут быть с достаточной степенью точности приравнены к одно- или двухсрезным соединениям. Для подтверждения последнего на рис. 210, а сопоставлены значения несущих способностей одно- и двухсрезных соединений при отношении толщин соединяемых брусев 1:2, а на рис. 210, б значения одно-, двух- и многосрезных соединений, составленных из брусев одинаковых размеров. Во всех случаях приведены несущие способности, приходящиеся на один срез при единичном перемещении. Указанные значения отнесены к несущей способности односрезного соединения, которая принята за 100%. Как видно из рис. 210, при значениях $ad \geq 1,5$ расчет многосрезных, а также кососимметричных двухсрезных соединений может быть выполнен с достаточной для практических целей точностью по формулам для симметричного двухсрезного соединения.

Если учесть, что для подавляющего большинства судовых конструкций значение $ad \geq 1,5$, представляется возможным ограничить расчетные номограммы несущих способностей крепежных средств двухсрезными симметричными и односрезными соединениями.

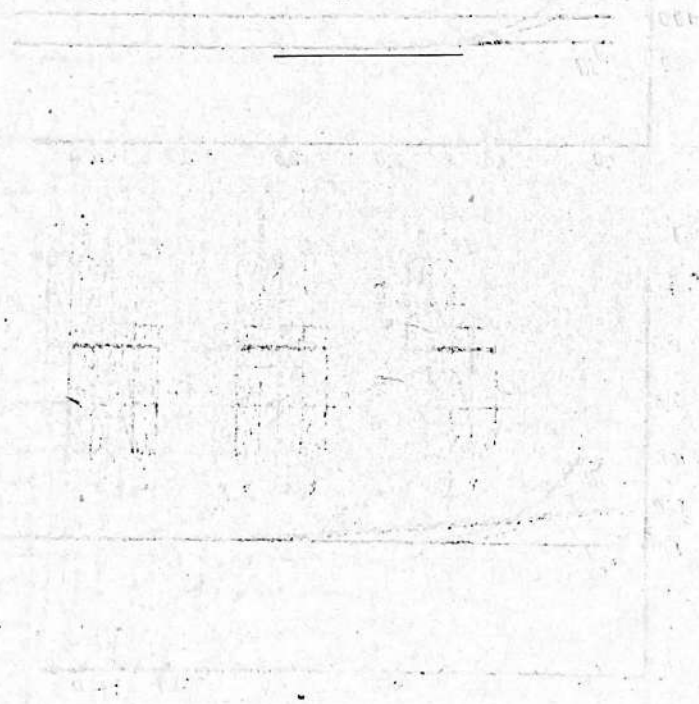


Рис. 210. Номограммы для определения несущих способностей крепежных средств двухсрезными симметричными и односрезными соединениями.

Указанные номограммы могут быть использованы для определения несущих способностей крепежных средств двухсрезными симметричными и односрезными соединениями. Для этого необходимо знать отношение толщин соединяемых брусев ad и значение несущей способности односрезного соединения P_1 . Тогда несущая способность двухсрезного симметричного соединения P_2 определяется по формуле $P_2 = P_1 \cdot ad$, а несущая способность односрезного соединения P_1 определяется по формуле $P_1 = P_2 / ad$.

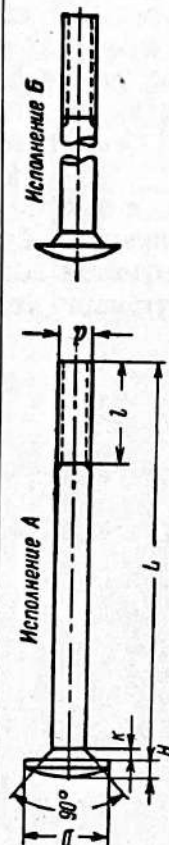
ПРИЛОЖЕНИЕ



Рис. 1. Деталь 1. Вид сзади. Масштаб 1:1.

Таблица 1

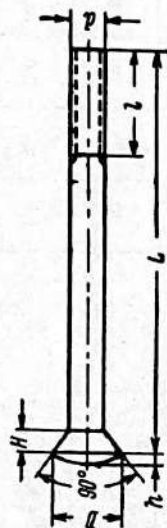
Болты судовые с плоскосферической головкой для дерева (из ГОСТ 7731—55)



Номинальный диаметр основной метрической резьбы d , мм	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Диаметр головки $D_{\text{номин}}$, мм	16	22	26	32	36	42	48	52	55	60	70	80
Высота головки $H_{\text{номин}}$, мм	2,5	3,6	4,0	5	5,5	6,5	7	8	9	10	11	12
Высота подголовка $h_{\text{номин}}$, мм	1,4	1,6	2,0	2,5	3,0	3,6	4	4	4,5	5	5,5	6
Длина резьбовой части l , мм	18	25	30	36	42	48	55	60	65	75	85	90
Длина болта L	От 10 d до 70 d , но кратная 5											
Вес 100 мм стержня, кг	0,0222	0,0395	0,0617	0,0889	0,1208	0,1578	0,1998	0,2466	0,2984	0,3551	0,4495	0,5549
Вес 100 шт. головок исполнения А, кг	0,29	0,75	1,22	2,33	3,19	5,21	7,53	9,64	12,4	16,5	24,7	35,1
Вес 100 шт. головок исполнения Б, кг	0,23	0,71	1,11	2,09	2,95	4,76	6,66	8,89	11,2	14,9	22,2	31,3

Пример условного обозначения болта исполнения А с резьбой М16 и длиной 650 мм: Болт АМ16 × 650 ГОСТ 7731—55.
То же с длиной резьбовой части 60 мм. Болт АМ16(60) × 650 ГОСТ 7731—55.
Болты тех же размеров исполнения Б обозначаются: Болт БМ16 × 650 ГОСТ 7731—55.

Болты судовые с полупотайной головкой (из ГОСТ 7732—55)

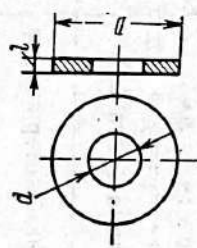


Номинальный диаметр основной метрической резьбы d , мм	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Диаметр головки $D_{\text{номинал}}$, мм	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	55	60
Высота потайной части головки $H_{\text{номинал}}$, мм	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	16	16
Высота сферической головки h , мм	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8
Длина резьбовой части l , мм	18	25	30	36	42	48	55	60	65	72	85	90
Длина болта L	От 10 d до 70 d , но кратная 5											
Вес 100 мм стержня, кг	0,0222	0,0395	0,0617	0,0888	0,1208	0,1578	0,1998	0,2466	0,2984	0,3551	0,4495	0,5549
Вес 100 шт. головок, кг	0,10	0,24	0,46	0,80	1,26	1,88	2,68	3,68	4,91	6,39	9,76	12,4

Пример условного обозначения болта с резьбой М16 и длиной 650 мм: Болт М16 × 650 ГОСТ 7732—55.
То же с длиной резьбовой части 60 мм: Болт М16(60) × 650 ГОСТ 7732—55.

Таблица III

Шайбы судовые круглые для дерева (из ГОСТ 7734—55)

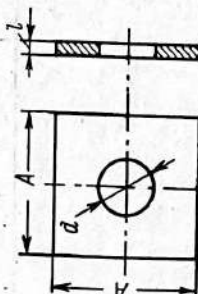


Номинальный диаметр резьбы или гладкой части стержня болта d , мм	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Внутренний диаметр шайбы $d_{\text{номин}}$, мм	6,5	8,5	10,5	12,5	14,5	16,5	19	21	23	25	28	31
Наружный диаметр шайбы D , мм	20	25	30	36	42	50	55	60	65	70	80	90
Толщина шайбы $l_{\text{номин}}$, мм	1,5	2,0	3,0	3,0	4	4	4	5	5	6	6	6
Вес 100 шт. шайб без оцинковки, кг (при $\gamma=7,85$)	0,33	0,68	1,46	2,10	3,82	5,50	6,55	9,70	11,39	15,80	20,8	26,3

Пример условного обозначения шайбы круглой для болта диаметром 24 мм: Шайба 24 ГОСТ 7734—55.

Таблица IV

Шайбы судовые квадратные для дерева (из ГОСТ 7735—55)



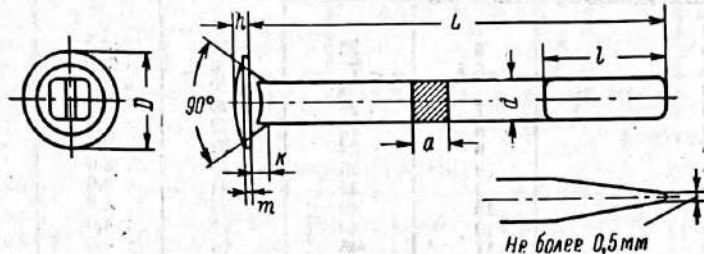
Номинальный диаметр резьбы болта, мм	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Внутренний диаметр шайбы $d_{\text{номин}}$, мм	6,5	8,5	10,5	12,5	14,5	16,5	19	21	23	25	28	31
Сторона А шайбы, мм	20	25	30	36	42	50	55	60	65	70	80	90
Толщина шайбы $l_{\text{номин}}$, мм	1,5	2,0	3,0	3,0	4	4	4	5	5	6	6	6
Вес 100 шт. шайб без оцинковки, кг (при $\gamma=7,85$)	0,3	0,89	1,91	2,76	5,01	7,16	8,57	12,76	14,94	20,8	27,2	34,4

Пример условного обозначения шайбы квадратной для болта диаметром 12 мм: Шайба 12 ГОСТ 7735—55.

Таблица V

Гвозди для морских деревянных судов (из ГОСТ 1991—54)

А. Гвозди корабельные квадратные (размеры, мм)

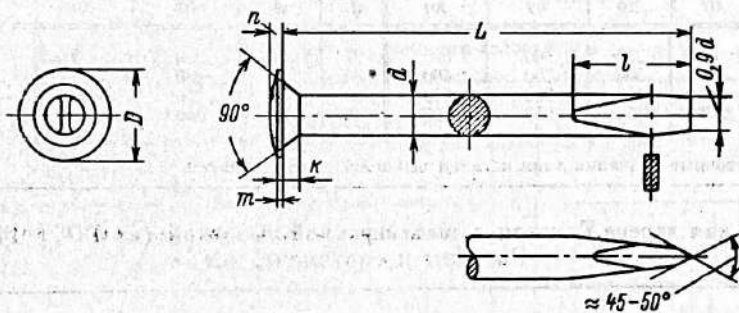


Длина гвоздя L	Нормальные						Укороченные					
	a	l	D	h	k	m	a	l	D	h	k	m
90	6	28	12	2,0	1,6	1,2	7	32	20	3,0	2,8	1,6
100	6	28	14	2,2	2,0	1,2	7	32	20	3,0	2,8	1,6
110	6	28	16	2,8	2,0	1,4	7	32	20	3,0	2,8	1,6
120	6	28	16	2,8	2,0	1,4	7	32	20	3,0	2,8	1,6
140	7	32	20	3,0	2,8	1,6	8	36	22	3,6	3,0	2,0
160	7	32	20	3,0	2,8	2,0	8	36	22	3,6	3,0	2,0
180	8	36	22	4,0	3,0	2,0	9	40	25	4,0	3,0	2,0
200	9	40	25	4,0	3,0	2,0	10	45	25	4,5	3,0	2,5
220	10	45	25	4,5	3,0	2,5	11	50	28	5,0	3,5	3,0
250	10	45	25	4,5	3,0	2,5	11	50	28	5,0	3,5	3,0
280	11	50	28	5,0	3,6	3,0	12	55	32	5,5	4,0	3,0
320	11	50	28	5,0	3,6	3,0	12	55	32	5,5	4,0	3,0
360	12	55	32	5,5	4,0	3,0	14	60	36	6,0	4,0	4,0
400	12	55	32	5,5	4,0	3,0	14	60	36	6,0	4,0	4,0

Пример условного обозначения гвоздей корабельных укороченных квадратных длиной 200 мм при стороне квадрата 10 мм: Гвоздь кораб. 10×200 ГОСТ 1991—54.

Продолжение табл. V

Б. Гвозди корабельные круглые (размеры, мм)



Длина гвоздя L	Нормальные						Укороченные					
	d	l	D	h	k	m	d	l	D	h	k	m
90	6	25	14	2,5	1,6	1,0	7	32	20	3,0	2,0	1,4
100	6,5	28	16	3,0	2,0	1,2	7	32	20	3,0	2,0	1,4
110	7	32	20	3,0	2,0	1,4	8	36	22	3,6	2,5	1,6
120	8	36	22	3,6	2,5	1,6	9	40	25	4,0	2,8	2,0
140	8	36	22	3,6	2,8	1,6	9	40	25	4,0	2,8	2,0
160	9	40	25	3,6	2,8	2,0	10	45	25	4,5	3,0	2,0
180	10	45	25	4,0	3,0	2,0	11	50	28	5,0	3,0	2,5
200	10	45	25	4,0	3,0	2,0	11	50	28	5,0	3,0	2,5
220	11	50	28	4,5	3,0	2,5	12	50	32	5,5	3,0	3,0
250	11	50	28	4,5	3,0	2,5	12	50	32	5,5	3,0	3,0
280	12	50	32	5,0	3,6	3,0	13	55	36	6,0	3,6	3,0
320	12	50	32	5,0	3,6	3,0	13	55	36	6,0	3,6	3,0
360	13	55	36	5,5	4,0	3,0	14	55	36	6,5	4,0	3,0
400	14	55	36	5,5	4,0	3,0	—	—	—	—	—	—

Длина гвоздя L	Облегченные					
	d	l	D	h	k	m
90	—	—	—	—	—	—
100	6	25	14	2,5	1,6	1,0
110	6,5	28	16	3,0	2,0	1,2
120	7	28	20	3,0	2,0	1,4
140	7	28	20	3,0	2,0	1,4
160	8	32	22	3,2	2,5	1,6
180	8	32	22	3,2	2,5	1,6
200	9	36	25	3,6	2,8	2,0
220	9	36	25	3,6	2,8	2,0
250	10	40	25	4,0	3,0	2,0
280	10	40	25	4,0	3,0	2,0
320	11	45	28	4,5	3,6	2,5
360	11	45	28	4,5	3,6	2,5
400	12	50	32	5,0	4,0	3,0

Пример условного обозначения гвоздей корабельных облегченных круглых длиной 200 мм, диаметром 9 мм: Гвоздь кораб. Ø 9×200 ГОСТ 1991—54.

Таблица VI

Нагели для деревянных морских судов

Диаметр нагелей, мм		Длина нагелей h , мм				Диаметр нагелей, мм		Длина нагелей h , мм			
		цилиндрических		конусных				цилиндрических		конусных	
d	d_1	от	до	от	до	d	d_1	от	до	от	до
18	14	100	250	200	500	27	23	200	450	250	750
20	16	100	300	200	600	30	26	250	500	300	800
22	18	150	400	200	650	35	31	250	600	300	900
24	20	200	450	250	700	40	36	250	600	300	900

Промежуточные значения длин нагелей выбираются через 50 мм.

Таблица VII

Винты для дерева. Глухари с шестигранной головкой (из ГОСТ 1432—42)
Размеры и сортамент, мм

Диаметр стержня $d_{\text{номин.}}$								Высота головки $h_{\text{номин.}}$							
Размер «под ключ» $S_{\text{номин.}}$								Диаметр головки $D \approx$							
35	×						20	120			×	×	×	×	70
40	×	×	×				22	140				×	×	×	80
50	×	×	×				28	160					×	×	90

Продолжение табл. VII

Длина глухаря $l_{\text{номин.}}$	Диаметр стержня d						Минимальная длина нарезанной части стержня l_0		Длина глухаря $l_{\text{номин.}}$	Диаметр стержня d						Минимальная длина нарезанной части стержня l_0
	6	8	10	12	16	20				6	8	10	12	16	20	
65	×	×	×	×			38		180					×	×	100
80		×	×	×	×		45		200						×	110
100			×	×	×		58									

Пример условного обозначения глухаря диаметром 10 мм, длиной 120 мм: Глухарь 10 × 120 ГОСТ 1432—42.

Окончание табл. VII

Вес глухарей (1000 шт.)

Размер, мм	Вес, кг	Размер, мм	Вес, кг	Размер, мм	Вес, кг	Размер, мм	Вес, кг	Размер, мм	Вес, кг	Размер, мм	Вес, кг
6×35	9,15	8×40	19,85	10×40	31,55	12×65	73,20	16×80	151,0	20×120	323,0
40	10,10	50	23,05	50	36,45	80	84,20	100	177,0	140	366,0
50	11,90	65	27,90	65	43,90	100	98,80	120	203,5	160	408,0
65	14,60	80	32,75	80	51,35	120	113,6	140	230,5	180	450,5
				100	61,45	140	128,7	160	258,0	200	492,0
				120	71,40			180	285,0		

Таблица VIII

Винты для дерева. Глухарь с квадратной головкой (из ГОСТ 1433—42)

Размеры и сортамент, мм

Диаметр стержня $d_{\text{номин.}}$	12	16	20	Высота головки $h_{\text{номин.}}$	8	10,5	13
Размер „под ключ“ $S_{\text{номин.}}$	22	27	32	Диаметр головки $D \approx$	31,2	38,2	45,4

Длина глухаря $l_{\text{номин}}$	Диаметр стержня d			Минимальная длина нарезанной части стержня l_0	Вес глухарей (1000 шт.)	
	12	16	20		Размер, мм	Вес, кг
65	×			38	12× 65 80 100 120 140	76,4 87,4 102,0 116,6 131,9
80	×	×		45		
100	×	×		58		
120	×	×	×	70		
140	×	×	×	80		
160		×	×	90	16× 80 100 120 140 160 180	157,0 183,0 209,5 236,5 264,0 291,0
180		×	×	100		
200			×	110		
					20×120 140 160 180 200	334,0 377,0 419,0 461,5 503,0

Пример условного обозначения глухаря диаметром 20 мм, длиной 200 мм: Глухарь 20 × 200 ГОСТ 1433—42

ЛИТЕРАТУРА

Б. А. Архангельский, А. И. Павлов. Клей и деревянные клееные конструкции в речном судостроении. Речиздат, 1953.

М. А. Бельгова. Склеивание древесины повышенной влажности. Труды ЦНИИРФ, вып. IX, Речиздат, 1951.

С. И. Ванин. Древесиноведение. Гослесбумиздат, 1949.

В. В. Давыдов, Н. В. Маттес, И. Н. Сиверцев. Учебный справочник по прочности судов внутреннего плавания. «Речной транспорт», 1958.

Н. К. Дормидонтов. Конструкция и устройство судов внутреннего плавания, ч. I. Водтрансиздат, 1953.

П. О. Зандин, Г. В. Ефремов. Материалы к расчетам крепости деревянных судов. Наркомречфлот, 1941.

Г. Г. Карльсен, В. В. Большаков, М. Е. Коган, Г. В. Свенцицкий. Деревянные конструкции, изд. 2-е. Гос. изд. литературы по строительству и архитектуре, 1952.

Д. Н. Николаев. Опыт проектирования и постройки корпусов морских деревянных рыбопромысловых судов. Пищепромиздат, 1954.

Д. Н. Николаев. Поточно-позиционная постройка кунгасов в стапель-кондукторе. Министерство рыбной промышленности Дальневосточных районов СССР, 1948.

Г. Е. Павленко. Основы конструктивной геометрии корабля. Речиздат, 1948.

А. И. Павлов. Клееные соединения в конструкции речных судов. Труды ЦНИИРФ, вып. IX, Речиздат, 1951.

А. И. Павлов. Прочность клееных судовых конструкций. Судпромгиз, 1955.

Л. М. Перелыгин. Древесиноведение. Гослесбумиздат, 1949.

Л. М. Перелыгин, А. Х. Певцев. Механические свойства и испытания древесины. Гослестехиздат, 1943.

В. А. Пономарев. Проектирование и постройка деревянных катеров. Наркомречфлот, 1946.

Речной Регистр СССР. Методология расчета прочности деревянных судов внутреннего плавания. Наркомречфлот, 1943.

Речной Регистр СССР. Материалы по судостроению и судоремонту, вып. 4, Речиздат, 1952.

Регистр СССР. Правила классификации и постройки морских деревянных судов на корабельном (футоксовом) наборе. «Морской транспорт», 1944.

Регистр СССР. Технические условия на постройку мелких морских деревянных судов (типа катеров). «Морской транспорт», 1943.

Регистр СССР. Инструкция для наблюдающих Регистра относительно конструкции, снабжения и оборудования рыболовных ботов. Гострансиздат, 1932.

И. Н. Сиверцев. Расчет и проектирование конструкции корпусов судов внутреннего плавания. Речиздат, 1952.

Г. Б. Терентьев. Исследование вопросов рационального конструирования продольных связей морских деревянных судов на футоксовом наборе. Гипрорыбфлот, 1956.

Г. Б. Терентьев. Номограммы для определения несущих способностей крепежных средств в деревянных конструкциях судового корпуса. Гипрорыбфлот, 1956.

ЦНИИПС. Исследования по деревянным конструкциям. Стройиздат, 1950.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
От издательства	3
Введение	4
Глава I. Конструктивные и архитектурные типы морских деревянных судов	7
§ 1. Размеры современных морских деревянных судов. Измерение главных размеров	—
§ 2. Классификация морских деревянных судов	—
§ 3. Основные типы морских деревянных судов	10
§ 4. Справочные данные по морским деревянным судам отечественной и зарубежной постройки	33
Глава II. Основные материалы и изделия, применяемые в морском деревянном судостроении. Соединения деталей корпусных конструкций	37
§ 5. Лесо- и пиломатериалы. Фанера (Породы леса и их применение. Физико-механические свойства древесины. Влажность древесины. Увеличение срока службы древесины. Лесоматериалы. Пиломатериалы. Фанера)	—
§ 6. Конструирование соединений на нагельных средствах крепления (Основные положения. Нагельные средства крепления. Соединения)	49
§ 7. Конструирование клееных элементов конструкций (Основные положения. Клеи. Клеевые соединения и элементы конструкций корпуса судна)	56
Глава III. Конструкция корпуса морских деревянных судов	68
§ 8. Общее описание конструкции корпуса (Назначение основных связей корпуса. Разбивка корпуса на отсеки. Суда на футоксовом наборе. Суда с натесными однорядными шпангоутами. Суда с гнутыми шпангоутами. Суда баржевой постройки)	—
§ 9. Характеристика основных связей (обшивки и набора) (Штевни, дейвуды, связи кормового подзора. Наружная обшивка. Основные связи продольного набора. Поперечный набор бортов и днища. Палубный настил и подпалубный набор. Переборки. Фундаменты и подкрепления. Надстройки, рубки, шахты, люки и палубные ограждения. Подкрепление корпуса судов, плавающих во льдах)	77
§ 10. Конструкции некоторых специальных типов судов, экспериментальные и новые конструкции (Суда типа «кавасаки» и «кунгасы». Суда с «продольно-монолитной» системой набора. Некоторые суда клееной конструкции, их особенности и преимущества)	152
Глава IV. Постройка морских деревянных судов	165
§ 11. Методы постройки. Влияние образований корпуса на технологичность конструкции (Характеристика методов постройки. Установившаяся технология постройки корпуса. Связь теоретического чертежа с технологией)	—
§ 12. Основы технологического проектирования (Трассирование геодезических линий по корпусу теоретического чертежа и корректировка его на технологичность. Технологическое проектирование основных связей корпуса)	176
§ 13. Заготовительные работы (Плазовые работы и шаблонизация. Заготовка деталей набора корпуса. Предварительная сборка секций и узлов)	184

§ 14. Стапельные работы (Сборка корпуса судна. Основные правила постройки. Конопатные работы. Испытание корпуса на водонепроницаемость)	190
§ 15. Особенности технологии склеивания (Краткие сведения по технологии склеивания. Техника безопасности при работе с клеями)	199
§ 16. Некоторые сведения о верфях деревянного судостроения (Состав цехов и их оборудование. Технологическая документация)	206
Глава V. Современное состояние строительной механики морских деревянных судов	214
§ 17. Общие положения	—
§ 18. Расчет прочности по допускаемым напряжениям (метод П. О. Зандина)	215
§ 19. Расчет прочности по предельным состояниям (метод П. Н. Матвеева)	219
§ 20. Метод конструирования продольных связей морских деревянных судов на футовском наборе	225
Приложение:	
Таблица I. Болты судовые с плоскосферической головкой для дерева (из ГОСТ 7731—55)	240
Таблица II. Болты судовые с полупотайной головкой (из ГОСТ 7732—55)	241
Таблица III. Шайбы судовые круглые для дерева (из ГОСТ 7734—55)	242
Таблица IV. Шайбы судовые квадратные для дерева (из ГОСТ 7735—55)	—
Таблица V. Гвозди для морских деревянных судов (из ГОСТ 1991—54)	243
Таблица VI. Нагели для деревянных морских судов	244
Таблица VII. Винты для дерева. Глухари с шестигранной головкой (из ГОСТ 1432—42)	—
Таблица VIII. Винты для дерева. Глухари с квадратной головкой (из ГОСТ 1433—42)	245
Литература	246

1 p.17к.