

Цена 8 р. 75 к.

КЛЕИ И ДЕРЕВЯННЫЕ КЛЕЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Б. А. АРХАНГЕЛЬСКИЙ и А. И. ПАВЛОВ

КЛЕИ И ДЕРЕВЯННЫЕ КЛЕЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ В РЕЧНОМ СУДОСТРОЕНИИ



1953

В книге описаны свойства клеев и клееных конструкций, применяемых в речном судостроении.

Особое внимание уделено водостойким клеям, которые используются для склеивания набора и обшивки речных судов.

На основе практики изготовления клееных деталей набора на речных верфях описаны принятые и рекомендуемые методы изготовления клееных конструкций самоходных и несамоходных судов, а также приведены основные положения по оценке прочности клееных деревянных конструкций.

Книга предназначена для инженерно-технических работников судостроительных и судоремонтных предприятий речного флота, а также может быть использована в качестве учебного пособия студентами речных ВТУЗов и техникумов.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Отечественное речное судостроение в больших количествах применяет древесину, используемую как основной строительный материал.

При постройке деревянных судов должна быть применена передовая технология, которая, в первую очередь, заключается в применении водостойких клеев и клееных конструкций.

Использование склеивания вместо крепежа значительно ускоряет процесс постройки судов, снижает их вес, позволяет применять более короткие и менее дефицитные пиломатериалы и облегчает проведение унификации заготовок.

Настоящая книга написана на основании многолетней практической работы авторов по изучению свойств водостойких клеев и по изготовлению и испытанию клееных судовых конструкций как в стендовых, так и в натурных условиях.

Учитывая отсутствие в имеющихся руководствах вопросов, связанных с практическим использованием рациональной теории склеивания, разработанной почти исключительно трудами советских ученых, в книге приведена специальная глава, кратко описывающая основные работы, проведенные в этой области.

Главы 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12, 13, 14 и 15 написаны канд. техн. наук Б. А. Архангельским при участии инж. Р. М. Абрамович.

Главы 1, 8, 9, 10 и 11 написаны канд. техн. наук А. И. Павловым.

ВВЕДЕНИЕ

Клееная древесина начинает приобретать большое значение в судостроении, в транспорте и в промышленности.

Как известно, различные пороки древесины не позволяют полноценно использовать древесные заготовки. Общеизвестен факт, что из 100 срубленных деревьев только несколько штук могут использоваться в деревянном судостроении для изготовления ответственных деталей корпуса судна; все же остальные бракуются вследствие наличия пороков (сучки, трещины, косослой и др.). При этом пороки, занимая лишь 5—10% объема всего кряжа, настолько понижают прочность древесины, что затрудняют использование остальной полноценной части кряжа.

Применяя склеивание, можно удалить эти пороки и использовать оставшуюся древесину как полноценный материал.

Например, пороки древесины, находясь в средней части деревянной балки, настолько понижают ее прочность, что делают ее непригодной для изготовления набора судна. Разрезав же эту балку на доски, с удалением негодной части, и склеивая доски между собою по пластям и на ус, с разгоном стыков, можно получить равнопрочную балку любой длины и прочностью, не уступающей прочности цельной древесины. Такого рода слоистые балки по механической прочности и по всем другим показателям значительно превосходят соединения деревянных балок при помощи различных замков, прочность которых составляет лишь 35—40% прочности цельной балки того же сечения.

Выгода изготовления слоистых клееных балок заключается еще в том, что сушка досок проходит несравненно быстрее, чем сушка целых кряжей. Кроме того, одновременно со склеиванием можно применить гнутье, в результате которого получается изогнутая по желаемому радиусу балка, у которой все волокна также изогнуты, а не перерезаны, как в случае вытесывания балки изогнутого профиля из цельной заготовки. Гнутье тонких досок, соединенное с их склеиванием, позволяет изготавливать изогнутые балки любой толщины и длины, что невозможно сделать из цельных заготовок даже применяя специальные методы пропаривания.

Советская техника располагает высококачественными водостойкими клеями, разработанными нашими учеными. Склеивание древесины такими клеями вполне правильно сравнивают со свариванием стали, так как в обоих случаях можно получить прочное соединение, равное прочности цельного материала.

Изготовление и применение клеев полностью освоено нашей промышленностью, необходимо лишь более широко внедрять методы склеивания в судостроение. В первую очередь водостойкие клеи и клееные деревянные конструкции должны найти широкое применение в речном судостроении и в судоремонте, применяющими древесину в качестве основного материала.

Как показали успешные опыты внедрения методов склеивания на верфях Министерства речного флота, для этого не требуется производить капитальных затрат.

ГЛАВА 1

ПИЛОМАТЕРИАЛ

§ 1. Пиломатериал, применяемый при изготовлении клееных деталей

В крупном деревянном судостроении преимущественное применение находят сосна и ель. В мелком судостроении кроме этих пород применяются: дуб, лиственница, ясень и другие породы. Древесина указанных пород хорошо склеивается водостойкими клеями.

Качество лесоматериала должно отвечать требованиям, изложенным в правилах постройки судов внутреннего плавания. Назначение пород и сортности лесоматериалов для клееных деталей производится в процессе проектирования судна и согласуется с Речным Регистром СССР при утверждении проекта судна.

Клееные детали судовых конструкций изготавливаются в основном из досок, а иногда из брусков. Слоистые детали мелких судов выклеиваются из досок толщиной от 8—10 мм до 35—40 мм, крупных судов — из досок толщиной от 15—25 мм до 50—60 мм. Применение более толстого материала в слоистых деталях усложняет их запрессовку при склеивании и вызывает появление внутренних напряжений в клеевых швах деталей при изменении влажности древесины. В некоторых деталях, например копанях, возможно применение коротких брусков, имеющих значительные размеры поперечного сечения. Бруссы соединяются по длине на ус, поэтому исключается их разделка на доски.

Перед склеиванием древесину рекомендуется высушить до влажности 15—18%. К склеиванию также может быть допущена древесина, имеющая влажность до 20%. Пиломатериал некоторое время должен храниться в помещении. Продолжительность его хранения обуславливается объемом работ по склеиванию, запасом пиломатериала и оснащенностью цехов. Как бы тщательно процессы сушки и хранения пиломатериала ни производились, почти всегда наблюдается коробление отдельных досок и брусков. Чем сильнее покороблены доски, тем труднее производить запрессовку пакета досок при их склеивании. При запрес-

совке толстых досок особенно сложно обеспечить необходимую толщину клеевого слоя. В этом случае в местах, где доски соприкасались друг с другом до сдвигания, при запрессовке почти весь клей выжимался; в тех же местах, где были зазоры, даже при запрессовке в мощных прессах, образуется толстый клеевой слой. После снятия пакета с пресса, доски стремятся принять свою первоначальную криволинейную форму, что вызывает перенапряжение клеевого шва.

В целях более рационального использования пиломатериала в клееных судовых конструкциях, он сортируется по качеству, согласно ГОСТ 3008-45 на 1-й и 2-й сорт.

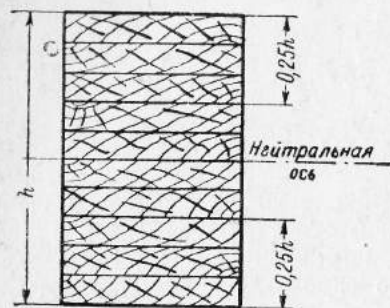


Рис. 1. Распределение качественной и некачественной древесины в клееной детали.

Для отдельных деталей набора судов надлежит применять пиломатериалы следующих сортов:

а) для деталей продольного набора, работающих на растяжение и сжатие при продольном изгибе корпуса (брусья продольного набора, пояса ферм, кильсоны, кони и т. п.) — 1-й сорт;

б) для поперечного набора и других деталей набора, подверженных изгибу под дей-

ствием поперечной нагрузки, отдельные участки которых претерпевают сжатие или растяжение, применяются различные по качеству материалы со следующим их распределением:

1) в наиболее напряженных наружных частях детали, равных примерно $0,25 h$, где h — высота поперечного сечения детали — 1-й сорт (рис. 1).

2) в остальной части детали, в районе, прилегающем к нейтральной оси, — 2-й сорт.

При изготовлении криволинейных брусьев максимальная толщина досок хорошего качества определяется в зависимости от минимально допустимого радиуса их изгиба в сухом состоянии (без распаривания), без появления расколов и надломов.

В табл. 1 приведены примерные величины минимально допустимых радиусов изгиба при холодном гнутье сосновых и дубовых досок в зависимости от их толщины. Указанные радиусы установлены на основании экспериментальных данных.

Качество досок должно соответствовать первому сорту; в досках должны, по возможности, отсутствовать косослой и сучки. Доски с дефектами можно изгибать лишь по большему радиусам, чем указано в таблице.

В клееных конструкциях может быть обеспечено широкое использование короткомерного материала. Удалением из длинных

досок участков, имеющих недопустимые пороки (сучки, свилеватость и т. п.), может быть достигнуто улучшение среднего качества пиломатериала, применяемого для изготовления клееных конструкций, а также повышен выход высокосортной древесины для судостроения.

Таблица 1

Минимальные радиусы изгиба пиломатериалов

Толщина досок, мм	Минимальные радиусы изгиба, мм		Толщина досок, мм	Минимальные радиусы изгиба, мм	
	сосна	дуб		сосна	дуб
5	500	450	25	2800	2200
8	800	650	30	3400	2700
10	1100	900	35	4000	—
12	1300	1000	40	5000	—
15	1600	1300	45	6000	—
20	2200	1900			

§ 2. Заготовка пиломатериала

Распиловка леса на пиломатериал, поступающий в крупное судостроение, производится так, чтобы использовать сердцевинную часть и наиболее полно заболонную часть бревна.

При постройке речных несамоходных судов выход судостроительного пиломатериала в основном не превышает 45%, максимум 50%.

Для получения высококачественного пиломатериала, применяемого в мелком судостроении, выбрасывают как сердцевинную трубку, так и значительную часть заболонной древесины, из-за чего выход судостроительного пиломатериала сокращается до 20—40%.

Применение водостойких клеев в крупном судостроении решает проблему изготовления из леса небольшого диаметра монолитных связей набора судов, имеющих большие размеры в поперечном сечении и по длине. Действительно, из бревна диаметром 22 см можно выпилить лишь брус, сечением 14×16 см (рис. 2, а). Однако для копаней речных судов даже небольших размеров (длиной 40—50 м), требуются брусья сечением 16×18 — 18×20 см; для судов длиной 90 м и более размеры брусьев достигают величин 22×24 см. Примерно в такой же пропорциональности увеличиваются размеры бимсов и деталей продольного набора речных судов. Еще больших размеров требуются брусья для набора судов разрядов плавания «О» и «М». Например, для продольного набора небольших судов этих раз-

рядов плавания используются брусья 18×20 см, которые могут быть выпилены из бревна диаметром 28 см (рис. 2, б).

На верфи Министерства речного флота, в основном, поступает лес малых размеров в диаметре и по длине, поэтому обеспечение корпусных цехов качественным пиломатериалом связано

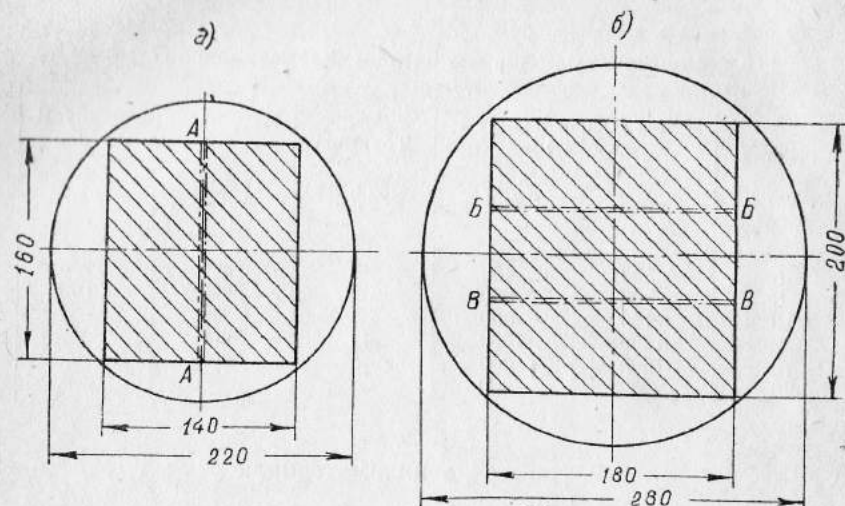


Рис. 2. Раскрой бревен.

с большими трудностями. Чтобы убедиться в справедливости отмеченного, достаточно ознакомиться со следующими цифрами, характеризующими поставки лесоматериала на одну из верфей:

диаметром до 20 см	поступает около	20%
» » 22 »	»	40%
» » 24 »	»	25%
» выше 24 »	»	15%

Приведенные цифры указывают на то, что основную массу леса, поступающего на верфи, составляют кряжи диаметром 20—24 см.

Следовательно, для использования такого леса в крупном деревянном судостроении, кряжи необходимо распиливать на доски и брусья сечением $40\text{--}60 \times 160\text{--}180$ мм (рис. 2, а и б) и из них выклеивать монолитные детали поперечного и продольного набора практически любых размеров как в поперечном сечении, так и по длине.

При распиловке бревен на доски и брусья для клееных деталей по сравнению с обычной распиловкой (рис. 2 а и б), будет производиться один, максимум два лишних реза. В связи с отмеченным, на пропилы (А—А, В—В) и последующую острожку поверхностей, образованных этими пропилами, затрачивается

15—18 мм от размера бруса. Иными словами, из бревна, вместо одного бруса, сечением 180×200 мм, будет заготовлено для склеивания три бруса шириной 180 мм и суммарной высотой около 185 мм. Такая незначительная потеря полезной древесины вполне оправдывается рациональным ее использованием в связях корпуса, не имеющих замков.

При распиловке бревен на брусья получается 14—20% «путных» досок толщиной от 19 до 30 мм, которые в крупном судостроении почти не используются и являются отходом судостроительного пиломатериала.

Применение склеивания позволит полностью использовать тонкие доски и, следовательно, повысить выход судостроительного пиломатериала до 60—65%.

§ 3. Сушка пиломатериала

Пиломатериал, идущий на изготовление клееных судовых деталей, необходимо сушить до влажности 15—18%.

В настоящее время в судостроении находят применение следующие способы сушки пиломатериалов:

- а) естественная сушка;
- б) камерная сушка;
- в) сушка токами высокой частоты.

Чтобы оценить целесообразность применения этих способов в речном судостроении, рассмотрим кратко их преимущества и недостатки.

Естественная сушка не требует больших расходов на оборудование и оплату квалифицированного обслуживающего персонала. Благодаря малой стоимости она получила повсеместное применение, несмотря на следующие недостатки:

1) время сушки зависит от атмосферных условий и в северных широтах Союза достигает весьма большого срока, что часто вызывает гниение древесины; 2) отсутствие возможности регулирования процесса сушки приводит к неравномерному высыханию внутренних и наружных слоев древесины и к возникновению трещин; 3) невозможно получить древесину с влажностью меньше ее воздушно-сухого состояния.

Камерная сушка имеет весьма широкое распространение, так как процесс сушки идет быстрее, чем естественным способом; возможно получить древесину с любой степенью влажности и, кроме того, при сушке происходит уничтожение грибковой инфекции древесины. Однако этот способ сушки требует значительных затрат на постройку камер, топливо и содержание обслуживающего персонала.

Сушка токами высокой частоты за последние годы получает все большее распространение. Этот способ сушки состоит в следующем: древесина, представляющая собой диэлектрик, помещается между пластинами конденсатора колебательного контура

лампового генератора высокой частоты. В электрическом переменном поле, вследствие диэлектрических потерь, древесина интенсивно прогревается. Нагревание происходит равномерно по всей толще высушиваемых деталей, однако тепловые потери на поверхности обуславливают устойчивый перепад температуры, который вызывает интенсивное продвижение влаги изнутри на поверхность детали. Следовательно, древесина сохнет по всему объему, а не с поверхности, как при естественном и камерном способах сушки.

Сушка пиломатериала токами высокой частоты не имеет в основном недостатков, присущих естественной и камерной сушке. Однако этот способ требует дорогостоящего оборудования и высококвалифицированного обслуживающего персонала. Стоимость сушки возрастает примерно в три раза по сравнению с сушкой в паровых камерах.

Организация, на той или иной верфи, в широких масштабах, склеивания потребует соответствующего объема работ по сушке пиломатериала; для правильного выбора того или иного способа сушки пиломатериала на определенной верфи, следует оценить возможности каждого способа, обратив особое внимание на их недостатки и экономичность применения. Выбор способа сушки пиломатериала для клееных деталей следует производить с учетом особенностей данной верфи.

Если на верфи создан одно-или двухгодичный запас деловой древесины, то правильнее в основном обходиться естественной сушкой древесины.

При наличии на верфи достаточно мощных и современных паровых камер и при недостатке электроэнергии, следует организовать камерную сушку пиломатериала.

Наконец, в том случае, если верфь имеет избыток электроэнергии, целесообразнее будет применение сушки токами высокой частоты.

Не исключена возможность применения так называемого комбинированного метода сушки, заключающегося в том, что до влажности 25—30% пиломатериал сушится естественным способом, а затем до влажности 15—18% — в камерах.

Возможность применения одной естественной сушки пиломатериала, идущего на изготовление клееных деталей, доказана опытом работ, проведенных под руководством автора на одной из верфей Министерства речного флота в 1951 г. Почти все клееные детали набора баржи-площадки были изготовлены из досок, прошедших лишь естественную сушку. При этом, при сортировке досок, в целях ускорения процесса сушки, штабели на 25—30 м³ досок были разложены на малые штабели по 8—10 м³ с редкой укладкой досок и со значительными интервалами друг от друга.

Этим было достигнуто значительное ускорение сушки материала.

§ 4. Обработка пиломатериала

Прочность клеевого слоя склеиваемых деталей зависит от тщательности подгонки и строжки склеиваемых поверхностей.

Исследованиями, проведенными в различных организациях, доказано, что максимальная прочность клеевого слоя обеспечивается строжкой склеиваемых поверхностей на строгальных станках с хорошо заточенными и выверенными ножами.

Сторожку досок можно производить на одно- двух- и четырех-сторонних строгальных станках. Сторожку на четырехсторонних станках следует предпочесть строжке на станках других типов, так как в них доска обрабатывается одновременно в двух размерах — по толщине и ширине, что сокращает время, затрачиваемое на обработку.

Ширину досок следует брать на 5—10 мм больше соответствующего размера склеиваемого бруса, что позволит прострогать брус после склеивания до требуемых размеров и удалить потеки клея.

При выклеивании прямолинейных и криволинейных слойчатых деталей из строганных досок не требуется производить дополнительную (ручную) подгонку досок, так как плотное прилегание их обеспечивается запрессовкой.

В случае соединения деталей встык на ус недостаточно лишь раздельно прострогать склеиваемые детали, необходимо обеспечить тщательное прилегание одной детали к другой как по пласти, так и по всей площади усового соединения.

Прочность клея, как связующего вещества при соединении отдельных деталей, больше прочности древесины тех пород, которые применяются в судостроении, при работе древесины на скалывание вдоль волокон и разрыв поперек волокон. Следовательно, требование особо тщательной обработки склеиваемых поверхностей относится прежде всего к случаю склеивания деталей из твердых пород древесины.

В речном судостроении, особенно в крупном, при постройке несамоходных судов, почти исключительно применяются сосна и ель — породы, обладающие весьма низкими пределами прочности при скалывании вдоль волокон и при разрыве поперек волокон. Поэтому вполне естественна будет постановка вопроса о снижении жестких требований в отношении тщательности обработки склеиваемых поверхностей, т. е. о возможности применения при изготовлении некоторых деталей набора, нестроганных досок и досок нетщательно простроганных.

На верфи им. Желябова под руководством автора для баржи-площадки были изготовлены детали поперечного и продольного набора из нестроганных досок, толщиной 19—30 мм, и досок такой же толщины, но прошедших нетщательную строжку. Под «нетщательной строжкой» понимается такая обработка, при которой с прострогиваемых досок снимаются стружки

толщиной не 4—5 мм на обе стороны доски, а лишь 1—2 мм. При этом доска прострагивается не по всей площади, а в некоторых местах остаются непростроганные участки. Такая строжка облег-

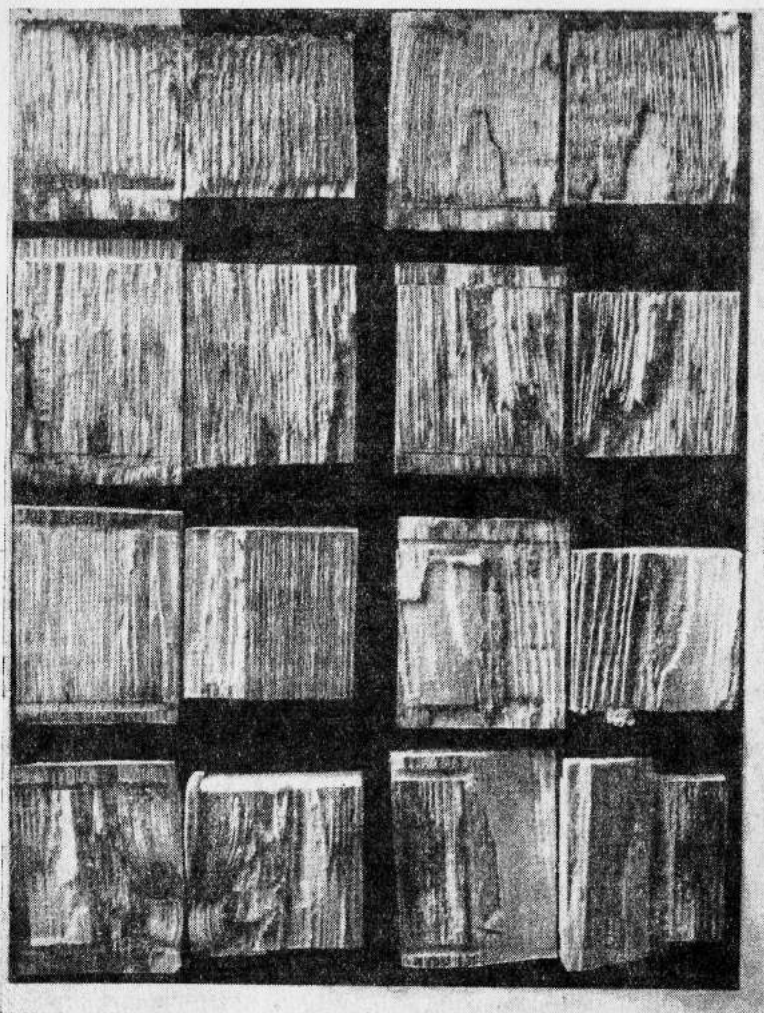


Рис. 3. Характер разрушения нестроганных образцов.

чает сборку досок в пакет перед склеиванием детали, по сравнению со сборкой из совершенно нестроганных досок и необходима в случае, если толщина нестроганных досок неодинакова.

Испытание стандартных образцов, вырезанных из деталей, склеенных из нестроганных досок или досок нетщательно остроганных, показали, что прочность склеивания получается не ниже, чем для деталей, изготовленных из строганных досок. На рис. 3

показано несколько разрушенных образцов; как видно, скалывание происходит в основном по древесине. Предел прочности при скалывании образцов, взятых от склеенных нестроганных досок, равен пределу прочности образцов, изготовленных из целой древесины.

Однако следует учитывать, что нестроганные или нетщательно обработанные поверхности можно допускать лишь у тонких досок, толщиной 15—30 мм и, кроме того, лишь в случае применения мощного прессового оборудования, при котором будет обеспечено достаточно хорошее прилегание склеиваемых поверхностей, а следовательно, и требующееся качество склеивания. При выклеивании деталей из толстых и недостаточно хорошо простроганных досок сложно избежать непрочных соединений.

В случае применения нестроганных досок более вероятны случаи загрязнения их пылью, что также приводит к образованию непрочных соединений. Поэтому нестроганные или нетщательно обработанные доски следует применять в тех зонах деталей, которые мало нагружены на скалывающие напряжения, например в наружных слоях копаней, бимсов и т. п.

ГЛАВА 2

КЛЕИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ СКЛЕИВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

§ 5. Выбор клея для склеивания деревянных конструкций

Клей, предназначенный для соединения отдельных элементов деревянного набора судов, должен обладать комплексом свойств, обеспечивающих прочность деревянных конструкций при любых условиях эксплуатации судна.

Как известно, в случае применения крепежных материалов для соединения частей набора при расчете эквивалентного бруса берется не полная площадь сечения продольных связей, а уменьшенная на некоторый редуцированный коэффициент, обычно определяемый по формуле:

$$K = \frac{T}{\sigma F},$$

где T — предельная нагрузка крепежа на срез;
 σ — допускаемое напряжение дерева на растяжение,
 F — полная площадь продольной связи.

При использовании клея необходимо, чтобы была создана равнопрочная конструкция и расчет прочности можно было бы вести без редуцированных коэффициентов. Другими словами, при использовании клея формула должна иметь вид:

$$K = \frac{T_{кл}}{\sigma F} \geq 1.$$

где $T_{кл}$ — временное сопротивление клеевого слоя на скалывание. Очевидно, что клей, который можно рекомендовать для использования в деревянных судовых конструкциях, безусловно целесообразно применять для любых строительных целей, так как в последнем случае деревянные конструкции подвергаются меньшим нагрузкам, чем судовые.

Клей для деревянных судовых конструкций должен соответствовать следующим условиям:

1. Пленка клея должна обладать высокой адгезией к дереву.

2. Прочность клеевого шва как в сухом, так и во влажном состоянии должна быть не ниже прочности древесины, находящейся в тех же условиях.

3. Клеевая пленка должна обладать высокой биологической стойкостью, т. е. в ней или на ней не должны развиваться процессы гниения, она не должна разрушаться плесенью или микроорганизмами.

4. Жизнеспособность клея, т. е. продолжительность его рабочего состояния должна обеспечить возможность его нанесения на большие поверхности и сборку намазанных им деталей.

5. Технология применения клея должна обеспечить возможность склеивания отдельных элементов набора при нормальной температуре (15—20°).

6. При склеивании в условиях цехов судостроительных заводов желательно применение простейших устройств и аппаратов.

7. Сырье, применяемое для производства клея, должно быть недефицитно и отечественного производства.

8. Клей должен, по возможности, склеивать древесину повышенной влажности.

9. Растворы клея должны обладать малой огнеопасностью, а клеевая пленка не должна увеличивать пожарную опасность при использовании дерева.

До настоящего времени еще не найдено такого идеального клея, который полностью обладал бы всеми перечисленными свойствами. Поэтому необходимо все указанные требования разделить на главные и второстепенные. К числу главных требований относятся первые пять.

Клей, не обладающий ими, практически не пригоден для склеивания деталей набора.

Все другие требования являются второстепенными и могут быть выдержаны лишь в некоторой степени. Например, практически невозможно клеить высоковлажную древесину (с содержанием влаги до 50%), все поры которой заполнены водой и, следовательно, возможность хорошей адгезии к поверхности такой древесины маловероятна. Точно также необходимо считаться с тем, что при более широком применении склейки этот метод должен быть оформлен более индустриально с применением определенной аппаратуры. Таким образом, независимо от состава клея и метода его применения в заводскую практику должны быть внедрены новые, более совершенные приемы склеивания, оформленные специальной аппаратурой.

В целях выбора наиболее совершенного состава клея, рассмотрим все известные составы клеев и составим их характеристики.

Собранные материалы помещены в табл. 2 и 3.

Как видно из таблиц, наиболее соответствуют предъявленным выше требованиям искусственные смоляные клеи на основе продуктов конденсации карбамида и фенола с формальдегидом. В таблицах, по условной пятибальной шкале, эти клеи оценены

Наименование клея	Белковые клеи	
	альбуминовый	столярный (кожный, костяной, рыбный)
Состав	Высушенная кровь или яичный белок (редко)	Аморфное вещество, получаемое вываркой кожи, костей и остат- ков рыбы
Внешний вид	Порошок (чешуйки)	Пластины, кусочки, порошок
Способ склеивания	Горячее склеивание	Склеивание водным раствором (гидрозо- лем) клея, нагретым до 60—70° С
Добавки к основной массе	Вода, щелочи, формаль- дегид	Вода с добавлением консервирующих ве- ществ.
Метод изготовления ра- бочей клеющей смеси	Перемешивание в хо- лодном состоянии	Вымачивание в воде, нагревание и переме- шивание
Жизнеспособность гото- вого клея	От 2 часов до несколь- ких суток	Продолжительная
Допускаемая влажность склеиваемого дерева (максимальная)	20—30%	20—30%

Таблица 2

Декстриновый клей	Белковый	Винилацетиле- новый	Каучуковый клей
декстриновый (крахмал)	казеиновый	карбинольный	резиновый
Декстрин	Молочный казе- ин или соевый казеин	Продукт полиме- ризации диме- тилвинилэтинил карбинола	Каучук натураль- ный или синтетиче- ский, растворенный в органических жид- костях
Порошок (мука)	Порошок (кру- пинки)	Вязкая жидкость	Вязкая жидкость
Холодное склеи- вание	В основном хо- лодное, иногда горячее склеива- ние	Холодное склеи- вание	Холодное склеива- ние
Вода с добавле- нием щелочи	Вода, щелочи (известь, аммиак)	Ускоритель схва- тывания (пере- кись бензола или азотная кислота)	Растворители, сера, ускорители вулкани- зации
Перемешивание при нагревании	Перемешивание в холодном со- стоянии	Клей смешивает- ся с ускорителем	Растворение клея на холоде
Несколько суток	Несколько часов	Жидкий карби- нол 2—3 месяца. Карбинол со ста- билизаторами до года. Карбинол с ускорителями несколько часов	Продолжительное время
15—20%	15—20%	10—15%	Применяется для склеивания дерева с резиной, для склеивания между собой деревянных деталей почти не применяется

Наименование клея	Белковые клеи	
	альбуминовый	столярный (кожный, костяной, рыбный)
Время полного схватывания	От 3 мин. (фанера при горячем прессовании) до 8—10 часов (при холодном прессовании)	2—18 часов
Прочность склейки дерева в сухом состоянии	Средняя (для фанеры)	Высокая
Прочность склейки дерева во влажном состоянии (при намокании после склеивания)	От низкой до средней	Низкая
Теплоустойчивость	Средняя	Средняя
Относительная стоимость	Низкая	Средняя
Основные области применения	Главным образом в фанерном производстве. Яичный альбумин для кожи и ценных работ	Для столярных работ с деревом для деталей, не подверженных действию влаги
Способность к биологическому разрушению (гниению)	Не стоек	Не стоек
Ориентировочная оценка применимости клея для деревянных конструкций (по пятибалльной системе)	1	3

Продолжение табл. 2

Декстриновый клей	Белковый	Винилацетиленовый	Каучуковый клей
декстриновый (крахмал)	казеиновый	карбинольный	резиновый
4—18 часов	2—18 часов при холодной склейке, 3 мин. при горячей склейке в прессе (тонкая фанера)	24 часа	От нескольких часов до суток
От низкой до средней	Высокая	Высокая	Высокая (для резины)
Низкая	От низкой до средней	Низкая	Высокая (для резины)
Низкая	Средняя	Средняя	Средняя
Низкая	Средняя	Высокая	Высокая
Для бумаги, иногда для фанеры	Для дерева, для фарфора и фаянса	Склеивание эбонита, черных металлов, мрамора, стекла, фарфора, дерева в сухом состоянии	Склеивание резины
Совершенно не стоек	Не стоек	Стой	Стой
1	4	3	2

Наименование клея	Клей на основе искусственных смол		
	карбамидный	фенольный	глифталевый
Состав	Продукт конденсации карбамида (мочевина, тиомочевина или меламина) с формальдегидом	Продукт конденсации фенола (резорцина) с формальдегидом	Продукт конденсации фталевого ангидрида с глицерином
Внешний вид	Порошок, вязкая жидкость или паста	Вязкая жидкость, порошок, пленка (на бумаге)	Порошок или вязкая жидкость (с растворителями)
Способ склеивания	Холодное склеивание, иногда горячее склеивание	Холодное склеивание или горячее склеивание	Главным образом горячее склеивание
Добавки к основной массе клея	Вода, растворители, катализаторы	Растворители (спирт, ацетон), катализаторы (контакт Петрова, серная кислота)	Органические растворители
Метод изготовления клея	При холодном склеивании смола с катализатором растворяется в воде. Иногда добавляется пшеничная мука. При горячем склеивании применяется одна смола в виде порошка, растворенного в воде, или в виде пасты	При холодном склеивании смола смешивается с ацетоном и катализатором. При горячем склеивании применяется одна смола в виде порошка.	При холодном склеивании смола растворяется в органических растворителях. При горячем склеивании смола применяется в виде порошка
Жизнеспособность клея	В растворе с катализатором несколько часов, в сухом состоянии до 6 месяцев	В растворе с катализатором несколько часов, в сухом состоянии до 6 месяцев	В растворе до 6 месяцев. В порошке до одного года

Таблица 3

Виниловый	На основе эфиров целлюлозы	Натуральный смоляной	
	нитроцеллюлозный	гуммиарабик	шеллак
Пластифицированные поливиниловые соединения (с растворителями)	Нитроцеллюлоза (нитроклетчатка) с пластификаторами и растворителями	Раствор гуммиарабика в воде	Раствор шеллака в спирте или в щелочах
Вязкая жидкость или гибкая пленка (без растворителя)	Вязкая жидкость	В твердом виде — смола, в растворе — вязкая жидкость	В твердом виде чешуйки желтого или красного цвета. В растворе — вязкая жидкость
Холодное склеивание или горячее склеивание	Холодное склеивание	Холодный	
Органические растворители, пластификаторы	Органические растворители, пластификаторы		Может быть растворен в буре или в щелочах
При холодном склеивании смола растворяется в органических растворителях. При горячем склеивании в виде пленки или в виде раствора	Нитроцеллюлоза растворяется в органических растворителях с добавлением пластификаторов	Растворение на холоде	
6 мес. — 1 год (в закупоренной таре)	6 мес. — 1 год (в закупоренной таре)	Продолжительное время	

Наименование клея	Клеи на основе искусственных смол		
	карбамидный	фенольный	глифталевый
Допустимая влажность скле- иваемого дерева	Максимальная 20%	Максимальная 20 %	До 10—15% (для дерева приме- няется редко)
Время полного схватывания	8—16 часов на холоде. При горячем прессовании от нескольких часов до нескольких ми- нут.	10—16 часов на холоде (при 16°). При горячем прессовании от нескольких часов до нескольких минут	Несколько часов
Прочность склеи- вания в сухом состоянии (для дерева)	Высокая	Высокая	Средняя
Прочность склей- ки во влажном состоянии (при намокании после склеивания)	Высокая для хо- лодной воды, для горячей воды от низкой до сред- ней	Высокая	Средняя
Теплоустойчи- вость	Высокая	Высокая	Высокая
Относительная стоимость	Высокая	Высокая	Высокая
Области приме- нения	Склеивание дере- ва на холоде, го- рячее склеивание фанеры, ткани (текстолит), бу- маги (гетинакс)	Склеивание дере- ва на холоде, го- рячее склеивание фанеры, ткани (текстолит), бу- маги (гетинакс)	Склеивание мине- ральных изделий, слоды, металла, линолеума и де- рева
Способность к биологическому разрушению (гниению)	Стоек	Абсолютно стоек	Стоек
Ориентировоч- ная оценка при- меняемости клея для деревянных конструкций (по пятибалльной системе)	4—5	5	3—4

Виниловый	На основе эфиров целлюлозы	Натуральный смоляной	
	нитроцеллюлозный	гуммиарабик	шпеллак
До 10—15%	До 10—15%, для дерева приме- няется редко	до 30 %	Для склеивания дерева приме- няется редко
От нескольких минут до нескольких часов (при горячем прессовании остывание под прессом или в форме)	Несколько часов	Несколько часов	
От низкой до высокой	Средняя	Средняя	Высокая
Для холодной воды средняя, горячая вода размягчает пленку	Средняя	Низкая	Средняя
Низкая	Средняя	Низкая	—
Высокая	Высокая	Высокая	Импорт
Горячее склеивание фа- нер, стекла (триплекс)	Склеивание кожи, металла, бумаги, стекла (триплекс) дерева	Склеивание бумаж- ки, дерева (небольшие детали)	Склеивание дере- ва, слюды, метал- ла и электротех- нических деталей
Стоек	Стоек	Не стоек	Стоек
3—4	3	2	3

нами высшей оценкой «5». Параллельно с ними должны быть учтены свойства столярного и казеинового клея, которые, до самого последнего времени, наиболее широко применяются для склеивания древесины в различных областях, в том числе и в речном судостроении.

В табл. 4 приведены данные о применении новейших смоляных клеев в промышленности.

Таблица 4

Области применения смоляных клеев

Области применения	Наименование клея	Карбамидный отвержденный на холоде	Карбамидный отвержденный при нагревании	Фенольный пленочный	Фенольный жидкий	Виниловый
Плоские доски	Фенольный	+	+	+	+	+
Профильные изделия из шпона	"	—	+	—	+	—
Судостроение						
Фанера для переборок и для обшивки	Карбамидный или фенольный	—	+	+	—	—
Части судового набора	Фенольный	+	+	—	+	—
Плоты и понтоны	"	+	+	—	+	—
Шлюпки	"	+	+	+	+	—

§ 6. Теория склеивания древесины

Склеиванием называется более или менее прочное соединение материалов между собою без применения каких-либо крепежных деталей. Обычно склеивание производится при помощи клеевого вещества, нанесенного в виде тонкой пленки на соединяемые поверхности. Клеевое вещество в дальнейшем затвердевает, прочно соединяя между собой склеенные материалы.

Все клеи принадлежат к разряду коллоидов. Коллоиды или, вернее, вещества, обладающие коллоидальными свойствами, образуют растворы, резко отличающиеся от растворов кристаллоидов. (например, раствор поваренной соли, сахара и пр.). Коллоидальные растворы (золи) обладают высокой вязкостью и легко переходят в студнеобразное состояние (переход из золя в гель). Клей является типичным коллоидом; от греческого названия клея «колла» и произошло наименование коллоида.

Затвердевание клея (и переход золя в гель) может быть вызвано различными причинами, из которых главнейшие:

- испарение растворителя,
- понижение температуры,

в) химическая реакция, в результате которой получается твердый гель,

г) процессы уплотнения (конденсации и полимеризации) вещества клея.

В настоящее время считают, что клеящая способность веществ складывается из следующих элементов:

а) Адгезия — прочность сцепления (прилипания) клея со склеиваемыми материалами.

Обычно считают, что существует адгезия первого рода, определяемая проникновением клея в макро- и микропоры склеиваемых материалов, и адгезия второго рода, определяемая как прилипание клея к склеиваемым поверхностям в результате физико-химических процессов.

б) Когезия — прочность вещества самого клея.

в) Аутогезия — прочность сцепления поверхностей двух материалов между собою без применения клея или прочность взаимосцепления клеевых пленок.

В наиболее простых случаях процесс склеивания объясняют проникновением частиц клея в поры и капилляры склеиваемых материалов. Эта теория наиболее часто используется в случае склеивания древесины. При этом клей как бы образует мост между двумя кусками дерева и этот мост закрепляется и переплетается с деревом при помощи капилляров.

Прочность склеивания согласно этой теории зависит от сил прилипания клея к поверхности капилляров и от сцепления частиц клея между собой за счет сил когезии. Раствор клея при нанесении его на поверхность (например, дерева) проникает внутрь материала по капиллярам.

Общеизвестно, что жидкость поднимается по капиллярам на некоторую высоту h . На каждую единицу длины периметра границы: стенки капилляра — жидкость, действуют силы поверхностного натяжения σ , направленные под углом Θ к образующей цилиндрического капилляра. Вертикальная слагающая этого усилия равняется $\sigma \cos \Theta$, а сумма слагающих, действующих по всему периметру, будет равна:

$$2 \pi r \sigma \cos \Theta.$$

Эта сила уравнивает вес столба жидкости высотой h , равной $\pi r^2 s h$ (s — удельный вес жидкости).

Следовательно

$$2 \pi r \sigma \cos \Theta = \pi r^2 s h,$$

откуда

$$h = \frac{2 \sigma \cos \Theta}{rs}.$$

Величина h может быть весьма большой. Например, если (для воды) $r = 10^{-3}$ см, $h = 150$ см.

На стенках капилляров происходит концентрация клея, вследствие поглощения растворителя или воды стенками. Концентра-

ция вещества клея увеличивается также за счет адсорбции на поверхности капилляров. Таким образом, золь клея переходит в гель, образуя сухое вещество клея. Следовательно, внутри капилляров происходит загустевание клея и увеличение его вязкости, что служит причиной быстрой закупорки капилляров.

Прочность клеевого моста зависит от глубины проникновения клея в капилляры, от адгезии его к стенкам капилляров и от когезии самого вещества клея.

Вязкость клея имеет весьма существенное значение, так как в зависимости от нее находится способность клея более или менее глубоко проникать в поры склеиваемых материалов. По этим же соображениям для некоторых материалов рекомендуется предварительная обработка склеиваемых поверхностей («шероховка», обработка пескоструйным аппаратом и т. д.) в целях создания участков, с которыми клей лучше схватывается. Кроме того, путем создания неровностей значительно увеличивается склеиваемая площадь (например, при обработке песком площадь увеличивается до 20 раз). Для пористых материалов, в том числе для дерева, наоборот, надо иметь гладкую поверхность.

В целях понижения вязкости клея нередко рекомендуется его сильнее растворять или нагревать, что в некоторых случаях облегчает проникновение клея в поры материала, согласно законам поверхностного натяжения. Однако, например, для дерева вязкость клея, дающего оптимальные показатели склеивания, должна лежать в определенных пределах, так как клеевые растворы с минимальной вязкостью дают малопрочную «голодную» склейку.

В этом отношении некоторые исследователи пошли еще дальше и установили линейную зависимость между прочностью склеивания и вязкостью клея. Это предположение допустимо лишь в сравнительно узких пределах.

Принято считать, что явление смачивания поверхностей играет весьма большую роль при склеивании, так как посредством его достигается лучший контакт со склеиваемым веществом. Как известно, поверхности твердых тел смачиваются одними жидкостями (прилипание) и не смачиваются другими жидкостями, не прилипающими к ним.

Исходя из указанных соображений, для прочного склеивания надо подбирать растворитель, хорошо смачивающий поверхность, так как это обеспечит наилучший контакт клея со склеиваемой поверхностью. Однако это положение, вероятно, нуждается в определенной корректировке, так как согласно обстоятельному исследованию, проведенному проф. П. П. Кобеко, не имеет значения, смачивает ли клей поверхность или нет.

В подтверждение этого проф. П. П. Кобеко указывает, что, например, фенолфталеиновый клей в одинаковой степени прочно склеивает как дерево (не смачивает), так и металлы (хорошо смачивает). Проф. П. П. Кобеко делает вывод, что в некоторых

случаях прочность сцепления клея с твердыми телами не зависит от полярности и смачиваемости поверхности этих тел жидким клеем.

В клеющих веществах придают большое значение силам когезии. Поэтому прочность склеивания рассматривается как функция механической прочности тонкой пленки. Получение наиболее тонкой пленки в склеивающем слое, в свою очередь, зависит от совершенства поверхности, т. е. полировки склеиваемых материалов.

Грубая обработка поверхности сильно увеличивает среднюю толщину клеевого слоя, затрудняет удаление пузырьков воздуха и поэтому прочность склеивания уменьшается.

Известно, что поверхность материалов, а в особенности свежая (т. е. вновь полученная поверхность), обладает иными свойствами, чем тот же материал в глубине или после выдержки на воздухе. Например, поверхность свежесорванной древесины обладает более активными физическими свойствами, чем та же поверхность после нескольких минут экспонирования на воздухе. Если же эта поверхность в «свежем» состоянии защищена каким-либо покрытием, то ее активные свойства сохраняются в течение нескольких дней.

Дерево, поверхность которого зачищена непосредственно перед склеиванием, дает более прочные соединения, чем дерево с заранее зачищенной поверхностью.

Чистота поверхности также имеет существенное значение. Загрязнение или замасливание поверхности снижает эффект адгезии.

В пористых телах, в том числе и в дереве, прочность склеивания исключительно зависит от прочности клеевой пленки и от степени пористости материала. Чем больше пор или чем меньше плотность дерева, тем должно быть прочнее склеивание, что отмечается в табл. 5.

Таблица 5

Зависимость прочности склеивания от породы дерева

Породы дерева	Плотность в г/см ³	Прочность на разрыв в кг/см ²
Ясень	0,74	41,1
Красный бук	0,74	40,7
Дуб	0,86	26,9

Проф. Б. В. Дерягин и проф. Н. А. Кротова в своей книге «Адгезия» указывают на большое значение электростатических сил, возникающих при контакте склеенных тел. Электрическая теория адгезии выдвигает два основных положения:

1. Адгезия твердых клеевых пленок обуславливается электростатическим притяжением зарядов двойного электрического слоя

(микроконденсатора), образованного на поверхности раздела пленки — основание (подкладка).

2. Отрыв пленки от основания, особенно в области больших скоростей, представляет собою процесс разведения обкладок микроконденсатора до наступления газового разряда.

Б. В. Дерягин и Н. А. Кротова указывают, что при отрыве клеевых пленок от их основания, поверхности отрыва оказываются наэлектризованными противоположными зарядами, что может явиться результатом разделения при отрыве как бы обеих обкладок молекулярного двойного электрического слоя.

Адсорбция, или пристаивание клея, связана с понижением поверхностной энергии на границе с твердым телом. Если твердое тело образовано полярным веществом, то частицы клея ориентируются к нему своими дипольными концами. Например, при нанесении на металл молекулярного слоя жирных кислот, последние прочно ориентируются на нем, обращаясь к его поверхности своими кислотными радикалами. Другими словами, они как бы вступают в химическое соединение с молекулами металла, образуя соответствующие соли.

На этом основании проф. П. П. Кобеко считает, что на поверхности слюды, стекла, фарфора и т. п. силикатов всегда находятся активные катионы щелочных металлов, по отношению к которым должны обладать высокой адгезией клеи, содержащие кислотные группы, такие как, например, смолы, масляные лаки и т. д. Клеи же на основе эфиров целлюлозы, у которых карбоксильные группы связаны, довольно легко отстают от этих материалов, особенно при нагревании.

Склеивание таких неполярных материалов, как каучук и другие, производят химически сходными неполярными веществами.

При проведении работ с клеями было установлено, что применение наполнителей уменьшает коэффициент усадки клеевого слоя при высыхании или отверждении последнего. Особенное значение это явление приобретает при склеивании материалов, которые отличаются отсутствием усадки и имеют более низкие коэффициенты термического расширения, чем клеевой слой. Путем введения наполнителей удается понизить усадку при схватывании и коэффициенты термических изменений размеров клеевого слоя, благодаря чему вся система (твердый материал—клей) приобретает более стабильные свойства и большую прочность, так как клеевая пленка и склеенный ею материал, при различных условиях, изменяют свои размеры приблизительно одинаково.

Как показали экспериментальные исследования, наилучшие результаты получаются с такими наполнителями, как микроасбест, каолин, тальк и другими веществами, добавленными к клею в количестве от 5 до 25%. При этом имеет значение смачиваемость наполнителя избранным клеем.

В отношении склеивания древесины было высказано предположение о химическом взаимодействии между древесиной и клеем,

происходящем при процессе склеивания белковыми клеями. Это предположение обосновывалось тем, что некоторые породы дерева, плохо склеиваемые, увеличивали прочность клеевого шва после обработки их содой. Было доказано химическое сродство желатинны к целлюлозе дерева.

При замене наиболее активной аминной группы другим радикалом, желатина теряет свои клеящие свойства.

Этой же теории придерживается проф. В. Я. Курбатов, который объясняет прилипание клея к дереву и желатинны к стеклу образованием солеподобных соединений, так как клетчатка и стекло имеют более сильно выраженные кислотные свойства, чем желатина и клей. При склеивании орехового дерева силикатом натрия было установлено, что максимум прочности получается при определенном соотношении SiO_2 и Na_2O . Поэтому здесь можно предполагать о наличии в данном случае химической реакции. Д. Л. Талмуд и С. М. Бреслер указывают, что на силы взаимодействия между склеиваемой поверхностью и поверхностью затвердевшего склеивающего слоя можно искусственно воздействовать.

Для этой цели необходимо ввести на границу раздела двух тел адсорбционный слой, т. е. изменить поверхностную энергию на границе раздела двух твердых фаз. Эти адсорбционные слои исследователи называли «молекулярным припоем». Например, при склеивании кварцевого песка при помощи кремнекислоты в качестве такого молекулярного припоя был использован паратулуидин, который был предварительно адсорбирован на частицах кварцевого песка.

Путем специальной обработки поверхности склеиваемых материалов можно повысить прочность клеевого соединения, например, Б. А. Архангельский при склеивании карбамидными клеями древесины предварительно обрабатывал дерево отвердителем и затем проводил склейку в обычных условиях. Благодаря этому приему прочность склейки повышалась на 15—20% и скалывание склеенных образцов проходило по древесине, а не по клеевому шву. В некоторых случаях является целесообразным покрывать древесину исходными компонентами в целях получения клеящего вещества путем конденсации этих компонентов при соединении двух кусков древесины.

Изучая процесс склеивания древесины различными фенолальдегидными смолами, автор пришел к заключению о возможности химической реакции между фенольными смолами и веществом древесины.

§ 7. Белковые клеи

Белковые клеи, благодаря их дешевизне, безвредности, простоте применения и высокой прочности склейки в сухом состоянии применяются в речном судостроении для склеивания древесных материалов и деревянных конструкций, не подвергающихся

непосредственному действию воды. Например, эти клеи применяют для склеивания судовой мебели, надстроек и т. д.

К классу белковых клеев принадлежат различные виды широко известного столярного клея (мездровый, шубный, костный, рыбный и др.). Столярный клей известен в технике также под названием глютинового клея. Этот клей обладает обратимыми свойствами, т. е. при нагревании, особенно в присутствии воды, твердый клей опять переходит в желеобразное состояние. Этот вид клея в судостроении большого значения не имеет.

К классу белковых клеев также принадлежат казеиновые клеи, которые обладают более высокой водостойкостью по сравнению со столярным клеем. Казеиновые клеи имеют вид порошка, смешиваемого при употреблении с водой. В настоящее время казеиновые клеи в промышленности более широко применяются, чем столярный клей.

К белковым клеям также относится альбуминовый клей, который изготавливается на основе кровяного альбумина, вырабатываемого на мясокомбинатах. Альбуминовый клей применяется для горячего склеивания фанеры и самостоятельного применения в речном судостроении не имеет.

Казеиновые клеи. Основным исходным продуктом для изготовления этого вида клея является казеин, который получается путем осаждения обезжиренного молока. Приготовление казеиновых клеев основано на свойствах казеина (как кислоты) образовывать нерастворимые в воде соли казеинаты с некоторыми окисями тяжелых металлов, а также с окисями щелочно-земельных металлов. Наиболее широко применяется для этих целей гашеная известь, при воздействии которой на раствор казеина получается нерастворимый казеинат кальция. Сухой казеиновый клей изготавливают, смешивая казеин, размолотый в порошок, с известью, фтористым натрием, медным купоросом и керосином.

Известь является одной из главных составных частей казеиновых клеев. Она вводится в форме пушонки и придает клею водостойкость. Пригодность извести для клееприготовления характеризуется постоянством состава и высоким содержанием окиси кальция (CaO), а также отсутствием нерастворимых в воде примесей, как например, кремнезема (SiO_2) и мела (CaCO_3).

Излишек введенной в состав казеинового клея извести понижает жизнеспособность клея и увеличивает хрупкость клеевой пленки.

Фтористый натрий является одним из лучших растворителей казеина, поэтому добавляют его для обеспечения растворения казеина при приготовлении клеевого раствора. Для этих целей применяется главным образом нейтральный фтористый натрий, свободный от фтористоводородной кислоты и содержащий не менее 75% NaF . Следует избегать увеличения количества фтористого

натрия, так как его излишек уменьшает водостойкость клеевой пленки.

Медный купорос удлиняет рабочую жизнеспособность клея и увеличивает его водостойкость. Присутствие керосина устраняет комкование порошка клея, как при хранении, так и при изготовлении клеевого раствора.

Иногда в состав клея вводят антисептики для устранения его плесневения. В качестве антисептиков для казеинового клея могут быть рекомендованы:

- а) оксидифинил в количестве 3% к весу казеинового порошка,
- б) этилмеркурфосфат в количестве 0,15%,
- в) динитрофенол в количестве 3%,
- г) парофазная фенольная смола (отход производства фенола) в количестве 10—15% в зависимости от содержания воды в парофазной смоле.

В связи с ядовитостью этилмеркурфосфата его следует применять с известными предосторожностями согласно специальной инструкции.

Обладая высокой прочностью в сухом состоянии, казеиновый клей теряет эту прочность при нахождении в воде. В связи с этим применение казеиновых клеев может быть допущено в речном судостроении только для склеивания судовой мебели, мачт, рангоута парусных судов и других конструкций, не подвергающихся непосредственному воздействию воды.

Казеиновый клей делится на следующие марки: В-105, В-107 и ОБ (ГОСТ 3056-45), различающиеся главным образом по прочности склейки. Разница между марками В-105 и В-107 заключается в том, что для марки В-105 применяется казеин первого сорта, а для марки В-107 — казеин первого и второго сортов по 50% каждого. В остальном состав их одинаков.

По внешнему виду казеиновый клей представляет собой сухой белый порошок ровного помола с сероватым и желтым оттенком. Тонкость помола должна быть такова, что через сито № 60 (60 отверстий на линейный дюйм) должно проходить 95% навески. В порошке не допускается наличие насекомых или их личинок, а также комков, не растирающихся между пальцами. Срок хранения клея в сухом неотапливаемом помещении, при температуре не выше 30°, — пять месяцев со дня выпуска клея из производства. После пятимесячного хранения клей осматривается и перед пуском в производство испытывается вновь.

Состав казеиновых клеев марок В-105 и В-107 в весовых частях следующий:

Казеин (кислотный)	70,68
Фтористый натрий	8,48
Известь пушонка	19,08
Медный купорос	0,35
Керосин	1,41

При приготовлении клея марки В-107 применяется 35,34 вес. части казеина первого сорта и 35,34 вес. части казеина второго сорта.

Состав казеинового клея в весовых частях марки ОБ:

Казеин 2-го сорта	70,92
Фтористый натрий	4,26
Известь пушонка	19,15
Сода кальцинированная	4,26
Керосин	1,21

Клеевой раствор казеинового клея готовят путем растворения порошка в чистой питьевой воде. Порошок клея разводят в воде комнатной температуры при соотношении порошка к воде от 1:1,7 до 1:2,3, в зависимости от требуемой начальной вязкости. Необходимую степень разведения порошка клея водой для получения клеевых растворов с различной вязкостью, приближенно можно наметить по начальной вязкости клеевого раствора (через час после начала замешивания) при разведении 1:2,1 (табл. 6).

Таблица 6

Определение степени разведения порошка клея водой в зависимости от начальной и требуемой вязкости

Вязкость при разведении 1:2,1 через час после начала замешивания в градусах по вискозиметру № 36	Требуемая вязкость в градусах по вискозиметру № 36			
	60—70	80—110	120—160	200—230
40—60	1:2,0—1:2,1	1:1,9—1:2,0	1:1,8—1:1,9	1:1,7—1:1,8
61—100	1:2,1—1:2,2	1:2,0—1:2,1	1:1,9—1:2,0	1:1,8—1:1,9
101—120	1:2,2—1:2,3	1:2,1	1:2,0—1:2,1	1:1,9—1:2,0

Для приготовления казеиновых клеев следует пользоваться механическими клеешалками. Перемешивание клея должно производиться в течение часа.

При изготовлении жидких клеевых растворов (1:2,2 и 1:2,3) или наличии в растворе нераспадающихся комков, рекомендуется налить в бак около $\frac{2}{3}$ требуемого количества воды, пустить в ход клеешалку и постепенно добавлять все количество клеевого порошка, размешивать до получения однородного раствора и затем добавить небольшими порциями остальную $\frac{1}{3}$ воды; после этого размешивать обычным порядком.

Готовый клеевой раствор должен сохранять рабочую вязкость не менее 4 часов после начала размешивания его с водой. Для обеспечения нормальной рабочей жизнеспособности, летом рекомендуется при приготовлении клеевых растворов применять

охлаждение воды и клеевого раствора до нижнего температурного предела (+10° С). Зимой при низких температурах в клеезаготовительной мастерской и в клеевых цехах (температура ниже +15°) рекомендуется применять теплую воду с температурой 25° С. Наблюдающееся иногда быстрое загустевание раствора в первый момент размешивания не опасно. В этом случае клеешалку следует приостановить и дать клеевой массе разжижиться. Затем размешивать в обычном порядке. При наличии нераспадающихся комков, рекомендуется клеевой раствор пропустить через сито № 20 или 30, протерев при этом комки.

При склеивании деревянных конструкций наивысшая рабочая вязкость казеинового клея допускается в 200° по вискозиметру № 36. Клеевой раствор не ранее чем через 2,5 часа после начала размешивания с водой и не позднее, чем через 6 часов должен иметь вязкость не более 200°. По истечении 24 часов клеевой сгусток не должен разжижаться, а иметь вид плотного эластичного студня. Загустевший клей нельзя разбавлять водой и смешивать со свежеприготовленным.

Склеивание деревянных конструкций казеиновым клеем допускается в пределах температур от 12 до 20°. При этом влажность древесины должна быть не более 18—20%. При намазывании клея применяется двухстороннее нанесение его толщиной слоя из расчета расхода клея 700—1000 г/м² (или 230—340 г сухого порошка). Намазанная клеем древесина выдерживается на воздухе в течение 2—5 минут, затем соединяется и дается закрытая пропитка в течение 5—25 минут, после чего образцы запрессовываются под давлением. Удельное давление при склейке материалов толщиной более 5 мм составляет 2—4 кг/см², а при склейке тонких материалов 0,5—1 кг/см².

Выдержка под давлением:

а) при склейке без специального нагрева составляет для прямолинейных деталей 6—8 часов, для изогнутых при склеивании 10—18 часов;

б) при электронагреве — для склеиваемых материалов толщиной до 10 мм — 45 минут, толщиной до 15 мм — от 1 часа 30 минут до 2 часов;

в) в сушильной камере — 2 минуты на 1 мм склеиваемого материала.

Так как время полного отверждения клея наступает только через 15 часов, механическая обработка склеенных деталей при склеивании их без нагрева должна производиться не ранее 24 часов после склеивания, а ручная обработка не ранее 12—18 часов.

При склеивании древесины при нагреве, в зависимости от сечения и конструкции ее, обработка допускается через 1—2 часа после склеивания.

Клеящая способность казеинового клея характеризуется пределом прочности при скалывании клеевых образцов дуба в сухом и вымоченном состоянии. При применении клеев марок В-105 и

В-107 предел прочности при скалывании в сухом состоянии должен быть не ниже 100 кг/см², а после вымачивания в воде комнатной температуры в течение 24 часов — не менее 70 кг/см². Предел прочности при скалывании образцов дуба, склеенных клеем марки ОБ, в сухом состоянии не менее 70 кг/см², а после вымачивания в течение 24 часов — не менее 50 кг/см².

Казеино-цементный клей. С целью увеличения водостойкости казеинового клея рекомендуют вводить в его состав цемент.

Казеино-цементный клей готовится из казеинового клея марки В-107, с введением в него портланд-цемента и антисептика.

По данным Центрального научно-исследовательского института промышленных сооружений (ЦНИИПС) введение портланд-цемента увеличивает водостойкость казеиновых клеев и уменьшает усадку клеевого шва при высыхании, а также дает возможность производить склейку не чисто обработанных склеиваемых поверхностей. Вместе с тем достигается экономия в расходе казеинового клея.

Состав казеино-цементного клея в весовых частях следующий.

Казеинового клея в порошке	100
Цемент марки «200» и выше	75
Антисептика динитрофенола или оксидифенола	3

Портланд-цемент должен быть чистым, не содержать песка или каких-либо других примесей. Тонкость помола цемента должна соответствовать марке цемента «000», т. е. на сите 900 отв/см² должен быть остаток в пределах от 0,5 до 1%.

Приготовление казеино-цементного клея аналогично приготовлению казеинового клея.

Цемент предварительно просеивается через сито с 64 отверстиями на 1 см². Затем вводится в клей после того, как раствор казеинового клея с водой размешан до состояния однородной массы. Раствор казеинового клея с водой перемешивается в течение 40—50 минут. После добавления цемента масса вновь перемешивается до однородности, выдерживается в покое 5—10 минут, после чего клей готов к употреблению.

Для казеино-цементного клея рабочая жизнеспособность считается при вязкости клея в пределах 35—80° по вискозиметру № 36.

Для судостроительных конструкций казеино-цементный клей еще не применялся и опытные данные по этому вопросу отсутствуют.

Кроме того, применяются казеино-силикатные клеи, в состав которых вводят силикат натрия (растворимое стекло), способствующий образованию кремнекислых соединений.

Состав такого клея следующий: казеина 100 в. ч., гашеной извести 20—30 в. ч., силиката натрия (крепостью 38—40 Be) 70 в. ч., воды 300—350 в. ч.

Этот клей дает прочные соединения, но водостойкость его недостаточная.

§ 8. Смоляные клеи

Общие понятия. Наиболее водостойкими и прочными являются клеи, которые условно называются смоляными.

Эти клеи получают путем использования искусственных смол, которые широко применяются в производстве пластических масс. Клеи из природных натуральных смол (канифольные, шеллачные и др.) дают менее прочное соединение и поэтому в деревянном судостроении не применяются.

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.

Клеи также изготовляют из смол, изготавливаемых конденсацией карбамида (мочевина) и формалина. Вместо карбамида можно брать родственные ему соединения тиомочевину и меламин.

Фенольные клеи холодного склеивания. Фенольные или фенолоальдегидные клеи получают путем взаимодействия фенола (карболовой кислоты) или крезола и формальдегида. Последний применяют в виде водного раствора, называемого формалином и содержащего от 30 до 40% формальдегида. Фенол представляет собою белое кристаллическое вещество с характерным запахом.

Для получения фенолоальдегидной смолы фенол и формалин смешивают между собой в определенных соотношениях и нагревают в присутствии катализаторов (веществ, ускоряющих реакцию). В результате реакции получается жидкая смола красно-коричневого цвета, которая применяется как клеящий материал.

Фенолоальдегидная смола часто называется бакелитом, или бакелитовой смолой, а изготовленный на ней клей — бакелитовым клеем. Эта смола отличается необратимыми свойствами. При определенных условиях она переходит из плавкого и растворимого состояния в неплавкое и нерастворимое. Этой особенностью пользуются в технике, применяя для склеивания растворимый продукт, а затем переводят его в нерастворимое состояние, благодаря чему получается водостойкое соединение.

Этот переход необратим, т. е. нельзя опять растворить или расплавить затвердевшую смолу. Процесс перехода смолы в неплавкое и нерастворимое состояние в технике называют бакелизацией или отверждением; иногда его называют, не совсем точно, полимеризацией.

Отверждение смолы при обычных условиях проходит очень медленно, обычно для этого требуется несколько месяцев. Повышенная температура значительно ускоряет процесс отверждения. Во многих случаях такое нагревание неудобно или даже невыполнимо, поэтому прибегают к холодному отверждению клея или

к холодной полимеризации. Для этой цели в состав клея вводят специальные вещества, ускоряющие процесс отверждения. Обычно в качестве таких ускорителей применяют различные кислоты. В простейшем случае применяют соляную кислоту, смешанную со спиртом. Лучшие результаты получают, применяя толуолсульфонилхлорид. В СССР для отверждения фенольных клеев часто применяют контакт, предложенный проф. Г. С. Петровым, представляющий собой продукт обработки (очистки) керосинового дистиллата (нефтяные погоны, содержащие керосин) серной кислотой или серным ангидридом. В состав керосинового контакта входят сульфонафтенновые кислоты, способствующие отверждению клея.

Применяя контакт Петрова и одновременно увеличивая температуру, можно значительно сократить время схватывания клея. Фенолоформальдегидные клеи водостойкие, маслостойкие, бензо- и кислотостойкие. Благодаря наличию в клее свободного фенола и формальдегида, клеи обладают биологической стойкостью и поэтому они не покрываются плесенью и не портятся насекомыми.

Из фенольных клеев наибольшее применение для склеивания деревянных судовых конструкций могут найти клеи марок: ВИАМ Б-3, КБ-3, КДМ-6 и ЦНИПС-2.

Другие марки клеев, например клеи ЦНИПС-1 и другие, большого применения не имеют.

Характеристики механических свойств древесины, склеенной при помощи клеев ВИАМ Б-3 и КБ-3, приведены в табл. 7.

Свойства склеенной древесины

Наименование клея	Предел прочности при скалывании склеенных дубовых образцов			
	в сухом состоянии		после вымачивания в течение 48 часов	
	прочность при скалывании кг/см ²	проц. раз- рушения по древесине	прочность при скалыва- нии кг/см ²	проц. раз- рушения по древесине
ВИАМ Б-3	160	80	126	80
КБ-3	160	80	128	80

Преимуществом клея КБ-3 является меньшее содержание свободного фенола, составляющее 5% вместо 21% фенола в смоле ВИАМ Б-3. Таким образом, клей КБ-3 является менее вредным при его использовании. Вместе с тем, в смоле КБ-3 содержится больше воды (30%), чем в смоле ВИАМ Б-3 (20%), что в некоторых случаях может сказаться, например, при выклейке обшивки из шпона.

Основным составляющим веществом клея ВИАМ Б-3 является смола ВИАМ Б, представляющая собою вязкую жидкость от

желтого до красно-коричневого цвета, получаемую при конденсации фенола и формальдегида в присутствии едкого бария в качестве катализатора.

Смолу получают из фенола (100 весов. частей), формалина 37% (100 весов. частей) и едкого бария (1 весов. часть). При изготовлении смолы сначала в аппарат (реактор) загружают фенол и едкий барий, взболтанный в пятикратном количестве воды. Смесь нагревают до 65—70°. После растворения едкого бария в реактор загружают формалин и перемешивают смесь. Фенол вступает во взаимодействие с формалином, при этом выделяется тепло и температура смеси повышается, вследствие чего необходимо регулировать обогрев аппарата, выключая пар. При 96—98° смесь закипает и в таком состоянии ее держат 40 минут, после чего создают в аппарате вакуум и отгоняют (сушат) избыток воды, введенный с формалином. Сушку ведут при разрежении в 600—650 мм ртутного столба и при температуре 55—65° до получения смолы вязкостью в 450 сантипуаз. После этого смолу охлаждают и сливают в тару. Смола ВИАМ Б хранится в железных бочках или стеклянной таре при температуре окружающего воздуха от 0 до 20°. Предельный срок хранения смолы от 6 месяцев до года.

Вязкость смолы должна находиться в пределах от 500 до 1000 сантипуаз. Содержание влаги в смоле не более 20%. Содержание свободного фенола не более 21%. При внешнем осмотре смолы обращается внимание на то, чтобы в ней не было каких-либо посторонних примесей, расслоения, осадка или сгустков, а также выделившейся из смолы надсмольной воды. При длительном хранении смолы периодически проверяется вязкость ее и приготовленного из нее клея. Смолы с повышенной, против требований технических условий, вязкостью после испытания приготовленного из них клея на клеящую способность и жизнеспособность, могут быть допущены в производство с увеличенным количеством растворителя: ацетона до 20 весовых частей, или спирта этилового (сырца) до 15 весовых частей на 100 весовых частей смолы. Физико-механические свойства смолы определяются по методике, изложенной в технических условиях химической промышленности № 477-41.

Смола Б для изготовления клея КБ-3 получается по следующей рецептуре (в весовых частях):

Фенол	100
Формалин 37%	150
Едкий натрий 40% водный раствор	5

По техническим условиям Минхимпрома 477-41 содержание свободного фенола в смоле не должно превышать 5%, свободного формальдегида 3% и воды 25%. Ацетон вводится в состав смолы непосредственно на химическом заводе, при этом содержание ацетона в качественной смоле Б должно быть в пределах от 7 до

12⁰/₀. Вязкость смолы должна быть от 10° до 25° при 20° С по вискозиметру № 36.

Более вязкие смолы могут быть использованы для приготовления клея с дополнительным введением в клей КБ-3 ацетона, но не более 10 весовых частей на 100 весовых частей смолы Б и при условии получения при этом нормальной жизнеспособности клея.

Так как смола Б содержит в своем составе легко летучий растворитель, хранить смолу следует в плотной упаковке, во избежание улетучивания растворителя, так как при этом может снизиться жизнеспособность смолы.

Так же, как и смола ВИАМ Б, смола Б представляет собой маловязкую жидкость от желтого до красновато-бурого цвета без каких-либо примесей, расслоения, осадка и сгустков. Не допускается наличия в смоле Б надсмольной воды. Состав клеев ВИАМ Б-3 и КБ-3 приведен в табл. 8.

Таблица 8

Состав смоляных клеев

Марка клея	Компоненты клея	Соотношение весовых частей
ВИАМ Б-3	1. Фенольно-баритовая смола ВИАМ Б ТУ НКХП 477-41 (Главхимпласт)	100
	2. Ацетон технический ГОСТ 2768-44	10
	3. Керосиновый контакт 1 сорта (контакт Петрова) ГОСТ 463-43	1400
		$\frac{1400}{a}$
КБ-3	1. Фенольно-формальдегидная смола Б ТУ НКХП (главхимпласт)	100
	2. Керосиновый контакт 1-го сорта ГОСТ 463-43	1800
		$\frac{1800}{a}$

Примечание. Индексом a указано кислотное число применяемого при приготовлении клея контакта.

Кроме клеев ВИАМ Б-3 и КБ-3 в промышленности применяют смоляной фенольный клей ЦНИПС-2, состоящий из фенольной смолы ЦНИПС-2 (100 в. ч.), глицерина (10 в. ч.) и керосинового контакта (20 в. ч.). По своим свойствам этот клей напоминает клей КБ-3, но состав его сложнее, вследствие применения глицерина, который играет роль регулятора (замедлителя) скорости отверждения.

Для отверждения фенольных клеев применяется керосиновый контакт (контакт Петрова), представляющий собой густую, сиропообразную жидкость от желтого до темнокоричневого цвета.

В соответствии с техническими требованиями контакт должен иметь следующие свойства (ГОСТ 463-43):

1. В любых соотношениях смешиваться с водой.
2. Содержание сульфокислот не менее 55⁰/₀.

3. Отношение содержания сульфокислот к содержанию масла не менее 9,6.

4. Отношение содержания сульфокислот к содержанию серной кислоты не менее 50.

5. Отношение содержания сульфокислот к содержанию золы не менее 300,0.

6. Расщепительная способность 75.

7. Содержание воды около 40⁰/₀.

Приведенные технические требования приурочены к запросам жировой промышленности и поэтому не все пункты требований нужны для характеристики контакта в качестве отвердителя клеев.

Здесь можно лишь отметить, что повышенное количество масла в контакте отрицательно сказывается на скорости отверждения клея. Контакт с повышенным содержанием серной кислоты не рекомендуется применять для клеев, так как серная кислота разрушающе действует на клеевое соединение древесины, особенно при выклейке обшивок из тонкого шпона скорлупным методом.

Избыток воды в контакте отрицательно влияет на качество склейки. Повышенное количество золы замедляет скорость отверждения клея.

Излишнее количество контакта в клее уменьшает его рабочую жизнеспособность и увеличивает хрупкость клеевой пленки.

Контакт транспортируется в прочных деревянных бочках или в цистернах, покрытых изнутри защитным слоем. Хранить контакт в железной, не защищенной изнутри, таре не рекомендуется, т. к. серная кислота может разрушить ее стенки.

Особенно важное значение для характеристики контакта, как отвердителя клея, имеет его кислотное число.

Ацетон, являющийся растворителем, добавляется в клей для понижения вязкости и увеличения жизнеспособности клея; представляет собою прозрачную или желтоватую жидкость с характерным запахом. Ацетон горит, а пары его взрывоопасны, поэтому хранение ацетона следует производить как огнеопасной жидкости.

При отсутствии ацетона последний может быть заменен этиловым (винным) спиртом, с некоторым удлинением процесса открытой выдержки склеиваемых деталей перед их соединением.

Клеи ВИАМ Б-3 и КБ-3 должны изготавливаться из составных частей, имеющих соответствующие паспорта и отвечающих требованиям технических условий. Составные части клеев смешиваются между собой в клеешалках. Температура составных частей перед смешиванием должна находиться в пределах 15—20°. Все компоненты клея взвешиваются отдельно. При изготовлении клея сначала в бак клеешалки вливается определенное количество смолы, затем при непрерывном перемешивании добавляется ацетон или спирт (при изготовлении клея ВИАМ Б-3).

и затем предварительно хорошо перемешанный керосиновый контакт. После добавления всех составных частей перемешивание продолжается 15—20 минут, до получения однородной клеевой смеси.

При размешивании следует учитывать, что клеевая смесь может разогреваться, особенно в случае приготовления клея ВИАМ Б-3, и во избежание затвердевания ее (быстрой полимеризации) температура клеевой смеси должна все время поддерживаться в пределах 15—20°, путем подачи холодной воды или льда в рубашку смесительного бачка. Охлаждать клеевую смесь и готовый клей ниже 10° не следует, так как это может замедлить процесс затвердевания клея во время склейки деталей. Готовый клеевой раствор представляет собой темную жидкость, прозрачную в тонких слоях, маловязкую (свободно стекающую), однородную, без сгустков.

Жизнеспособность клеев ВИАМ Б-3 и КБ-3 ограничена и поэтому клеевой раствор должен быть использован в течение трех-четырех часов после его изготовления. Контроль за качеством клея должен вестись путем определения вязкости клея.

В случае применения клея с пониженной жизнеспособностью и с вязкостью смолы выше стандартной, помимо возможного снижения механической прочности, понижается водостойкость клеевого соединения. Клей нормальной вязкости дает несравненно более прочное соединение, чем клей повышенной вязкости. Поэтому, в целях получения механически прочного и водостойкого соединения, необходим тщательный систематический контроль вязкости и жизнеспособности клеев. При использовании клея нормального качества прочность деревянной клеевой конструкции соответствует прочности цельной древесины.

Применяемые в производстве растворы фенольных клеев должны иметь вязкость по вискозиметру № 36 (с соплом № 2, диаметром 5 мм):

- а) для склеивания усовых, торцовых и полоторцовых соединений, а также при сборочных работах 40—120°;
- б) при склеивании древесины вдоль волокон, а также при всех других операциях 30—90°.

Склеивание деревянных конструкций фенольными клеями производится при температуре помещения не ниже 16°, а при применении подогрева не ниже 10°. Повышение температуры ускоряет процесс отверждения клея.

Лабораторными испытаниями, проведенными с целью установления влияния первоначальной влажности древесины на прочность клеевых соединений, установлено, что склеивание древесины фенольными клеями допустимо при влажности первой не выше 18—20%. При повышении влажности уменьшается. До влажности в 20% это уменьшение допустимо. Затем прочность склейки резко снижается и при влажности древесины в 30% клеевое соединение становится

в два раза менее прочным, чем при влажности в 18%. Из полученных данных следует сделать вывод о недопустимости склеивания древесины с влажностью выше 20%.

Режимы склеивания древесины при помощи клеев ВИАМ Б-3 и КБ-3 приведены в табл. 9.

Таблица 9

Наименование режима	Назначение режима	Продолжительность режима
Выдержка намазанных клеем образцов до соединения их между собой (открытая пропитка).	Пропитка древесины клеем и испарение растворителя	4—15 минут.
Выдержка соединенных между собой образцов до начала их сдавливания (закрыва пропитка).	Продолжение пропитки, полное соединение между собой двух покрытых клеем поверхностей и достижение клеем высокой вязкости, во избежание полного выдавливания его при сжатии деталей.	5—25 минут.
Склеивание при удельном давлении 2—4 кг/см ² и при температуре наружного воздуха 16°C.	Закрепление пропитки и создание тонкой наиболее прочной клеевой пленки между двумя поверхностями.	а) для прямых соединений 10 часов; б) для изогнутых при склеивании деталей 20 часов.
Выдержка после склеивания (после окончания предыдущей операции), при температуре наружного воздуха не ниже 16°C.	Полное отверждение с целью придания наибольшей прочности клеевому соединению.	1—2 суток

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

Основным критерием качества клеев ВИАМ Б-3 и КБ-3 служит их клеящая способность. Предел прочности при скалывании клеевого соединения образцов, склеенных этими клеями, вдоль плоскости склейки для твердых пород древесины должен быть не менее 130 кг/см². Клей считается годным, если при пределе прочности ниже 110 кг/см² скалывание образца происходит на 100% по древесине.

Клей ВИАМ Б-3 и КБ-3 могут быть использованы для горячей склейки судовых деревянных конструкций при повышенной температуре порядка 40—60°.

Состав клея при этом применяется следующий (табл. 10)

Таблица 10

Марка клея	Состав клея
ВИАМ Б-3	Фенольно-баритовая смола ВИАМ Б — 100 в. ч. Ацетон или спирт этиловый — 10 в. ч. Керосиновый контакт — $\frac{1000}{a}$
КБ-3	Фенольно-формальдегидная смола Б — 100 в. ч. Керосиновый контакт — $\frac{1600}{a}$ в. ч.

Примечание. a — кислотное число контакта.

При склеивании указанными клеями температура клеевого слоя, во избежание обугливания последнего, не должна превышать 60°.

При склеивании детали должны выдерживаться под давлением при толщине материала более 5 мм от 1 часа 30 минут до 1 час 50 мин. Детали, склеенные горячим способом, в отличие от деталей, склеенных этими же клеями, но холодным способом, могут подвергаться механической обработке через два часа после их склейки.

На основе фенольных смол, модифицированных полимеризационными смолами, изготавливают универсальный клей БФ (БФ-2, БФ-3, БФ-4, БФ-5, БФ-6). Эти клеи применяют главным образом для склеивания металлов и тканей (БФ-6). Для дерева указанные клеи применяют редко.

Фенольные клеи горячей склейки. Феноло-формальдегидные клеи горячего отверждения применяются без добавления специальных отвердителей, поэтому они используются главным образом в производствах, где склейка может выполняться при температурах выше 100°.

Для склеивания фанеры применяют жидкие фенольные клеи и твердые в виде пленки.

В качестве жидких клеев применяют смолы, известные под названием С-1, СБС-1, СБС-2, СКС-1, СКС-2, ФК-40 и др.

Смолы С-1, СБС-1 и СБС-2 изготавливают из фенола и формалина в присутствии щелочных веществ. Вязкость готовых смол колеблется в пределах 40—120° по вискозиметру № 36. Смолы представляют собою клейкие жидкости желтого или красно-вишневого цвета.

При изготовлении смол марок СКС-1 и СКС-2 применяют вместо фенола родственный ему продукт — крезол, полученный из каменноугольной смолы.

В составе смолы ФК-40 имеется канифоль.

Все перечисленные смолы применяются для горячего склеивания фанеры при температуре клеевого шва 130—140°.

Расход смолы С-1 на 1 м³ фанеры составляет 110—200 кг.

Твердые пленочные смоляные клеи представляют собою тонкую сульфатную бумагу, пропитанную раствором фенолальдегидных смол. Пропитывание бумаги осуществляют в специальных машинах с последующей сушкой до 95°. Пленочный клей выпускается в виде длинных полос, свернутых в рулоны. Ширина рулонов — 1570 мм и вес до 35 кг.

Рулоны пленочного клея упаковывают в бумагу или в ткань пропитанную составом, защищающим пленку от влаги. Они могут храниться в течение 6 месяцев в помещениях при температуре воздуха не выше 25° и относительной влажности не более 70%. Пленочный клей известен под названием бакелитовая пленка и пленка марки ПК-Р (КП-5).

Склеивание фанеры с применением бакелитовой пленки производят при температуре 150—155° и при удельном давлении 20—25 кг/см². Время выдержки под прессом для фанеры нормальной толщины 8—10 мин.

При использовании пленочного клея ПК-Р (КП-5), изготовленного на основе смолы Р применяют температуру прессования в 100—110° и удельное давление 2,5—5 кг/см².

Прочность фанеры, склеенной бакелитовой пленкой, на скалывание в сухом состоянии равняется 20 кг/см², а после кипячения в течение 1 часа — 15 кг/см².

Прочность фанеры, склеенной пленочным клеем ПК-Р, должна быть не ниже 25 кг/см² в сухом состоянии и 19 кг/см² после кипячения в течение 1 часа.

Жидкие фенольные смолы типа С-1 и пленочные клеи применяют главным образом для изготовления бакелизированной фанеры, могущей широко применяться в речном судостроении для водонепроницаемых переборок, палубных надстроек и для обшивки. Кроме того, эти смолы и пленки могут быть использованы для горячего склеивания судовых скорлупных конструкций, так как они применяются без отвердителя, но требуют высоких температур для полимеризации.

Смола С-1 выпускается по техническим условиям ТУ 59 НКЛес (Главфанерпрома), а смола СБС-1 — по ТУ ХП 290-42. Бакелитовая пленка выпускается по ГОСТ 3056-45.

Резорциновые клеи. Клеи этого типа изготавливают на основе резорцина и формальдегида. Резорцин — двухатомный фенол и по своей химической природе и по способам получения весьма близок к фенолу.

Резорцин не обладает токсичностью фенола и поэтому клеи на его основе не должны вредно влиять на организм человека. Существует ряд способов изготовления резорциновых клеев. Например, можно сначала получать промежуточный продукт,

заставляя определенное количество резорцина реагировать лишь с частью необходимого для этого формальдегида. Для отверждения клея к нему добавляют дополнительное количество формальдегида в виде формалина или его производных — параформа и уротропина. Например, смолу приготавливают из формальдегида и резорцина. Отвердителем служит параформальдегид в количестве, необходимом для получения соотношения формальдегида к резорцину 1:1,1.

Для того, чтобы реакция резорцина с формальдегидом не проходила слишком быстро, т. е. во избежание преждевременного отверждения, к полученной смоле добавляют стабилизатор.

Резорциновые смолы можно получать путем взаимодействия резорцина с параформом. Отверждение полученной смолы достигается путем добавления некоторого количества формалина.

Резорциновые клеи обладают прекрасными клеящими свойствами; они обеспечивают высокопрочное соединение древесины, абсолютную водостойкость клевого шва, биологическую стойкость.

Недостатком резорциновых клеев, ограничивающим возможность их широкого применения, является сравнительно высокая стоимость.

К резорциновым клеям относится клей ФР-12, получаемый путем воздействия на жидкую смолу КФ-12 (100 в. ч.) порошкообразного отвердителя — параформальдегида (13 в. ч.).

Карбамидные клеи. Для приготовления карбамидных клеев применяют смолу, получаемую при взаимодействии мочевины (карбамида) и формальдегида в присутствии катализаторов.

Исходное вещество — мочевина, или карбамид, получается синтетически из аммиака и углекислого газа. Аммиак в свою очередь синтезируется из атмосферного азота, а углекислый газ является отбросом горения топлива. Таким образом, мочевина может быть получена как бы из воздуха, что обеспечивает для ее производства неисчерпаемую сырьевую базу.

Карбамидные смолы не содержат в своем составе ядовитых веществ, чем они выгодно отличаются от фенольных смол. Вследствие присутствия в их составе формальдегида, они обладают высокой биологической стойкостью. Карбамидные смолы грибоустойчивы и стойки при воздействии масел, бензина и различных растворителей.

Смолу для клея изготавливают следующим образом: нагревают смесь из 10 в. ч. мочевины, 50 в. ч. 25% формалина и 1,6 в. ч. аммиака. После получения смолы определенной вязкости в нее вводят уксуснокислый натрий и высушивают полученный продукт под вакуумом.

Карбамидные смолы могут быть изготовлены и по другой рецептуре. В частности, известны смолы и клеи, изготовленные в присутствии хлористого цинка. Например, мочевины (24%), формалина (64%) и хлористый цинк (12%) после смешения нагрева-

ют и полученную смолу сушат распылением, в результате которого образуется белый порошок.

Карбамидные клеи выпускают в виде жидкостей, паст и порошков. Для отверждения жидких клеев к ним добавляют различные отвердители (хлористый аммоний и др.). Порошкообразные клеи содержат в своем составе отвердители, которые начинают действовать при растворении порошка водой. При добавлении воды к порошку полного растворения не получается, а образуется водная суспензия, вполне пригодная для склеивания. Во избежание попадания в порошок влаги воздуха, следствием чего может явиться комкование и отверждение клея в таре, необходимо плотно закупоривать последнюю.

Часто в состав карбамидных клеев вводят различные наполнители (например, картофельную и древесную муку и др.) для удешевления стоимости клея. Однако в большинстве случаев эти наполнители снижают прочность склейки, поэтому для ответственного назначения рекомендуется применять клеи без наполнителя.

Карбамидные клеи обладают меньшей водостойкостью, чем фенольные клеи, поэтому они не могут быть рекомендованы для склейки конструкций, постоянно находящихся в воде.

В целях повышения водостойкости клеи рекомендуют мочевину заменить родственным ей продуктом — меламинам.

По литературным данным меламиновые клеи очень водостойки, но могут применяться только при горячем склеивании.

При склеивании карбамидными клеями температура в помещении непосредственно у мест склейки и мест выдержки клееных материалов должна быть не менее 18—20°. Жизнеспособность клея при температуре окружающего воздуха +20° составляет 3—6 часов, выше +20° — от двух до четырех часов.

Расход клея при двухстороннем нанесении 250—340 г/м², при склейке же тонкого материала расход клея составляет 350—400 г/м². Известны следующие марки карбамидных клеев: КМ-12 — который получается при воздействии на жидкую смолу М (100 в. ч.) 40% водного раствора сернокислого аммония (3,5 в. ч.); КМ-3 — который получается при воздействии на сухую порошкообразную смолу спиртоводного раствора молочной кислоты; К-17 — получается путем воздействия на жидкую смолу К-17 водного раствора щавелевой кислоты.

Для горячего склеивания фанеры применяют карбамидные клеи М-1, М-2, М-3, М-4 и др.

ГЛАВА 3

УСЛОВИЯ И РЕЖИМЫ СКЛЕИВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

§ 9. Оборудование клеевой мастерской

Клеи, в зависимости от типа и марки, применяются в том виде, в каком они поступают на завод, или специально готовят путем смешивания, варки, растворения и пр.

Все операции по приготовлению клея, как например, отвешивание компонентов клея, их смешение или растворение — выполняются в клеезаготовительной мастерской.

Клеезаготовительная мастерская располагается в отапливаемом помещении, в котором, как правило, не должно производиться никаких посторонних работ, не относящихся к приготовлению клея.

Мастерская должна иметь: 1) достаточное освещение, 2) водопровод (с подачей холодной и горячей воды), канализацию и 3) приточно-вытяжную вентиляцию с местными отсосами от клеёмешалок для удаления паров вредных компонентов клея.

Местными отсосами оборудуются также места для развески смоляных клеев и их розлива после приготовления.

Обмен воздуха в помещениях клеезаготовительной мастерской для смоляных клеев необходимо рассчитывать, допуская предельную концентрацию паров фенола не более 0,005 мг/л.

Для приготовления клеевых растворов мастерская должна иметь следующее оборудование:

1. Клеёмешалку с электроприводом и баком: емкость последнего должна быть достаточной для удовлетворения потребности производства в течение 20—30 мин.
2. Весы чашечные с полным набором гирь от 10 г до 20 кг.
3. Мерную посуду различной емкости для дозирования компонентов клея и для розлива готового клея.
4. Бачки с водяной рубашкой для непродолжительного хранения готового клея.
5. Сушильный электрошкаф для удаления клея из стеклянной и металлической посуды путем ее нагревания до 70—80°.

6. Вискозиметр одной из употребляемых обычно систем, в зависимости от рода применяемого на производстве клея, для определения вязкости.

7. Секундомер.

8. Термометры для определения температуры клея и воды.

9. Контрольные часы для контроля за временем приготовления и использования клея.

Качество готового клея, особенно получение однородного раствора казеинового и других порошкообразных клеев без комков, во многом зависит от конструкции мешалки.

В случае больших суточных расходов клей необходимо готовить в клеёмешалках, преимущественно вертикального типа с механическим приводом, обеспечивающим скорость вращения смесительных лопаток 60—80 оборотов в минуту; механическое перемешивание обеспечивает получение более равномерного клеевого раствора.

Клеёмешалки содносторонним вращением смесительных лопаток малоприспособны, так как не обеспечивают равномерного взбалтывания смеси. При быстром вращении их образуется пенная смесь, а при медленном вращении и добавлении порошка клея — много комков.

Для изготовления смоляных (фенольных и др.) клеев рекомендуется вертикальная клеёмешалка с планетарным вращением смесительной лопатки, оббегающей по окружности бака и одновременно вращающейся вокруг своей оси. Схема такой мешалки показана на рис. 4.

Смесительный бачок помещается в наружном баке. Между наружным и смесительным бачком имеется пустое пространство, которое легко можно заполнить водой и этим регулировать температуру смеси. Вода подводится от водопровода ко дну и через штуцер в верхней части отводится в канализацию. Такая система обеспечивает отвод согревшейся воды от бака и позволяет, при необходимости, производить непрерывное охлаждение водой его стенок. Летом между стенками наружного и внутреннего бачков помещают для охлаждения куски льда или снег. Для удобства заливки и опораживания бак располагают на подвижной площадке.

Во время перемешивания клеевого раствора бак плотно прижимают к верхней части станины подъемным винтом, расположенным на кронштейне станины. Когда бак подводят под площадку подъемного винта, последний поднимается вверх и осво-

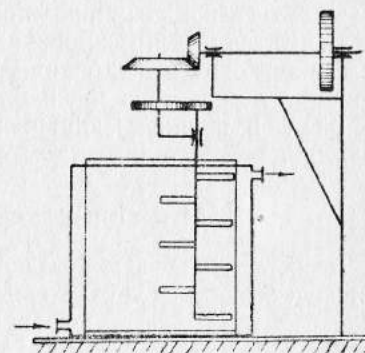


Рис. 4. Схема клеёмешалки.

бождает подвижную платформу. При подъеме верхняя часть бака бортами заходит в раструб коробки планетарного механизма, что исключает колебания бака при замешивании. Таким образом устраняется возможность удара смесительных лопаток о стенки бака.

Мощность мотора, приводящего в движение лопатки клеешалки производительностью 30 кг (одновременного замеса), составляет 0,75 квт.

Скорость вращения планетарных лопаток должна быть по оси 60 об/мин., по орбите — 30 об/мин.

Металл, из которого изготавливается клеешалка, не должен разрушаться под влиянием кислоты или щелочи.

Вся посуда для дозирования, приготовления, хранения и раздачи фенольного клея должна изготавливаться из материала, не поддающегося действию клея. Этими материалами являются: стекло, фарфор, фаянс, эмалированное или луженое железо, дюралюмин, сплав В-95 или сплав АМц.

§ 10. Температура и влажность воздуха

Температура воздуха в помещении, где хранятся и склеиваются детали, а следовательно, и температура заготовок при склеивании их смоляными клеями типа ВИАМ Б-3, КБ-3 и другими имеет существенное значение, так как при более низких температурах процесс отверждения клея происходит крайне замедленно, удлиняются сроки выдержки клееных деталей под прессом и снижается прочность клеевого соединения. Так, например, при низких температурах, в период медленного отверждения клея, прочность клеевого соединения древесины может быть недостаточной, как вследствие значительного впитывания клея в древесину, так и вследствие выдавливания его через зазоры.

При употреблении белковых клеев температура склеиваемых деталей должна быть не ниже 12°, а при применении смоляных клеев не ниже 16°.

При работе в помещении, обладающем температурой выше 20°, смоляные клеи густеют и свертываются, вследствие чего использование их становится невозможным.

Влажность воздуха должна быть равномерной и обеспечивать на протяжении

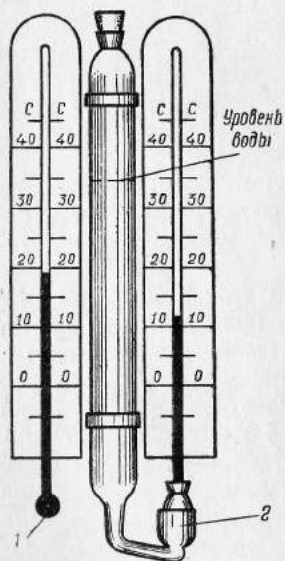


Рис. 5. Психрометр Августа.

всего цикла изготовления клееных конструкций содержание влаги в древесине равно 10—20%. В противном случае,

при изменении влажности воздуха (длительные процессы склеивания) может наблюдаться коробление древесины.

Контроль температуры воздуха и влажности в помещениях, где производится склеивание, должен производиться круглосуточно. Для контроля температуры непосредственно у мест склеивания устанавливаются термографы или термометры.

Относительную влажность воздуха определяют при помощи психрометра и психрометрических таблиц или номограммы.

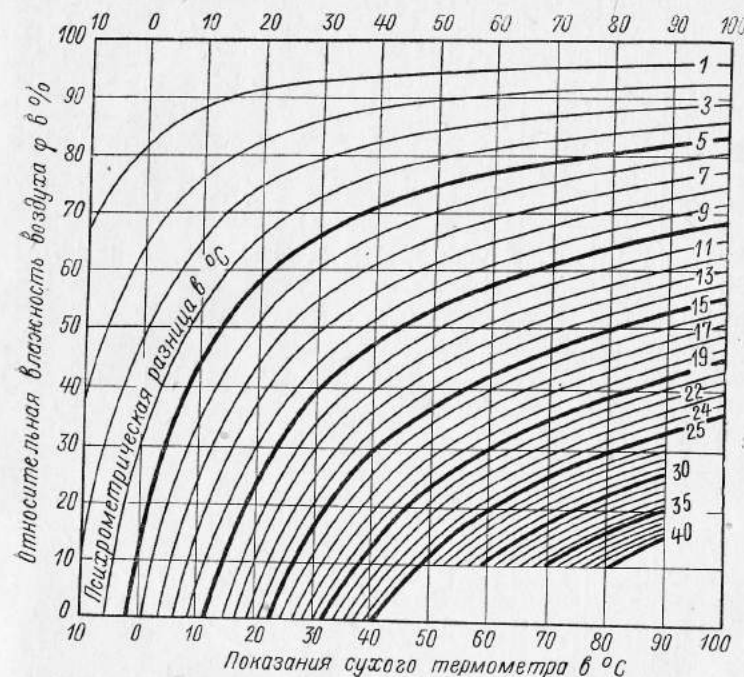


Рис. 6. Диаграмма определения относительной влажности воздуха.

Наиболее распространенным является психрометр (рис. 5), состоящий из двух термометров, заключенных в деревянную коробку. Шарик одного термометра обернут кусочком мягкой ткани, которая увлажняется водой из резервуара. Шарик другого свободно омывается воздухом.

Первый термометр, вследствие испарения воды с поверхности ткани, которой обернут шарик термометра, показывает более низкую температуру, чем второй термометр.

По показаниям сухого и мокрого термометров определяют температуру воздуха и психрометрическую разность, а по этим данным, пользуясь психрометрическими таблицами (табл. 11) или диаграммой (рис. 6), определяют относительную влажность воздуха.

Таблица 11

Психрометрическая таблица для вычисления относительной влажности воздуха по показаниям психрометра
(скорость воздуха 0,8 м/сек)

(Составлена по материалам Главного управления Гидрометеорологической службы)

Психрометрическая разность °C	Температура сухого термометра °C										
	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20
1,0	96	96	96	96	95	96	96	96	95	95	90
2,0	85	85	85	84	84	84	83	83	82	82	81
3,0	78	78	77	77	76	76	75	75	74	73	73
4,0	72	71	71	70	69	68	68	67	66	65	64
5,0	65	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56
6,0	59	58	57	56	55	54	53	52	51	49	48
7,0	53	52	51	50	49	47	46	45	43	42	40
8,0	47	46	45	44	42	41	39	38	36	34	33
9,0	42	40	39	38	36	35	33	31	29	27	25
10,0	36	35	33	32	30	29	27	25	23	21	—
11,0	31	30	28	26	25	23	21	—	—	—	—
12,0	26	24	23	21	—	—	—	—	—	—	—
13,0	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

При всяком отклонении от норм в состоянии воздуха принимаются меры к регулированию температуры и влажности воздуха в помещении.

Для определения равновесной влажности древесины при любом состоянии воздуха служит номограмма зависимости равновесной влажности древесины от температуры и влажности воздуха, приведенная на рис. 7. На этой номограмме по оси абсцисс

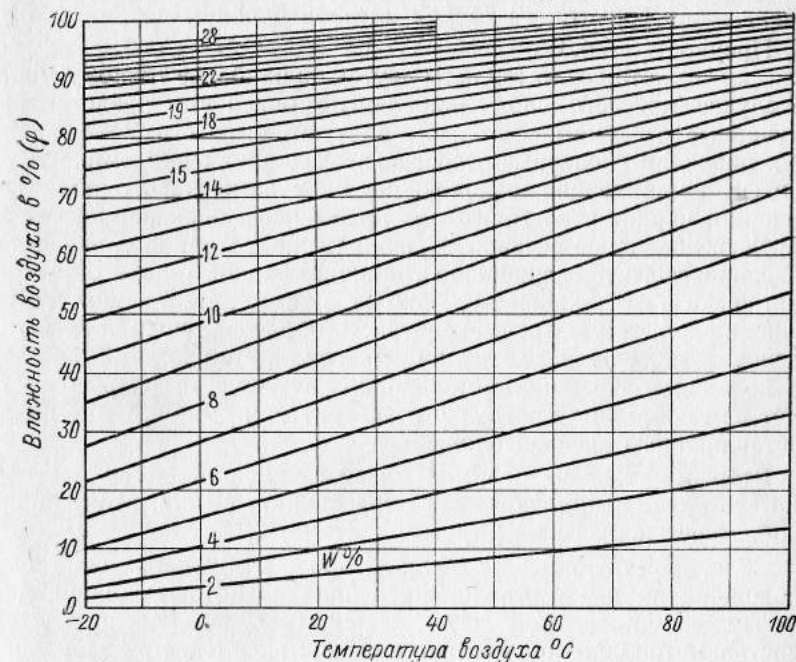


Рис. 7. Номограмма зависимости равновесной влажности древесины от температуры и влажности воздуха.

отложена температура воздуха t в градусах, а по оси ординат относительная влажность воздуха φ в процентах. Наклонные линии на номограмме указывают ту влажность W в процентах, которую примет древесина при хранении ее длительное время в данных условиях.

По этой номограмме, кроме равновесной влажности, можно определять также температуру или относительную влажность воздуха, при которой следует хранить древесину для обеспечения определенной, наперед заданной, влажности.

§ 11. Процессы склеивания древесины

В клеящих веществах большое значение имеют силы когезии (взаимного сцепления частиц). Поэтому прочность склеивания является функцией механической прочности тонкой пленки. Полу-

чение тонкой пленки в склеивающем слое в свою очередь зависит от совершенства поверхности, т. е. от степени полировки склеиваемых материалов. Грубая обработка поверхности значительно увеличивает среднюю толщину клеевого слоя и затрудняет удаление пузырьков воздуха, вследствие чего прочность склеивания уменьшается.

Наибольшая прочность клеевого соединения получается при минимально допустимой тонкой клеевой пленке.

Прочность тонкого клеевого слоя может быть объяснена физически тем, что все материалы рвутся по наиболее тонкому месту. В случае клеевого слоя наибольшую опасность представляют случайные трещины, которые образуются на его поверхности. Как показали экспериментальные исследования академика А. Ф. Иоффе, напряжения, возникающие на участке такого рода трещин или царапин, во много раз превышают значения расчетных нагрузок на общее сечение. Прочность же материалов зависит от поверхностного натяжения на границе: твердое тело — окружающая среда и от наличия дефектов (трещин). Естественно, что чем тоньше слой, тем меньше вероятность образования трещин и тем, следовательно, прочнее клеящий материал. При толстой же пленке количество трещин настолько возрастает, что разрыв наступает при постоянной нагрузке и зависит от прочности материала, составляющего клеевой слой.

Вторым условием разрыва клеевого слоя является растяжение его пленки, приводящее к образованию шейки, что ускоряет и облегчает процесс разрыва.

Сила, действующая на образец при растяжении, может быть разложена на две составляющие, одна из которых направлена тангенциально площади склейки. Сопrotivление склеенной детали действию этой силы определяется вязкостью клея. При небольших зазорах, т. е. в случае тонких слоев клея, трение в узком пространстве между склеенными поверхностями будет очень велико. Это трение противодействует силе, представляющей собой тангенциальную составляющую растяжения, и поэтому препятствует образованию шейки в клеевом слое. С увеличением же толщины клеевого слоя величина трения уменьшается и благодаря этому облегчается стягивание клеящей массы в виде шейки. Вероятно, оба эти фактора, т. е. меньшая вероятность поверхностных трещин и противодействие образованию шейки, являются причиной того, что склейка выдерживает иногда нагрузки, превышающие механическую прочность вещества клея. Тонкий клеевой слой, однако, не следует доводить до «голодной» склейки, т. е. когда клей выдавливается полностью и происходит прилегание склеиваемых поверхностей друг к другу, без всякого зазора. Такого рода «голодной» склейки надо всемерно избегать.

Клей, в зависимости от условий склейки и от применяемого состава, наносят на обе склеиваемые поверхности — двусторон-

нее нанесение, или на одну склеиваемую поверхность — одностороннее нанесение.

При склейке древесины: сосны, ели, лиственницы, березы, дельтадревесины или в комбинации их с другими древесными породами — применяют двустороннее нанесение клея. При склейке на ус, склейке торцовых и полоторцовых соединений клей также наносят на обе склеиваемые поверхности, так как поглощение его благодаря перерезанным волокнам на склеиваемой поверхности будет происходить более интенсивно, чем при одностороннем нанесении, когда может получиться «голодное» клеевое соединение с низкой прочностью. Одностороннее нанесение клея можно применять при склеивании вдоль волокон твердых пород древесины (дуба или ясеня). На судостроительных заводах обычно для твердых пород древесины также применяют двустороннее нанесение. В случае применения двустороннего нанесения общий расход клея увеличивается примерно на 25%. Клей наносят преимущественно вручную, кистями или щетками, при движении их в одну сторону во избежание вспенивания. Слой клея должен быть равномерным и такой толщины, чтобы при одностороннем нанесении текстура древесины слегка просвечивала сквозь слой клея, и при двустороннем нанесении была бы отчетливо видна; при этом следует учитывать степень прозрачности клея. Нормальная толщина клеевого слоя в запрессованном состоянии находится в пределах 0,1—0,15 мм. При нанесении толстого клеевого слоя, помимо понижения прочности клеевого шва, получается непроизводительный расход клея и загрязнение рабочего места и приспособлений.

Для достижения равномерной толщины клеевого слоя по всей склеиваемой поверхности, при ручной смазке следует применять щетинные кисти с длиной ворса от 1,5 до 2,5 см.

Для нанесения клея на полосы шпона при выклейке скорлупных конструкций рекомендуется механизированный клеенаноситель, показанный на рис. 8.

Клеенаноситель состоит из клеянки 1, находящейся в кожухе 2 с охлаждающей жидкостью, роликов 3 со специальным рифлением, служащих для удаления избытка клея и выравнивания толщины клеевого слоя по всей длине шпона, и направляющих 4.

Клей на полосы шпона наносят следующим образом:

Полосу шпона 5 пропускают через ванну с клеем так, чтобы конец полосы был направлен в сторону роликов. Дальше эту полосу, смоченную в ванне с обеих сторон клеем, увлекают вращающиеся навстречу друг другу ролики, которые снимают с поверхности полосы избыток клея. В результате остается ровный слой требуемой толщины. Толщину клеевого слоя можно регулировать сближением роликов между собой или, наоборот, раздвижением их.

Для получения прочного клеевого соединения клеевой раствор, нанесенный на склеиваемую поверхность, в момент запрес-

совки деталей должен иметь вязкость, обеспечивающую при давлении получение клеевого шва нормальной толщины. Сразу же после нанесения клея (особенно смоляные) имеют значительно меньшую вязкость, чем это требуется для запрессовки. Для доведения клеевого раствора до определенной вязкости склеиваемые детали выдерживаются: намазанные клеем — до соединения их между собой (открытая пропитка) для удаления растворителя (ацетона) и соединенные между собой — до начала их сдвигания (закрытая пропитка).

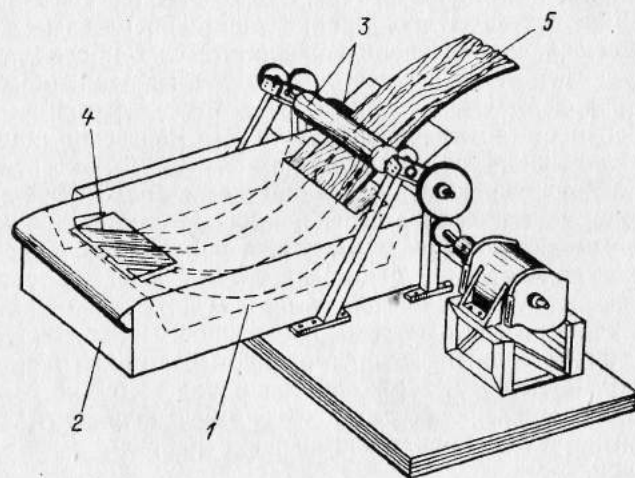


Рис. 8. Схема устройства для нанесения клея на полосы шпона.

При запрессовке необходимо соблюдать установленное оптимальное удельное давление, равномерность распределения этого давления по всей склеиваемой поверхности и достаточную продолжительность нахождения склеиваемых деталей под давлением.

При правильно выбранном удельном давлении слой клея между склеиваемыми поверхностями распределяется равномерно; при этом пузырьки воздуха удаляются из клеевого шва и получается клеевая прослойка необходимой толщины (в пределах 0,1 мм).

Величина удельного давления определяется вязкостью жидкого слоя клея в момент запрессовки, а также находится в зависимости от конструкции склеиваемых деталей, от ширины склеиваемых поверхностей и от породы склеиваемой древесины.

Для узких склеиваемых поверхностей (шириной до 20 мм) рекомендуется применять давление не выше 1,0—1,5 кг/см², во избежание возможности получения «голодного» клеевого соединения. Высокие давления следует применять при склеивании твердых лиственных древесных пород и широких поверхностей,

а также при использовании клея, обладающего повышенной вязкостью.

В зависимости от породы древесины и условий производства работ рекомендуются следующие оптимальные величины давления:

1. Для прямолинейных деталей из древесины твердых пород (дуб, ясень) 2—4 кг/см².

2. Для прямолинейных деталей из древесины мягких пород (пихта, сосна, липа) 2—3 кг/см².

3. Для березовой фанеры 2—4 кг/см².

4. 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.

5. При выклейке скорлуп из шпона толщиной около 1 мм удельное давление должно равняться 2,0—4,0 кг/см².

Продолжительность пребывания склеиваемых деталей под давлением обуславливается временем, необходимым для отверждения клеевого слоя и зависит от рода клея, температуры и породы склеиваемой древесины.

Процесс отверждения клеевого слоя при склеивании древесины мягких пород происходит на 20—30% по времени скорее, чем при склеивании твердых лиственных пород.

Продолжительность выдержки деталей под давлением при склеивании их без подогрева лежит в пределах 5—24 часов.

После распрессовки все склеенные без подогрева детали выдерживаются до механической обработки в производственных помещениях при температуре не ниже 16°, как это указано в табл. 12.

Таблица 12

Время выдержки склеенных деталей до обработки

Метод обработки	Время в часах
При обработке на станках	12—18
При обработке вручную	6—12
Для деталей из ДСП (древесн. слоист. пласт.)	18—24

§ 12. Изготовление слоистых деревянных балок

Для продольного набора деревянных судов применяют слоистые деревянные балки, изготовленные путем склеивания и запрессовки отдельных досок. Таким образом изготовляют кили, форштевни, привальные и скуловые брусья и другие детали набора.

Использование слоистых балок имеет следующие преимущества по сравнению с применением балок из сплошной древесины:

1) длинномерная древесина без сучков, трещин и других пороков весьма дефицитна; считают, в среднем, что из ста срубленных деревьев только одно может быть использовано как

полноценное, все же остальные имеют те или другие дефекты;

2) путем разрезания древесины на доски можно даже из самого дефектного дерева вырезать вполне доброкачественные доски и применить их для изготовления слоистых балок;

3) сушка досок значительно проще и скорее, чем сушка сплошных балок;

4) путем склеивания отдельных досок можно изготовить балки любой длины и любого сечения;

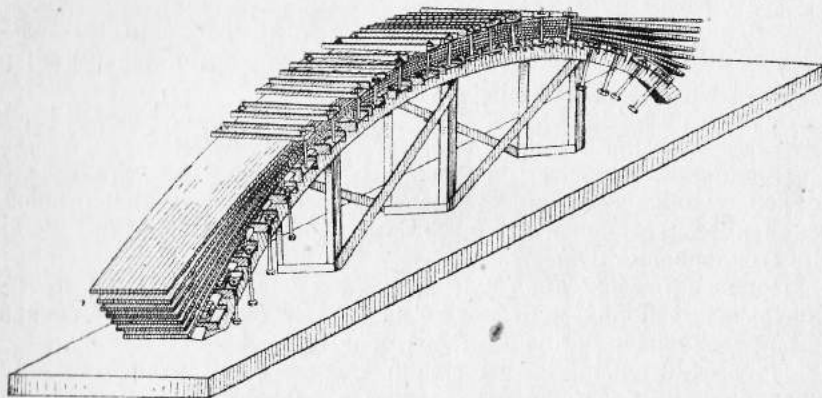


Рис. 9. Запрессовка изогнутой слоистой балки.

5) слоистые балки можно изготовить как прямыми, так и изогнутыми по желаемому радиусу.

Для изготовления прямых балок фугованные доски склеивают между собою по плоскости (по пластям) и в одном ряду между собою на ус. Длина усового соединения равняется 10—15 размерам толщины досок ($d = 10-15 h$). Усовые соединения должны быть размещены таким образом, чтобы в любом поперечном сечении балки каждый ус разделялся по меньшей мере двумя или тремя слоями сплошной древесины. Совпадение двух стыковых соединений досок в смежных слоях в одном сечении продольной связи может быть допущено как исключение и при условии, что разнос стыков будет составлять не менее 50 толщин склеиваемых досок. Более двух стыков в одном сечении не должно допускаться.

Запрессовка досок производится при помощи струбцин или винтовых прессов или же при помощи пневматических или гидравлических шлангов.

Изогнутые слоистые балки изготавливают следующим образом. Сначала обычными приемами склеивают на ус доски до получения заготовок необходимой длины и высушивают, после этого намазывают клеем доски по пластям, собирают пакет и помещают его на соответствующий выгнутый шаблон. Необходимое давление осуществляется при помощи винтовых прессов (рис. 9)

или иным способом. При использовании винтовых прессов или струбцин давление производят, начиная с верхней (средней) части пакета, постепенно равномерно поджимая винты от середины к обоим концам пакета. Изгиб досок зависит от породы дерева и их толщины; лиственные породы можно изгибать по меньшему радиусу, чем хвойные. Лучше изгибаются заготовки хвойных пород, выпиленные по радиальному направлению, а не по тангенциальному. Заготовки из дуба, лиственницы и манчжурского ясеня рекомендуется выпиливать из периферийной части ядровой древесины. В табл. 1 приведены минимально допускаемые радиусы изгиба заготовок.

Применяемые для склеивания прямых и изогнутых балок винтовые прессы представляют собою два болта, закрепленные на шаблоне; сверху на болты надевают головку швеллерного сечения, которую прижимают при помощи гаек. Гайки подвигаются при помощи ключей. Для обеспечения и контроля правильного давления применяют тарированные резиновые кубики или цилиндрические пружинные насадки, иногда ключи снабжают специальными головками, проворачивающимися при приложении к ручке ключа предельно допустимой нагрузки. Один из применяющихся типов прессов изображен на рис. 10.

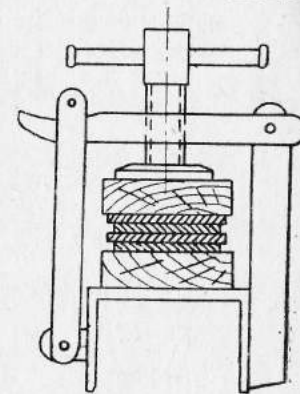


Рис. 10. Тип головки винтового прессы.

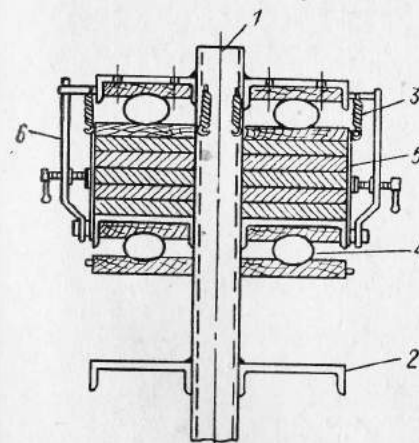


Рис. 11. Пневматический пресс.

Удельное давление при склеивании колеблется от 2 до 5 кг/см². При склеивании с изгибом давление может быть повышено до 10 кг/см². Для осуществления этого давления прессы устанавливают вдоль склеиваемой детали на расстоянии 25—50 см между собой. В некоторых случаях вместо винтовых прессов применяют забивание клиньев между головкой прессы и накладкой (сулагой), находящейся сверху пакета.

Более совершенным является пневматический способ запрессовки деталей. Прессы с пневматической запрессовкой требуют больших затрат при подготовке производства, но значительно повышают производительность и обеспечивают равномерную, легко регулируемую запрессовку.

Пневматический пресс (рис. 11) состоит из жесткой металлической вертикальной рамы 1, на которой расположены в несколько ярусов кронштейны 2, создающие опору для сборочных площадок. На пружинных подвесках 3 закрепляют промежуточные щиты с расположенными на них пневматическими шлангами 4, создающими давление при запрессовке. Склеиваемый пакет 5 покрывают с обеих сторон сулагам и запрессовывают. Для

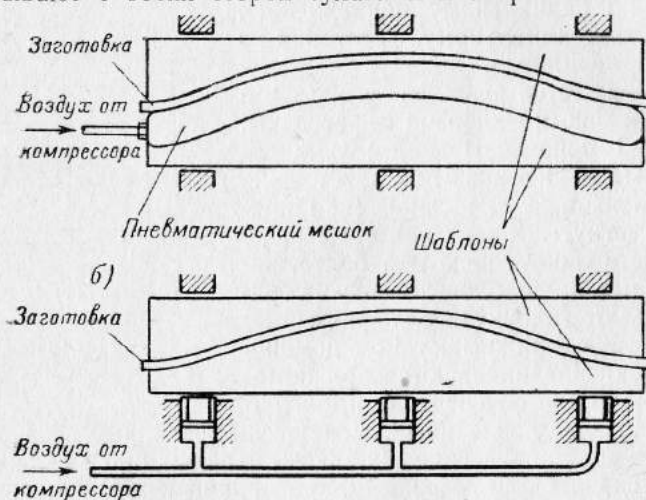


Рис. 12. Схема пневматической запрессовки.

того чтобы склеиваемый пакет при запрессовке не смещался, пресс снабжен боковыми упорами 6 для закрепления пакета. Другая схема пневматической запрессовки изображена на рис. 12.

§ 13. Основные данные по склеиванию деревянных судовых конструкций

Ниже в табл. 13 приведены основные данные по наименованию и режиму операций склеивания с указанием размеров материалов и допусков.

Таблица 13

Наименование операции	Показатель
Размер усовых соединений досок или планок.	Для прямых балок и досок от 10 до 15. размеров толщины (лучше 1:12—15); при изгибе 1:15.
Минимальная длина одной доски между усами в слоистой балке.	1,5—2,0 м.
Минимальное число цельных слоев между соседними усовыми соединениями по перпендикулярному сечению слоистой балки.	Не менее двух цельных слоев.

Продолжение таблицы 13

Наименование операции	Показатель
Минимальное расстояние между усовыми соединениями в двух соседних досках или планках.	Не менее двойной длины уса.
Расположение годичных слоев в двух соединяемых между собою на ус или пласт досках или планках.	Под углом 15—75° к плоскости склейки (в «елочку»).
Сборка слоистых брусев при изготовлении их из отдельных реек путем склеивания по длине, по ширине и по толщине.	Сначала склеивают планки на ус, затем склеивают щиты по ширине и готовые щиты склеивают по толщине. Можно сначала склеивать щиты, а затем соединять их на ус.
Режимы обработки древесины под склейку путем строжки на рейсмусовочном или фуговочном станках.	Скорость ножевого вала 5000—6000 об/мин.; подача 8—10 м/мин.
Допуск на толщину при склеивании фугованных заготовок.	± 0,2 мм.
Минимальный радиус изгиба тонких планок при склеивании.	25 толщин.
Минимальный радиус при склеивании досок и толстых заготовок.	По данным табл. 1.
Минимальный радиус изгиба фанеры (трехслойная или пятислойная) или тонких заготовок (шпон) может быть определен по таблице, приведенной в правой части.	Угол α между направлением волокон рубашки и осью оправки должен быть равен 0.

Во избежание разрыва волокон или появления трещин применяют коэффициент безопасности:

Для тонкой фанеры, с отделяемой затем поверхностью, коэффициент $k = 4$.
 Для наружных деталей при холодном способе гнутья $k = 4$.
 То же при горячем способе гнутья $k = 3$.
 Для внутренних деталей при холодном способе гнутья, $k = 2$.
 То же при горячем способе гнутья $k = 1$.

Толщина древесины, мм	Минимальный радиус изгиба мм
0,25	5
0,40	10
0,50	15
0,8	20
1,0	25
1,5	50
2,0	75
2,5	100
3,0	120
4,0	150
5,0	200
10,0	500
12,0	600

Уменьшение радиуса изгиба древесины может быть достигнуто (без склеивания) путем: пропаривания насыщенным паром давления 0,2—0,5 атм. (104—110°); проваривания в кипящей воде (менее эффективно и применяется при изгибе не всей заготовки, а только ее концов).

В табл. 14 приведены данные продолжительности пропаривания различных пород древесины в зависимости от ее толщины и начальной влажности.

Таблица 14

Продолжительность пропаривания древесины для изгиба

Порода древесины	Толщина материала, мм						
	5	10	15	20	5	10	15—20
	начальная влажность						
	30%				7—10%		
Дуб	30 мин.	45 мин.	60 мин.	75—90 мин.	4 час.	9 час.	15 час.
Лиственница	30 "	45 "	60 "	75—90 "	4 "	9 "	15 "
Пихта	10 "	20 "	35—45 "	45—60 "	2 "	5 "	7 "
Сосна	10 "	20 "	35—45 "	45—60 "	2 "	5 "	7 "

ГЛАВА 4

ЗАПРЕССОВКА СКЛЕИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

Запрессовка склеиваемых поверхностей, произведенная после их закрытой выдержки, имеет целью: 1) углубление проникновения клея в поры и капилляры склеиваемых материалов; 2) создание непрерывной клеевой пленки и выравнивание толщины клеевого слоя; 3) удаление из клеевого слоя пузырьков воздуха; 4) создание наиболее благоприятных условий для схватывания клея.

Величина оптимального удельного давления при запрессовке зависит от ряда факторов; от вязкости клея, от природы склеиваемых материалов и от состояния их поверхности.

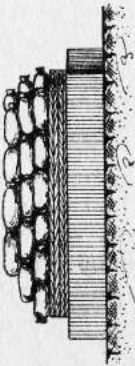
§ 14. Различные типы запрессовок

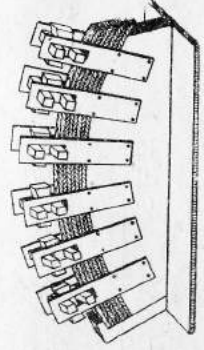
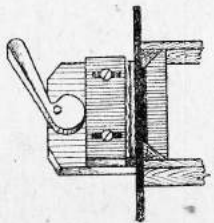
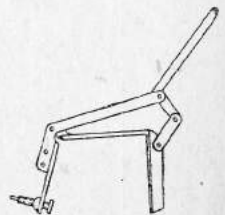
Величины оптимальных удельных давлений для каждого типа клея указаны выше. В зависимости от производственных условий, могут быть применены различные приемы запрессовки, приведенные в табл. 15.

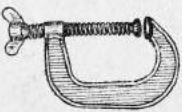
Наиболее совершенными являются гидравлический и пневматический способы создания давления. Однако они требуют наличия довольно сложного оборудования и поэтому применяются лишь на крупных заводах с налаженным производством. На большинстве судостроительных заводов предпочитают пользоваться винтовым способом, используя для этого струбины и винтовые прессы.

Различные типы запрессовки представлены на рис. 11—21. Способы гидравлической или пневматической запрессовки соответственно представлены на рис. 11, 12, из которых видно, что воздух или вода непосредственно создают давление на склеиваемую заготовку путем расширения резинового шланга. По схеме рис. 12, б давление передается через шаблон (сулагу).

Типы запрессовок при склеивании

Тип запрессовки	Области применения	Характеристика и оценка	
		положительная	отрицательная
Грузовая  Рис. 13.	Для склеивания плоских деталей преимущественно небольших габаритов	Простая запрессовка. Отсутствие специального оборудования	Большая трудоемкость. Требуется приложения физической силы. Неприменима для склеивания больших поверхностей
Пружинная  Рис. 14.	Преимущественно для мелких деталей простой формы	Простая и быстрая запрессовка	Требуется применения специальных пружин. Нельзя склеивать детали больших габаритов
Резиновыми тросами  Рис. 15.	Для мелких деталей	Простая и быстрая запрессовка для мелких изделий любой кривизны	Значительный расход резиновых тросов. Сложна и трудоемка при склеивании изделий больших габаритов

Клиновья  Рис. 16.	Для склеивания деревянных балок и аналогичных деталей	Простая запрессовка. Допускает несложное оборудование	Требуется тщательной и быстрой работы. Давление трудно регулировать. Непригодна для больших габаритов
Эксцентриковая  Рис. 17.	Для склеивания реек и мелких деталей	Быстрая и простая запрессовка	Трудность регулирования давления
Рычажная  Рис. 18.	Для сборочных работ и для склеивания небольших деталей	Быстрая запрессовка и возможность регулирования давления	Требуется больших площадей и применения значительной физической силы для наложения грузов на рычаги

Тип запрессовки	Области применения	Характеристика и оценка	
		положительная	отрицательная
Винтовая (ручные струбцины)	Рис. 19. 	Простота эксплуатации. Незначительные капитальные затраты. Возможность легкого маневрирования	Медленная и трудоемкая работа. Недостаточная гарантия степени давления
Гвоздевая	Рис. 20. 	Полное отсутствие оборудования. Малая стоимость	Отсутствие гарантии создания давления. Трудоемкость операции
Шурупами и болтами	Рис. 21. 	Отсутствие оборудования. Дешевизна. Лучшая гарантия создания давления, чем при гвоздевом методе	Трудоемкая и тщательная работа
Гидравлическая и пневматическая (см. § 12) (Рис. 11-12)		Полная гарантия создания давления. Возможность регулирования давления. Быстрота запрессовки	Необходимость в специальном дорожном оборудовании

§ 15. Расчет мощности прессов

Ниже приведены основные расчетные данные для прессов, применяемых при склеивании.

Таблица 16

Основные расчетные данные для прессов

Что требуется определить	Формула для подсчета
Для гидравлических прессов	
Мощность гидравлического пресса, кг	$P = p \frac{\pi d^2}{4} = 0,785 d^2 p$
Давление по манометру при заданном удельном давлении на склеиваемую деталь, кг/см ²	$p = \frac{Ap_1}{0,785 d^2} = \frac{Ap_1}{F}$
Площадь сечения плунжера пресса, необходимого для склеивания детали при заданном давлении по манометру, см ²	$F = \frac{Ap_1}{p}$
Максимальный размер детали, которая может быть склеена на прессе при заданном давлении по манометру, см ²	$A = \frac{P}{p_1}$
Максимальное удельное давление на склеиваемую деталь, которое можно получить на прессе, кг/см ²	$p_1 = \frac{P}{A} = \frac{0,785 d^2 p}{A}$
Потребное удельное давление в шланговом прессе, кг/см ²	$p = \frac{Ap_1}{abn}$
Для винтовых прессов:	
Мощность винтового пресса или струбцины, кг	$P = \frac{2 \pi L N}{k} f$
Для рычажного пресса	
Величина общей нагрузки, которую необходимо приложить к концу рычага, кг	$W = \frac{p_1 A l}{L}$
Мощность рычажного пресса, кг	$P = \frac{L W}{l}$

Значения буквенных величин, приведенных в формулах:

- P — мощность пресса, кг;
 p — давление по манометру, кг/см²;
 d — диаметр плунжера пресса, см;
 A — склеиваемая площадь детали, см²;
 p_1 — удельное давление при склеивании, кг/см²;

F — площадь сечения плунжера пресса, см²;
 N — сила, приложенная к рычагу, кг;
 W — общая нагрузка, кг;
 R — средний радиус винта, см;
 D — средний диаметр винта, см;
 k — шаг нарезки, см;
 f — коэффициент трения (около 0,20);
 L — длина рабочего плеча пресса, см;
 l — длина малого плеча пресса, см;
 a — ширина соприкосновения шланга, см;
 b — длина шланга, см;
 n — количество шлангов в одной секции пресса.

Величина давления P (мощность), получаемая с помощью винтового зажима, по литературным данным, определяется по формуле:

$$P = \frac{2NL(\pi D - fk)}{D(\pi Df + k)}$$

Эта формула приводится во многих руководствах, дает повышенные показатели давления винтового пресса и ее нельзя признать правильной. Более точные показатели получаются по формуле:

$$P = \frac{LN}{2 \operatorname{tg}(\alpha + \beta)} = \frac{2\pi LN}{k} f \text{ кг.}$$

Последняя формула выводится следующим образом: сжимающее усилие, которое можно произвести винтом, будет относиться к действующей силе, как окружность по средней линии нарезки к шагу винта:

$$P = \frac{2\pi r}{k} N = \frac{N}{\operatorname{tg} \alpha} \text{ кг,}$$

где $\frac{k}{2\pi r} = \operatorname{tg} \alpha$ и α — угол наклона винтовой нарезки. При $\alpha = 45^\circ \operatorname{tg} \alpha = 1$ и, следовательно, $P = N$, т. е. сжимающее усилие будет сводиться к нажатию.

В формулу еще вводится величина L — длина рычага. Действующее усилие при этом увеличивается во столько раз, во сколько длина рычага превышает радиус винта r :

$$P = \frac{2\pi r}{k} \cdot N \frac{L}{r} = \frac{2\pi L}{k} \cdot N = \frac{LN}{r \cdot \operatorname{tg} \alpha} \text{ кг.}$$

Из формулы $\frac{2\pi LN}{k} f$ видно, что радиус винта при данном k не имеет значения для передачи усилия, а им обуславливается лишь прочность винта. Кроме того, при подсчете усилия должно быть учтено трение, которое выражается через коэффициент трения f равный $\operatorname{tg} \beta$, где β — угол трения (наибольший угол плоскости, при котором груз, находящийся на плоскости, не двигает-

ся вследствие трения). По правилам механики, для винтов с квадратной или трапециoidalной нарезкой $\alpha \leq \beta$. Следовательно, окончательная формула имеет вид:

$$P = \frac{LN}{r \operatorname{tg}(\alpha + \beta)} = \frac{2\pi LN}{k} f.$$

В табл. 17 приведены средние величины давлений, создаваемых винтовыми прессами и струбцинами, подсчитанные по вышеуказанной формуле (размерности в кг и мм).

Таблица 17

Мощность (величина давления) винтовых прессов

Тип пресса	Размер винта, мм		Плечо рычага, мм	Сила, приложенная к рычагу, кг	Мощность (полученное давление), кг
	диаметр средний	шаг трапециoidalный			
Пресс винтовой	24	8	250	60	2355
" "	34	10	350	80	3517
" "	40	12	400	80	3349
" "	50	12	600	80	5020
Струбцина металлическая	10	4	200	30	1884
То же	12	4	250	30	2355
То же	15	4	300	30	2826
То же	18	4	350	30	3297

При помощи деревянной струбцины с диаметром винта 20—25 мм и цилиндрической ручки диаметром 25—30 мм можно создать давление до 200—300 кг.

§ 16. Создание давления при помощи шурупов и гвоздей

На мелких судостроительных и судоремонтных заводах для создания давления при запрессовке деревянных конструкций часто применяют шурупы и гвозди.

При ввинчивании мелких шурупов древесину слегка просверливают. При ввинчивании крупных шурупов диаметром от 2,5 мм древесину предварительно засверливают. В более простых случаях вместо шурупов применяют гвозди. Шурупы и гвозди обычно рекомендуется применять с антикоррозионным покрытием (оцинкованные). Для удобства вытаскивания гвоздей из древесины после склеивания и равномерного распределения давления, каждый гвоздь забивается через фанерную шайбу.

Прочность склеивания шурупами или гвоздями на отрыв определяется усилием, необходимым для выдергивания их из соединяемых деталей.

Давление, создаваемое гвоздями, соответствует прочности соединения на отрыв. Эта прочность зависит в основном от трения,

возникающего между гвоздями и материалом, в котором они вбиты. Давление, создаваемое шурупами, в 2—3 раза меньше усилия, необходимого для их вырывания.

Коэффициент трения зависит от состояния поверхности шурупа или гвоздя и в среднем может быть принят для древесины сосны: для шурупа $k=40$ и для гвоздя $k=23$.

Прочность на отрыв, в кг, может быть определена по формуле:

$$P = k\pi DL,$$

где D — диаметр гвоздя или внутренний диаметр нарезки шурупа, см;

L — длина ввинченной части шурупа или вбитой части гвоздя.

В табл. 18 и 19 указана прочность соединения гвоздями или шурупами.

Таблица 18

Сопrotивление гвоздей вытаскиванию в зависимости от породы древесины и поверхности распила

Порода	Влажность %	Объемный вес г/см ³	Усилие, потребное для вытаскивания, кг		
			из торцовой поверхности	из радиальной поверхности	из тангенциальной поверхности
Ель	9,4	0,359	55	72	75
Лица	6,5	0,412	56	81	79
Осица	6,5	0,412	64	82	84
Ильм	8,2	0,537	96	140	137
Клен	7,0	0,552	110	150	142
Сосна	8,2	0,599	89	132	142
Ясень	8,9	0,640	157	185	184
Дуб	7,6	0,660	134	157	150
Береза	8,6	0,661	135	193	184
Бук	8,4	0,669	146	202	187
Грaб	6,5	0,718	187	210	195

Примечание. Испытания проводились с оцинкованными гвоздями (вес 1000 шт. равен 31,5 кг) при глубине забивки в 32 мм.

Таблица 19

Сопrotивление шурупов вытаскиванию поперек волокна древесины, кг

Порода древесины	Диаметр шурупа и длина ввернутой части, мм															
	1,4 × 9	1,7 × 9	2,0 × 9	2,0 × 15	2,3 × 12	2,3 × 18	2,6 × 15	2,6 × 20	3,0 × 22	3,0 × 30	3,5 × 26	3,5 × 35	4,0 × 22	4,0 × 50	4,5 × 50	5,0 × 30
Сосна	12	14	14	22	22	40	32	55	45	68	64	94	63	140	151	101
Ель	9	11	12	22	16	28	23	48	42	66	62	80	42	116	130	76
Лиственница	12	12	12	24	26	52	40	81	77	83	75	103	74	184	187	117
Ясень	16	18	22	41	44	73	56	91	116	116	106	142	102	230	276	186
Дуб	16	18	19	32	41	72	56	82	74	102	92	124	74	214	263	157

ГЛАВА 5

УСКОРЕНИЕ ПРОЦЕССА СКЛЕИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ

§ 17. Подогрев паром и электричеством

Одним из основных факторов, влияющих на скорость процесса отверждения клеев (особенно смоляных), является температура. Повышением температуры до 50—60° этот процесс резко ускоряется, причем прогрев склеиваемых деталей осуществляется:

1) в сушильных камерах, куда помещают склеиваемые детали в запрессованном виде, или непосредственно на месте производства паровыми калориферами;

2) электронагревателями контактного типа, передающими тепло к клеевому соединению путем непосредственного соприкосновения с деталью, и рефлекторного типа — ламповыми или спиральными, передающими тепло радиационно-конвекционным способом;

3) прогревом деталей токами высокой частоты.

Наиболее широко применяется прогрев в сушильных камерах и с помощью контактных электронагревателей.

Приводим все перечисленные способы прогрева деталей:

1. Камерный способ нагрева применяют при склейке деталей любых сечений. Склеиваемые детали могут нагреваться в сушильных камерах любых конструкций, обеспечивающих установленные режимы нагрева.

Склеиваемые детали помещают в камеру в запрессованном состоянии вместе с прессами или зажимными приспособлениями после предварительного 10-минутного обжата и укладывают там таким образом, чтобы обеспечивалось лучшее омывание их циркулирующим в камере воздухом.

Воздух в камерах нагревают паровыми калориферами. Детали подогревают в камере при относительной влажности воздуха φ равной 58% (по сухому термометру 60° и по мокрому 50°). Допускаемые отклонения от режима должны быть не более: по температуре $\pm 5^\circ$ и по влажности воздуха $\pm 10^\circ$, при этом одновременно допускают отклонения по температуре и по влажности с одинаковым знаком.

Продолжительность нагревания склеиваемых деталей устанавливается по каждой отдельной операции склейки в зависимости от сечения детали, руководствуясь следующими указанными сроками (табл. 20).

Таблица 20

Продолжительность нагревания при склеивании

Толщина подогреваемой детали и сулаг, мм	Продолжительность нагревания деталей в запрессованном состоянии, мин.
До 30	2 мин. на 1 мм толщины +30 мин.
31—100	1 мин. на 1 мм толщины +60 мин.
101 и более	0,5 мин. на 1 мм толщиной +110 мин. но с общей продолжительностью не более 3 часов

Одним из самых простых способов нагревания судовых деталей больших габаритов, например, шпангоутов, бимсов, балок килей и кильсонов и других является подогрев их в той же мастерской, где они собираются, склеиваются и запрессовываются.

Для этого в мастерской устанавливают плиту металлической или композитной конструкции, подобно горячим плитам корпусных цехов, т. е. решетчатого строения. Под плитой располагают сеть caloriferов парового отопления, которыми и регулируют температуру воздуха на плите в процессе всех стадий работ.

В целях отопления склеиваемых конструкций их накрывают брезентом, образующим шалаш, который препятствует отдаче тепла в холодное помещение цеха. Температурный режим устанавливают в зависимости от рода клея и его составных частей.

2. Электроподогрев с помощью контактных электронагревателей применяют при склеивании древесных материалов с толщиной прогреваемого слоя до 20 мм.

Прогрев деталей больших сечений не допускается из-за появления значительных деформаций и напряжений вследствие неравномерного прогрева деталей по сечению (большой перепад во влажности по сечению изделия).

Контактные электронагреватели представляют собой тонкую металлическую ленту, нагреваемую проходящим по ней электрическим током. Лента закрепляется между двумя прокладками.

При запрессовке контактные электронагреватели соприкасаются с поверхностью склеиваемой детали и нагревают деталь и ее клеевые соединения.

Режим нагрева, создаваемый контактными электронагревателями, должен соответствовать режиму нагрева для склеиваемых деталей, установленному технологической инструкцией по склеиванию, т. е. нагреватели должны создавать в склеиваемой детали определенную температуру за определенное время с начала нагрева. Конфигурация и размеры контактных электронагревателей должны соответствовать конфигурации и размерам прогреваемых деталей.

До включения электронагревателя температура нагревателя и склеиваемой детали должна быть равна или близка к температуре окружающего воздуха. При включении тока в нагревательную ленту температура нагревателя и склеиваемой детали постепенно повышается. При достижении требуемой температуры в клеевых соединениях детали ток выключают.

В технической литературе имеется указание на возможность получения электропроводной клеевой пленки, через которую пропускается непосредственно электрический ток, вызывающий ее нагрев. Для этой цели в состав клея вводят ацетиленовую сажу или другие вещества, образующие электропроводящий слой. Обычно таким клеем покрывают ткань или бумагу, которые затем применяются для склеивания древесных заготовок.

Температура в клеевом соединении не должна быть выше 60°, особенно при применении смоляных клеев. При нагревании клеевого соединения на смоляном клее в течение нескольких часов до 70—80° понижается прочность склейки и ускоряется процесс старения клеевого соединения.

Электронагреватели разделяются на стационарные и съемные. Стационарные электронагреватели, устроенные в прессах на пуансонах или массивных сулагах, применяют при выклейке обшивок из шпона или фанеры на пуансонах, а также при склейке деталей в сборочных приспособлениях. Съемные электронагреватели, представляющие собой плоские или рельефные изогнутые листы, накладывают на склеиваемую деталь перед запрессовкой и помещают вместе с ней в пресс.

По способу расположения ленты электронагреватели разделяются на:

а) сплошные, когда нагревательная лента закрепляется между обкладками зигзагообразно и покрывает всю площадь нагревателя, и

б) контурные, когда лента располагается только по контурам, совпадающим с контурами склейки.

Все нагреватели могут быть:

а) открытыми — с нагревательной лентой, касающейся поверхности склеиваемого материала, и

б) закрытыми — с нагревательной лентой, изолированной тонким предохранительным слоем от соприкосновения со склеиваемым материалом.

Подогрев деталей может быть односторонний или двусторонний.

Односторонний подогрев применяют при склейке деталей, имеющих толщину прогреваемого материала до 15 мм.

При склейке деталей от 15 до 20 мм, а также, где это возможно, при склейке деталей меньшей толщины, например, при склейке на ус, применяют двусторонний подогрев. При двустороннем подогреве уменьшается по сравнению с односторонним нагревом падение температуры по толщине прогреваемого мате-

риала, и клеевые соединения деталей находятся поэтому в более равномерных температурных условиях.

Ленты электронагревателей изготавливают из рулонных или листовых металлов (нихрома, фехраля, нержавеющей стали, углеродистой стали, железа, меди и медных сплавов), толщиной от 0,1 до 0,5 мм. (рис. 22).

Наилучшим материалом надо считать нержавеющую сталь, так как железо и углеродистая сталь быстро разрушаются от коррозии. Медь и медные сплавы имеют небольшую механическую прочность и небольшие сопротивления, что вызывает удлинение ленты электронагревателя.

Необходимую продолжительность прогрева и выдержки деталей под давлением устанавливают для каждой операции отдельно, ориентируясь на режимы, приведенные в табл. 21—23.

Таблица 21

Продолжительность выдержки под прессом и режим прогрева при склейке деревянных деталей смоляными клеями

Толщина прогреваемого материала, мм	Температура в клеевом слое перед выключением нагревателя, °C	Продолжительность выдержки деталей под давлением, мин.			
		до включения нагревателя	при включении нагревателя	после выключения нагревателя	всего под прессом
До 3	50—60	15	20	10	45
6	50—60	10	35	10	55
9	50—60	10	45	10	65
12	50—60	—	55	15	70
15	50—60	—	65	20	85

При большой толщине заготовок прогрев клеевого шва затруднителен. Поэтому применение этого метода при толщине пакета более 20 мм нецелесообразно.

Таблица 22

Продолжительность выдержки под прессом и режимы прогрева при склейке деревянных деталей белковыми (казеиновыми) клеями

Толщина прогреваемого материала, мм	Температура в клеевом слое перед выключением нагревателя, °C	Продолжительность выдержки деталей под давлением, мин.			
		до включения нагревателя	при включении нагревателя	после выключения нагревателя	всего под прессом
До 3	50—60	10	25	10	45
6	50—60	10	40	10	60
9	50—60	—	50	20	70
12	50—60	—	65	25	90
15	50—60	—	80	30	110

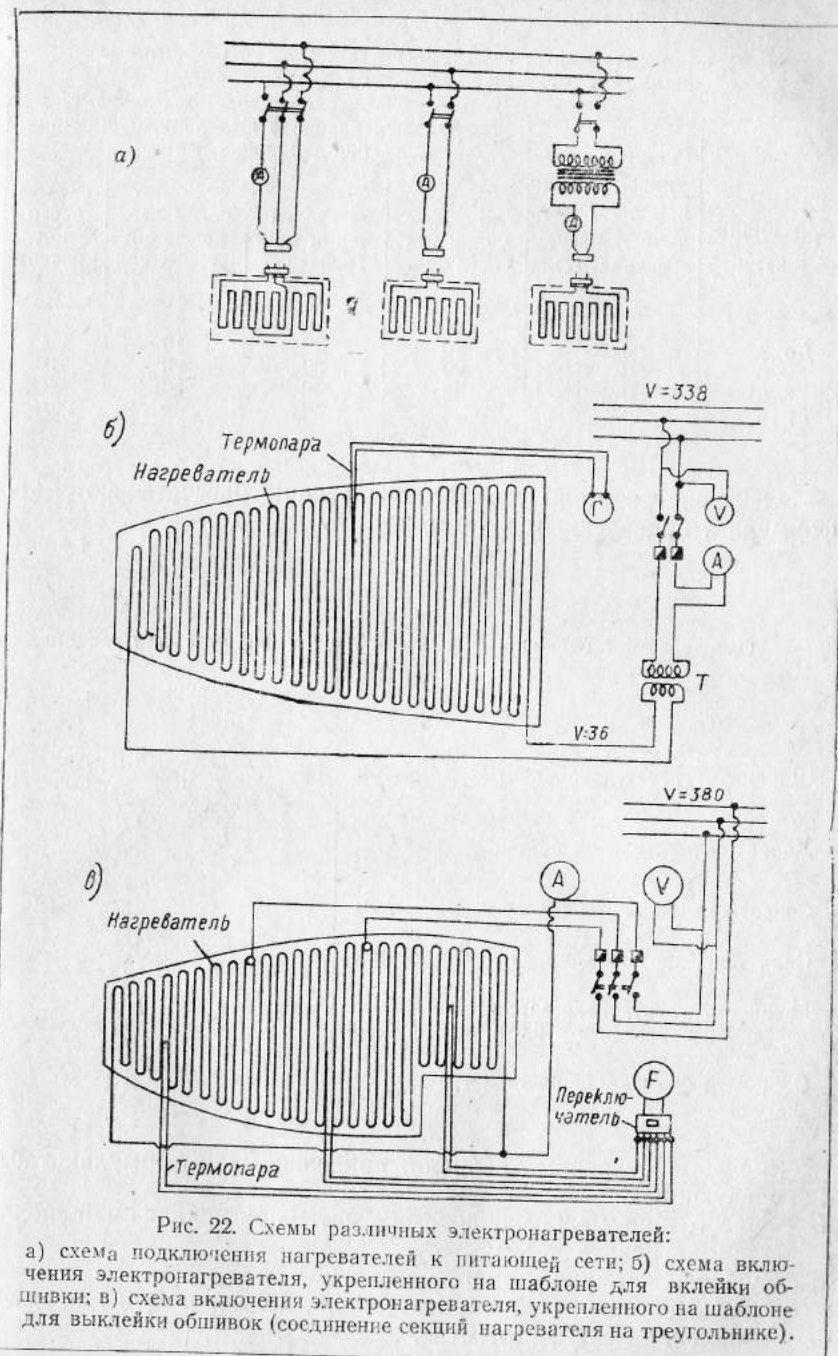


Рис. 22. Схемы различных электронагревателей:

а) схема подключения нагревателей к питающей сети; б) схема включения электронагревателя, укрепленного на шаблоне для выклейки обшивки; в) схема включения электронагревателя, укрепленного на шаблоне для выклейки обшивок (соединение секций нагревателя на треугольнике).

Таблица 23

Продолжительность выдержки под прессом обшивок,
выклеиваемых из шпона на смоляных клеях

Толщина прогреваемой обшивки, мм	Температура в клеевом слое перед выключением нагревателя, °С	Продолжительность выдержки обшивки под давлением, мин.			
		до включения нагревателя	при включении нагревателя	после выключения нагревателя	всего под прессом
До 3	50—60	20	20	10	50
6	50—60	20	30	20	70
9	50—60	20	40	30	90
12	50—60	20	50	40	110

Электронагреватели любой конструкции рассчитываются по формулам, приведенным в табл. 24.

Таблица 24

Определяемая величина	Обозначение и размерность	Формула для расчета
Ширина нагревательной ленты	$a, \text{мм}$	$a = \sqrt{\frac{b^2}{4} + \frac{10^6 W_p S^2}{\delta v^2}} - \frac{b}{2}$
Длина нагревательной ленты	$L, \text{м}$	$L = \frac{10^3 S}{a + b}$
Сопротивление ленты	$R, \text{ом}$	$R = \frac{\rho l}{a \delta}$
Сила тока, протекающая по ленте	$I, \text{ампер}$	$I = \frac{V}{R}$
Мощность электронагревателя, полученная в результате расчета	$W_p, \text{кВт}$	$W_p = \frac{I V}{10^3}$
Общая требуемая мощность нагревателя	$W_k, \text{кВт}$	$W_k = \omega \cdot S$

Значения буквенных величин, приведенных в формулах табл. 24, следующие:

- b — расстояние между полосами ленты при укладке на основании нагревателя, мм;
- ω — удельная мощность нагревателя, кВт/м²;
- ρ — удельное сопротивление материала, применяемого для изготовления ленты, ом/мм² м;

S — расчетная площадь нагревателя, м²;
 δ — толщина материала нагревательной ленты, мм;
 V — расчетное напряжение, в вольтах.

Минимально допустимая ширина нагревательной ленты составляет 5 мм. Для обеспечения равномерного распределения температуры на поверхности предохранительного слоя нагревателя расстояние между полосами ленты должно быть равно 5 мм. При подогреве склеиваемых деталей сложной конфигурации, например при склейке обшивок из шпона, для увеличения площади склейки предохранительного слоя с основанием нагревателя, для более прочного их соединения, допускается увеличение расстояния между полосами нагревательной ленты до 10 мм.

§ 18. Нагревание в поле токов высокой частоты

Для ускорения схватывания клея при любой толщине пакета можно использовать нагревание токами высокой частоты. Для этой цели применяют высокочастотные установки по схеме, приведенной на рис. 23. На схеме указаны: 1 — общий рубильник;

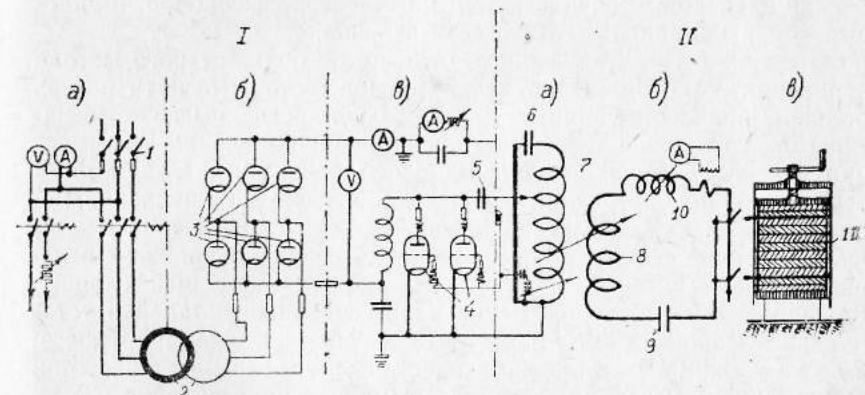


Рис. 23. Принципиальная схема высокочастотной установки мощностью 50 квт.

- I. Шкаф генератора: а) питание 380 вольт; б) газотронный выпрямитель; в) генераторные лампы.

- II. Шкаф колебательных контуров: а) промежуточный контур; б) нагревательный контур; в) склеиваемый пакет.

2 — анодный трансформатор; 3 — газотрон; 4 — генераторные лампы; 5 — разделительный конденсатор; 6 — конденсатор колебательного контура; 7 — катушка колебательного контура; 8 — катушка связи с нагрузкой; 9 — укорачивающий конденсатор; 10 — вариметр нагрузки и 11 — склеиваемый пакет.

Склеиваемую деталь или несколько деталей помещают между металлическими пластинками — электродами конденсатора, под-

ключенными к генератору высокой частоты. Преимущество этого метода заключается в том, что нагревание материала происходит не от поверхности внутрь, а сразу равномерно по всей толще материала, причем быстрота и равномерность прогрева не зависят от толщины материала.

Под влиянием возникающего между пластинами конденсатора электрического переменного поля большой частоты гетерополярные молекулы клея стремятся ориентироваться по силовым линиям поля, а так как последнее все время изменяется, то молекулы вынуждены все время колебаться, вследствие чего возникает межмолекулярное трение, связанное с поглощением энергии и превращением ее в тепло. Благодаря этому клеевой слой прогревается и затвердевает в короткий срок.

Имеются два способа расположения электродов: перпендикулярный и параллельный. В обоих случаях сила давления прикладывается к верхней и нижней поверхности склеиваемого набора. Электроды при перпендикулярном способе клейки находятся у верхней и нижней плит пресса и электрические силовые линии перпендикулярны плоскости склейки. При параллельном способе клейки электроды располагаются по обе стороны набора, и силовые линии параллельны плоскости склейки.

Последний метод склейки, в отличие от более старого метода перпендикулярной склейки, дает возможность избежать потерь больших количеств тепла на нагрев самой древесины до температуры схватывания клея. Особо существенное значение это имеет при склейке деталей из толстых слоев древесины. Однако при вертикальной конструкции электродов неизбежно появление неравномерных и довольно значительных воздушных зазоров между древесиной и электродами. Наличие зазора сопряжено с неравномерностью нагрева древесины, иногда приводящей к браку. Различные схемы расположения запрессованных деталей в установках высокой частоты показаны на рис. 24, где 1 — пресс; 2 — накладки; 3 — склеиваемая деталь; 4 — генератор частоты; 5 — электроды; 6 — теплоизоляторы; 7 — линия склейки и 8 — шланг, создающий давление (пневматик). Между металлическими электродами и склеиваемыми деталями, во избежание потери тепла, прокладываются тепловые изоляторы.

Метод расположения электродов подбирают в зависимости от вида и условий запрессовки.

Форма электродов может быть различна: в виде пластин, полос, роликов, брусков, электродов искривленной формы и кругов, каждый из которых может быть с одинаковой эффективностью использован в соответствующих случаях их применения.

При нагревании склеенных деталей в высокочастотном поле следует наблюдать, чтобы не получилось пережогов и обугливания клеевого слоя. В склеиваемых деталях клеевой слой обычно нагревают на 5—15° выше, чем древесину.

При склеивании влажной древесины происходит интенсивный

процесс выделения воды в виде пара, что может повредить прочности клеевого слоя.

Для каждого размера склеиваемого пакета следует подбирать индивидуальный режим работы генератора.

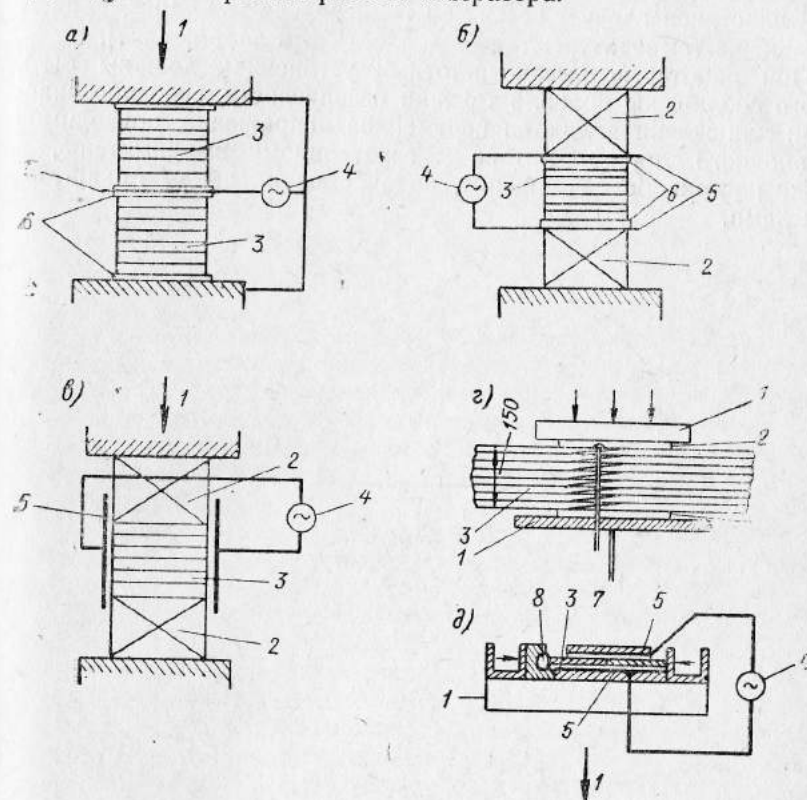


Рис. 24. Различные схемы расположения запрессовываемых деталей в установках высокой частоты.

а — двухрядная установка; б — однорядная установка; в — установка с боковым нагревом (параллельный способ склейки); г — схема запрессовки планок, склеиваемых на ус; д — схема пневматического пресса для прессовки шптов.

Для нагревания древесины при склеивании могут быть рекомендованы ламповые генераторы мощностью в 6, 10 и 30 квт со следующими характеристиками (табл. 25).

Таблица 25

Мощность генератора	Частота в герцах	Анодное напряжение генератора в вольтах
6	$5 \times 10^6 - 30 \times 10^6$	8500
10	$5 \times 10^6 - 30 \times 10^6$	8500
30	$1 \times 10^6 - 5 \times 10^6$	13500

Температуру клеевого шва при склеивании следует повышать постепенно в целях избежания пузырьков в клеевой пленке.

Оптимальная температура склеивания равняется 60°.

Склеивание пакетов шпона при изготовлении древесных слоистых пластиков следует вести при температуре 140—145°, причем повышение температуры также должно быть постепенным.

При работе на высокочастотных установках должны быть строго соблюдены правила техники безопасности, особенно опасными для жизни являются переменное напряжение, подводимое от анодного трансформатора к газотронному выпрямителю, а также постоянное напряжение, подаваемое на аноды генераторных ламп.

ГЛАВА 6

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА КЛЕЕВ

Свойства клеевого шва и прочность склеивания зависят не только от природы клеевой основы и рецептуры клея, но и от тщательности соблюдения режима растворения клеевой основы, времени перемешивания, порядка ввода компонентов, а также поддержания необходимой температуры и чистоты.

При испытании клеев следует, по возможности, исключить влияние непостоянных факторов. Испытания могут быть разбиты на две группы:

1) испытания клеев в отношении их соответствия техническим требованиям — определение концентрации, вязкости, скорости высыхания, жизнеспособности, внешнего вида и др.

2) испытания клеев на прочность склеивания и на свойства клеевого шва — эластичность, твердость, водостойкость, сопротивляемость действию бактерий и др.

Основным показателем правильности и точности выполнения режима склейки, тщательности подготовки материалов для склеивания, прочности клеевого соединения, а также качества клея, является клеящая способность клея, определяемая на клеевых образцах материала, прочность которого выше или равна прочности клея. Основным мерилом качества и работоспособности клеев является их вязкость и жизнеспособность.

Особенное значение вязкость имеет для необратимых клеев, которые обеспечивают прочную склейку только в случае их употребления при определенной вязкости. Так, например, рабочая вязкость для смоляных клеев должна находиться в пределах 20—90° по вискозиметру № 36. Применение маловязких клеев вызывает образование «голодной» склейки, а применение высоковязких клеев, наоборот, утолщает клеевую пленку и, как показали экспериментальные исследования, резко снижает водостойкость и прочность клеевого шва.

Поэтому определение вязкости клеев должно явиться одним из основных показателей их применимости. Абсолютная динамическая вязкость измеряется в пуазах или в сантипуазах. Вяз-

кость воды при 20° равняется одному сантипуазу. Кинематическая вязкость, выраженная в стоксах, равняется отношению абсолютной вязкости к плотности. По вискозиметру № 36 500 сантипуаз равняется 31,4°, а 100 сантипуаз — 62,8°.

§ 19. Определение вязкости капиллярным вискозиметром

Вискозиметр (рис. 25) представляет стеклянную U-образную трубку, одна часть которой широкая, другая же состоит из капилляра, переходящего в шарообразное утолщение. На капилляре над и под утолщением имеются метки *a* и *b*, по которым наблюдается истечение испытуемой жидкости.

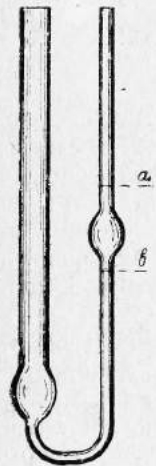


Рис. 25.
Капиллярный вискозиметр.

Длина капилляра 100 мм. Диаметр капилляра выбирается в зависимости от вязкости испытуемой жидкости, при этом время стекания жидкости через капилляр должно быть в пределах от 30 до 300 секунд.

Для определения вязкости в чистый и сухой вискозиметр через трубку вводят 10 см³ испытуемой жидкости.

Вискозиметр устанавливают в водном термостате (стакане) так, чтобы метка *a* вискозиметра была на 15—20 мм ниже уровня воды в термостате. Термостат должен быть обеспечен механическим перемешиванием и электрическим обогревом, поддерживающим температуру воды, равной $20 \pm 1^\circ$. Установленный вискозиметр с испытуемой жидкостью выдерживают в течение 10 минут, необходимых для восприятия жидкостью температуры термостата (20°). После этого жидкость засасывают через капиллярную часть в шарообразное утолщение на 10—12 мм выше метки *a*. Затем испытуемая жидкость свободно протекает через капилляр под влиянием собственного веса, причем секундомером отмечают время прохождения мениска жидкости от метки *a* до метки *b*.

После этого вторично засасывают жидкость выше метки *a* и снова определяют время истечения. Для расчета применяют среднее из двух определений.

После этого вторично засасывают жидкость выше метки *a* и снова определяют время истечения. Для расчета применяют среднее из двух определений.

Вязкость η подсчитывают по формуле: $\eta = K dt$ пуаз, где K — константа вискозиметра;

d — удельный вес испытуемой жидкости;

t — время истечения жидкости, в секундах.

Удельный вес испытуемой жидкости d определяют при помощи пикнометра. Для этого пикнометр наполняют испытуемой жидкостью и выдерживают в термостате (или бане) при температуре 20° в течение 10—15 минут, после чего избыток жидкости

отбирают фильтровальной бумагой и пикнометр с испытуемой жидкостью взвешивают.

Удельный вес подсчитывают по формуле:

$$\text{уд. вес} = \frac{(\text{вес пикнометра с испытуемой жидкостью}) - (\text{вес пикнометра})}{\text{водное число пикнометра}}$$

Водным числом пикнометра называют вес воды в объеме пикнометра при температуре определения (20°). Константу вискозиметра определяют по 60% раствору сахара и подсчитывают по формуле:

$$K = \frac{56,7}{1,2888t},$$

где 56,7 — вязкость 60%-го раствора сахара при 20°;

1,2888 — удельный вес 60%-го раствора сахара;

t — время истечения 60%-го раствора сахара через проверяемый вискозиметр.

При определении константы вискозиметра при двух параллельных определениях допускают расхождение не более чем на 0,05.

§ 20. Определение вязкости вискозиметром №36 (Ф.Э.36)

Вискозиметр № 36 (рис. 26) состоит из:

1) резервуара для испытуемой жидкости 6 с указателями уровня 14 и соединительным кольцом 10. Резервуар цилиндрической формы с дном, имеющим форму шарового сегмента, и с отверстием для сопла. На внутренней стенке резервуара на одном уровне от дна расположены три штифтика, острия которых направлены вверх; они служат указателями уровня наливаемой в резервуар жидкости, а также показателями горизонтальности установки прибора. Корпус резервуара и сопло изображены на рис. 27. Резервуар изготовляют из латуни. Внутреннюю поверхность его хромируют и шлифуют;

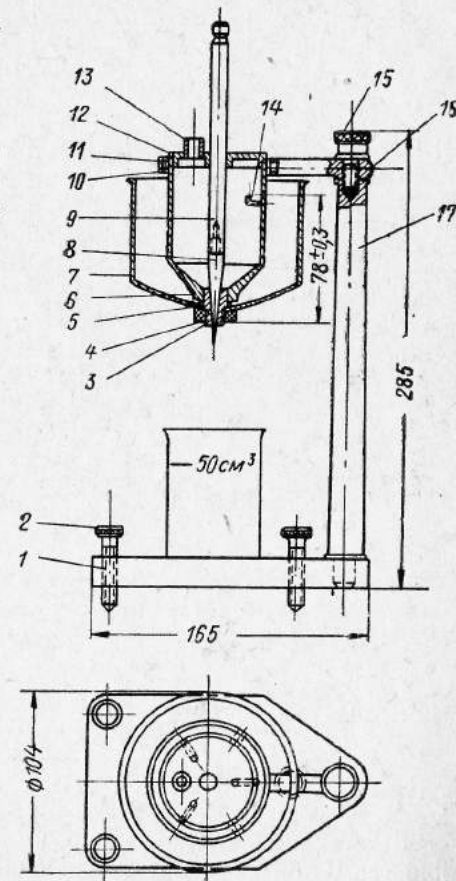


Рис. 26. Вискозиметр № 36.

2) латунной ванны 7 цилиндрической формы (являющейся водяной баней), в которую наливается вода с целью регулирования температуры испытуемых жидкостей;

3) сопла 3 из нержавеющей стали с отверстием $d = 5 \pm 0,02$ мм;

4) крышки резервуара 12 с втулкой для термометра 13 и отверстием для иглы;

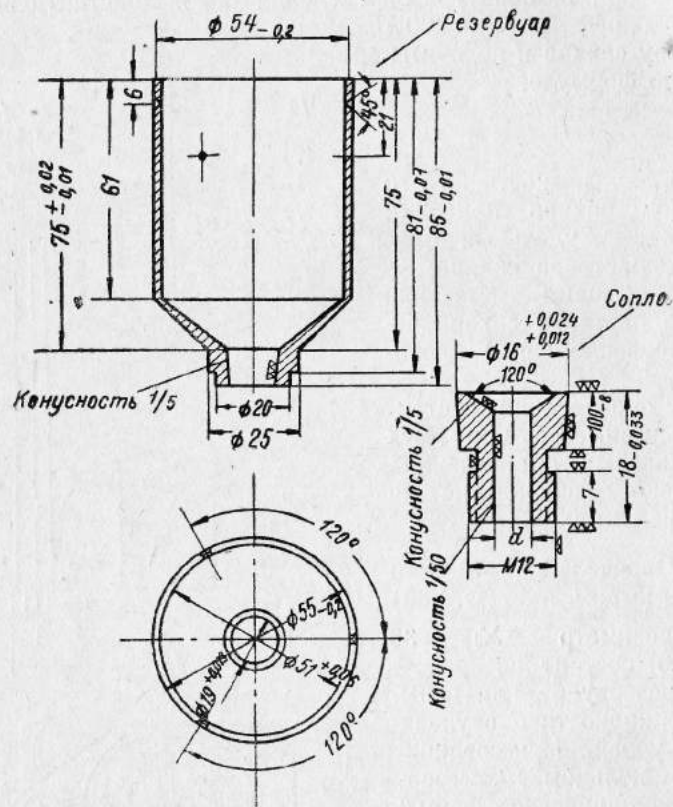


Рис. 27. Корпус резервуара и сопло № 2 вискозиметра № 36.

5) стальной гайки 4 и резиновой прокладки 5, служащих для герметического крепления ванны с резервуаром и препятствующих просачиванию воды из ванны;

6) латунной иглы 9, имеющей назначение закрывать отверстие сопла;

7) стальной плиты 1 с установочными винтами 2, кронштейном 16 и стойкой 17.

Испытуемую клеевую смесь наливают в промытый и высушенный внутренний стакан вискозиметра. Резервуар вискозиметра при помощи регулирующих винтов устанавливают горизонтально.

Под сопло вискозиметра ставят чистый сухой мерный стаканчик. В рубашку вискозиметра наливают воду для поддержания температуры смеси, равной 20° .

По установлении этой температуры (20°) быстро вынимают стержень и при появлении жидкости из сопла пускают секундомер, останавливая его в момент наполнения мерного стаканчика клеевым раствором до объема 50 мл, определяемого по мениску.

Условную вязкость η , выраженную в градусах, вычисляют по формуле:

$$\eta = kt,$$

где k — константа сопла;

t — время истечения 50 мл клеевого раствора, в секундах.

§ 21. Определение константы вискозиметра № 36.

Для установления константы вискозиметра применяют эталонную жидкость (смесь глицерина с водой) двух любых из указанных удельных весов: 1,2572; 1,2456; 1,2379; 1,2500 и 1,2212 с колебаниями $\pm 0,0002$. Эти смеси устойчивы и ими пользуются длительное время. Смеси, бывшие в употреблении 3—5 раз, применяют вновь после проверки их удельных весов и восстановления последних в случае понижения.

Удельный вес смеси глицерина с водой определяют пикнометром. Примерный расчет приготовления смеси определенного удельного веса (например, 1,2500) следующий.

Имеют 500 мл (см^3) глицерина удельного веса 1,2610; необходимо приготовить эталонную смесь удельного веса 1,2500. Для этого добавляют в глицерин дистиллированную воду. Необходимое для разбавления количество воды A вычисляют по формуле:

$$500 \times 1,2610 + A \times 1 = (500 + A) \times 1,2500;$$

$$630,5 + A = 625 + 1,2500 \times A;$$

$$630,5 - 625 = 1,250 A - A;$$

$$5,5 = 0,25 A; A = 22 \text{ мл.}$$

Приготовленную эталонную смесь заливают в резервуар вискозиметра, рубашку которого заполняют водой, и смесь доводят до температуры 20° . При этой температуре смесь выдерживают в течение 10 минут, после чего определяют время истечения смеси из сопла вискозиметра. Повторность определений десятикратная. Расхождение результатов двух параллельных определений времени истечения смеси глицерина с водой не должно превышать 1%.

Константу k вискозиметра вычисляют по формуле:

$$k = \frac{\eta}{t},$$

где η — вязкость эталонной смеси глицерина с водой, в градусах;

t — время истечения 50 мл эталонной смеси через сопло тарированного вискозиметра, в сек.

Зависимость вязкости от удельного веса смесей глицерина с водой (вязкость установлена по капиллярному вискозиметру и выражена в градусах) приведена в табл. 26.

Таблица 26

Удельный вес смеси глицерина с водой	Вязкость в градусах
$1,2572 \pm 0,0002$	57,0
$1,2500 \pm 0,0002$	31,2
$1,2456 \pm 0,0002$	23,6
$1,2379 \pm 0,0002$	14,9
$1,2212 \pm 0,0002$	7,2

Примерный расчет константы вискозиметра производится следующим образом.

Имеются две эталонные смеси: 1) удельного веса 1,2500 и 2) удельного веса 1,2379. Вязкость смесей соответственно равна 31,2° и 14,9°.

Время истечения из тарированного вискозиметра установлено равным для смеси № 1 — 30,3 сек и смеси № 2 — 14,6 сек.

Константа вычисляется по формуле:

$$k_1 = \frac{31,2}{30,3} = 1,051; \quad k_2 = \frac{14,9}{14,6} = 1,021$$

$$K = \frac{k_1 + k_2}{2} = \frac{1,051 + 1,021}{2} = 1,036.$$

Точность замера времени истечения эталонной смеси составляет 0,1 сек., а допустимое отклонение между повторными определениями — 8 сек. Вычисление константы K проводится с точностью до 0,01.

Допустимая разница между константами, определяемыми по двум эталонным смесям, равна 0,04, а величина константы должна быть в пределах 0,80—1,20. Константу вискозиметра надо определять не реже одного раза в три месяца.

§ 22. Определение вязкости воронкой НИЛК

Воронка НИЛК (рис. 28) состоит из полого корпуса 1, оканчивающегося трубкой, закрываемой краном 5.

На конец трубки (крана) навинчиваются съемные сопла с диаметром выходного отверстия в 2,4 и 7 мм (в зависимости от испытуемого продукта).

Вверху конус имеет бортик 2 для слива избытка испытуемого

материала. Конус снабжен водяной рубашкой 3, в которую вода поступает и выходит по резиновым шлангам, укрепленным на штуцерах 4. Вверху воронка имеет крышку с отверстием для термометра. Воронка укрепляется в штативе 6. Под отверстие подставляется стеклянный цилиндр емкостью в 100 мл. Внутренний диаметр цилиндра должен быть равен 3—4 см, высота 24—26 см.

Испытуемую жидкость наливают в воронку полностью до краев, а избыток ее стекает в специальную канавку.

Воронку закрывают крышкой, в отверстие которой вставлен на пробке термометр, доходящий до испытуемой жидкости. Температуру испытуемой жидкости доводят до 20° пропусканием (в зависимости от первоначальной ее температуры) холодной или горячей воды. По установлении этой температуры быстро открывают кран и одновременно пускают секундомер, наблюдая за стеканием в цилиндр испытуемой жидкости. По наполнении цилиндра до 100 мл секундомер останавливают. Количество секунд, во время которых вытекает 100 мл испытуемой жидкости из воронки НИЛК, является мерой вязкости.

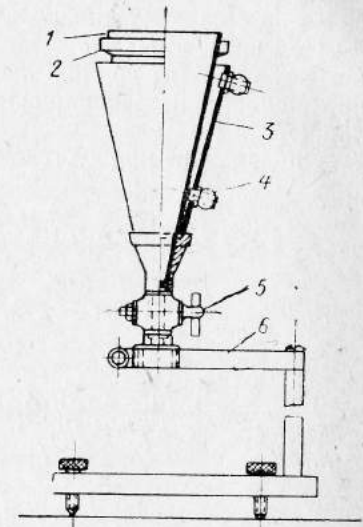


Рис. 28. Воронка НИЛК.

§ 23. Определение вязкости воронкой (вискозиметром) ВЗ-4

Вискозиметр ВЗ-4 является прибором для определения условной вязкости лакокрасочных материалов путем измерения времени истечения жидкости в количестве 100 мл. через отверстие определенного диаметра.

Прибор (рис. 29) представляет собой дюралюминиевый цилиндрический сосуд с конусным дном, емкостью 100 мл. Верхний край цилиндрической части имеет желоб для слива избытка материала. Конусная часть заканчивается соплом с диаметром выходного отверстия 4 мм.



Рис. 29. Воронка ВЗ-4.

Испытуемый материал, предварительно профильтрованный через сетку 3200 отв/см², перед определением тщательно перемешивают, доводят до температуры $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и оставляют стоять в течение 5—10 минут для выхода пузырьков воздуха.

Вискозиметр устанавливают на штативе. Отверстие сопла закрывают пальцем и заполняют сосуд испытуемым материалом вровень с краями. Избыток стекает в боковой желоб.

Пузырькам воздуха, находящимся в жидкости, дают подняться на поверхность, а пену линейкой сдвигают в желоб.

Под вискозиметр подставляют приемный сосуд, после чего отнимают палец от сопла, пуская одновременно секундомер. По прекращении истечения непрерывной струи секундомер останавливают.

Определение проводят не менее двух раз.

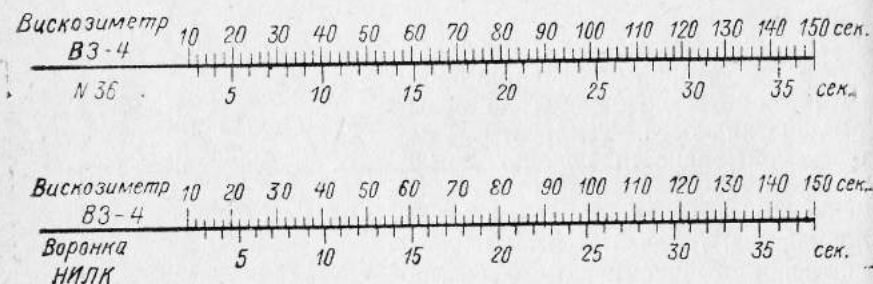


Рис. 30. Номограмма для практического перевода вязкости клеевых материалов.

Время истечения определяется с точностью до 0,2 сек.

Расхождения в замерах не должны превышать 5%, считая максимальный результат за 100%. В случае расхождения результатов более указанного предела, определение повторяют третий раз.

Среднее арифметическое полученных результатов определения времени истечения испытуемого материала в секундах служит мерой условной вязкости.

Для практического перевода вязкости клеевых материалов служит номограмма, приведенная на рис. 30.

§ 24. Определение вязкости шариком

По данному методу вязкость определяется измерением времени прохождения стальным шариком слоя клеевого раствора высотой 250 мм.

Вес шарика 2,10 и его диаметр 8,0 мм.

Определение производят при 20° в вертикально поставленной стеклянной трубке диаметром 2,0 см и длиной 35 см. В верхней и в нижней частях стеклянной трубки нанесены риски на расстоянии 250 мм.

При испытании измеряют время прохождения шарика между этими рисками.

§ 25. Определение жизнеспособности смоляных клеев

Различают общую и рабочую жизнеспособности клеев. Общая жизнеспособность измеряется временем нарастания вязкости клеевого раствора с момента его приготовления до достижения 90° по вискозиметру № 36.

Рабочая жизнеспособность измеряется временем нарастания вязкости клеевого раствора с 20° до 90° по вискозиметру № 36.

Для определения жизнеспособности 200 г свежеприготовленной клеевой смеси помещают в стакан диаметром 50—80 мм, емкостью 250—300 мл и выдерживают в течение всего времени испытания при температуре 20°, поместив для этого стакан в термостат или в водяную баню. Когда температура клеевой смеси достигнет 20°, определяют начальную вязкость клея. После этого вязкость определяют через каждые 30 минут, пока смесь не достигнет вязкости 90°.

Если через 2,5 часа вязкость клеевого раствора превышает 90° или через 4 часа вязкость меньше 90°, то клей не отвечает техническим требованиям по жизнеспособности.

§ 26. Определение внешнего вида смоляных клеев

Около 100 г свежеприготовленной клеевой смеси помещают в стеклянный стакан. В смесь погружают стеклянную палочку или фарфоровый шпатель, который поднимают затем на высоту 10—20 см над стаканом. Тонкая струя стекающего клеевого раствора должна быть мало вязкой, однородной, без механических примесей и сгустков.

§ 27. Определение кислотного числа керосинового контакта

Кислотным числом называется количество миллиграмм едкого натрия, необходимых для нейтрализации одного грамма контакта.

Для этой цели 4—5 г контакта отвешивают в коническую колбу, приливают 25 см³ дистиллированной воды, 25 см³ нейтрального (96°) этилового спирта и две-три капли раствора фенолфталеина и титруют нормальным раствором едкого натрия до появления розового окрашивания.

Кислотное число контакта X , выраженное в миллиграммах, подсчитывается по формуле:

$$X = \frac{40a}{b},$$

где a — число см³ нормального раствора едкого натрия, идущего на нейтрализацию навески контакта,
 b — навеска контакта в граммах.

Экспрессные методы определения типа клеев

Таблица 27

Типы клеев	Окраска клеевой пленки и ее вид	Отношение к воздействию		Отношение к пламени	
		Органических растворителей	Воды (за 24 часа)	горение	выделяющийся запах
Столярный	Темнобурая, хрупкая	Не действуют	Набухает	Горит	Запах рога или жженой кости
Казенный	Желтая или кремовая, хрупкая	То же	Слабо набухает	Горит слабо	Запах рога
Фенольный	Бурая или вишневая, красная, хрупкая	То же	Не действует	То же	Запах фенола
Карбамидные (мочевинные)	Желтая или кремовая, хрупкая	То же	Очень слабо набухает	То же	Запах формальдегида

Обычно кислотное число контакта колеблется в пределах от 65 до 95.

Если кислотное число более 95, то его можно разбавить водой до получения желаемого кислотного числа, при условии, однако, чтобы по всем остальным требованиям контакт отвечал техническим условиям.

Непосредственно в работу контакт с кислотным числом более 95 допускать не рекомендуется.

§ 28. Экспрессные методы определения типа клеев

В производственных условиях нередко требуется определить тип клеев, пользуясь простейшими методами анализа. В табл. 27 приведены методы, позволяющие быстро и без специального оборудования установить примерную марку клея.

ГЛАВА 7

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ ПРОЧНОСТИ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

§ 29. Испытание клеевого соединения древесины холодного склеивания

Для испытания прочности клеевого соединения древесины применяется метод скалывания по клеевому слою при сдвиге.

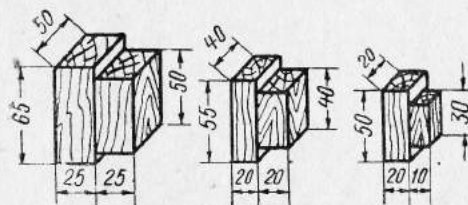
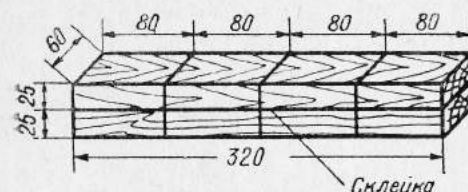


Рис. 31. Форма и размеры стандартных образцов и брусков.

сти склейки, а направление годовых слоев под углом 45—90° к плоскости склейки. Обработку поверхности брусков и режим склеивания осуществляют в соответствии с инструкцией на испытуемый клей.

Из склеенных брусков выпиливают стандартные образцы по форме и размерам, указанным на рис. 31. Вырезку образцов производят не ранее как через 18 часов после снятия давления.

Боковые поверхности образцов должны быть тщательно выстроганы под угольник. Торцовые поверхности должны быть па-

По данному методу клеящую способность определяют путем испытания на скалывание образцов, изготовленных из склеенных брусков древесины. Обычно испытанию подвергаются твердые породы древесины—дуб или ясень.

Размеры склеиваемых брусков: длина — 320 мм, ширина—60 мм и толщина — 25 мм (рис. 31). Бруски под склейку готовят так, чтобы направление волокон древесины было параллельно плоско-

сти склейки, а направление годовых слоев под углом 45—90°

параллельны друг другу и перпендикулярны боковым поверхностям. Поверхности не должны иметь «зарезов» или «недорезов».

Размеры скалываемой части образца выполняют с точностью $\pm 0,5$ мм. В каждом образце по линии ожидаемого скалывания измеряют штангенциркулем с точностью до 0,1 мм ширину и длину площади скалывания. Каждый из этих размеров измеряют с двух сторон образца, а искомый размер определяют как среднее арифметическое из двух измерений.

Образцы испытывают на любом прессе, обычно принятом для испытания материалов, в специальном приборе, принятом при стандартных испытаниях древесины на скалывание.

Для испытания образец вставляют в прибор (рис. 32) так, чтобы вертикальная поверхность длинной части образца плотно прилегала к опорной стенке прибора 1; при этом обе плоскости (вертикальная и горизонтальная) нижнего выреза образца должны плотно прилегать к соответствующим поверхностям подвижной обоймы 2, для чего последнюю передвигают установочным винтом 3; зажим обоймы и образца установочным винтом не допускается.

Прибор со вставленным образцом устанавливают на опорную платформу испытательной машины так, чтобы верхняя торцовая поверхность длинной части образца находилась точно под нажимным приспособлением машины.

Скорость приложения нагрузки должна соответствовать повышению напряжения на скалывание, приблизительно равному 120 кг/см² мин. Например, при площади склейки 25 см² нагрузка 5000 кг, соответствующая напряжению $\frac{5000}{25} = 200$ кг/см², долж-

на быть достигнута в течение $\frac{200}{120} = 1,7$ мин. от начала нагружения.

Отклонения от средней скорости допускают в $\pm 10\%$.

Образец скалывают под воздействием равномерно усиливающейся силы сдвига. По шкале силоизмерителя отсчитывают максимальную нагрузку с точностью ± 5 кг, при которой происхо-

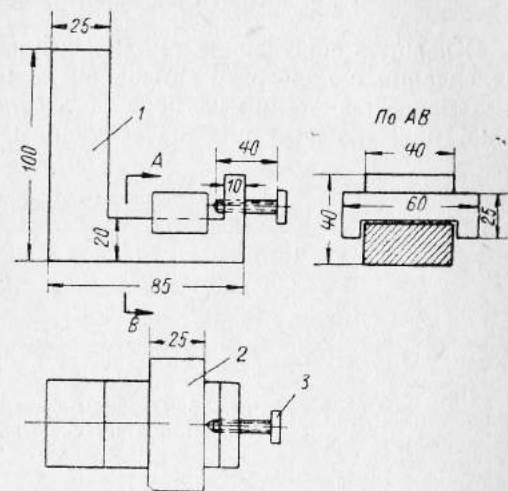


Рис. 32. Прибор для испытания древесины на скалывание.

дит скалывание. Предел прочности при скалывании $S_{\max}$ подсчитывают с точностью до 1 кг/см² по формуле:

$$S_{\max} = \frac{P_{\max}}{F} \text{ кг/см}^2,$$

где $P_{\max}$ — разрушающая нагрузка, кг;
 F — площадь склейки, см².

§ 30. Испытание выклеек из шпона

Клеящую способность смоляных клеев, предназначенных для склеивания с подогревом обшивок из шпона, помимо приведенных ранее испытаний на прочность склейки древесины, испытывают на выклейках шпона следующим образом:

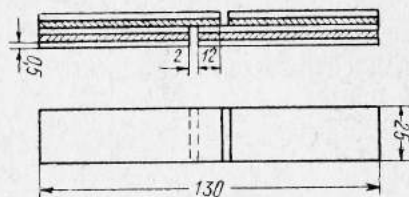


Рис. 33. Образцы фанеры для испытания на скалывание.

для изготовления образцов применяют березовый шпон, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 99—41, влажностью 10%, размером 250×250×0,5 мм. в количестве, необходимом для выклейки пятислойной фанеры. Клеевой раствор наносят на одну сторону шпона из расчета 200—250 г на 1 м² поверхности. Температура шпона и температура в помещении, где производится склеивание, должна быть 18—25°. Склеиваемые поверхности шпона соединяют через 5 минут после нанесения клея.

Собранный пакет через час помещают под пресс, снабженный нагревательными плитами размером не менее 250×250 мм.

Запрессовку ведут по следующему режиму: температура плит пресса 70—80° (для обеспечения температуры клеевого шва в 50—60°). Продолжительность запрессовки 30 минут. Удельное давление при запрессовке 3—4 кг/см².

Число листов пятислойной фанеры в пачке — два.

Из каждого склеенного листа фанеры вырезают 6 образцов для испытания на скалывание при растяжении (рис. 33). Образцы не должны иметь зарезов или недорезов. Образцы подвергают испытанию не позднее чем через 24 часа после их склеивания. При испытании образец устанавливается так, чтобы зажимные губки захватывали его не далее 5 мм от надрезов. Нагруже-

ние производят равномерно со скоростью не выше 100 кг/см² в минуту. Предел прочности при скалывании по склейке подсчитывают по формуле:

$$K = \frac{P}{AB},$$

где P — разрушающее усилие в кг;
 AB — площадь скалывания в см².

Минимальная величина коэффициента прочности должна быть не ниже 18 кг/см², при среднем значении ее не ниже 25 кг/см².

Если хотя бы один образец имеет коэффициент прочности ниже 18 кг/см², клей бракуется.

ГЛАВА 8

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА КЛЕЕННЫХ СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

§ 31. Характеристики механических свойств клея

Прочность клеевых соединений, в некоторой степени, определяется механическими свойствами клея. Оценка прочности этих соединений может быть произведена лишь в том случае, если будут известны основные характеристики механических свойств клея и характер его разрушения от действия различного вида нагрузок. Отечественной клеевой промышленностью освоено большое число марок водостойких клеев. В судостроении с начала 40-х годов применяется почти исключительно клей ВИАМ-БЗ. Однако до настоящего времени не производилось подробных исследований механических свойств этого клея. Такое положение объясняется тем, что в судостроении клеем ВИАМ-БЗ склеивались преимущественно отдельные детали конструкций судов. Лишь в последнее время в судостроении приступили к изготовлению крупных деталей набора и даже цельноклееных судов, в наборе которых широкое использование находят угловые и стыковые соединения деталей на клею.

В связи с изложенным, при исследовании прочности клеевых соединений, применяемых в судовых конструкциях, автором в Ленинградском кораблестроительном институте было проведено исследование механических свойств клея и прочности отдельных клеевых соединений.

Образцы для испытания клея изготавливались отливкой и последующей механической их обработкой.

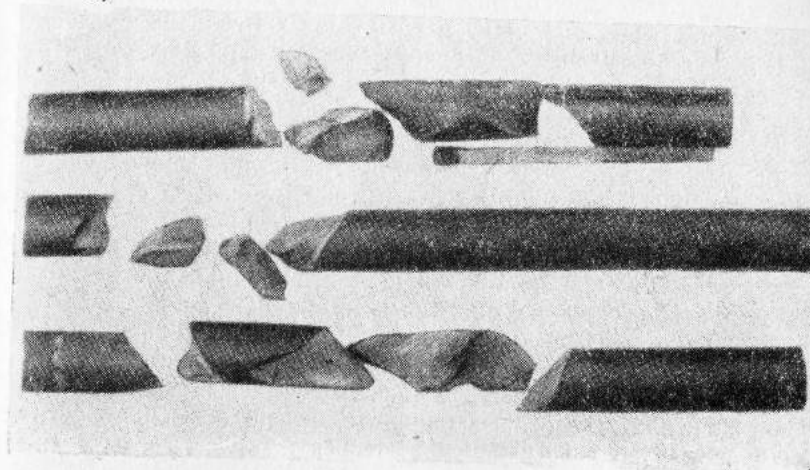
На разрыв испытывались круглые образцы клея диаметром 6 мм и пластинки толщиной от 0,16 до 0,45 мм. На сжатие и кручение испытывались образцы, имеющие форму цилиндров, диаметром от 10 до 20 мм.

Проведенные опыты позволили получить характеристики механических свойств клея ВИАМ-БЗ:

а) клей является, в основном, хрупким материалом, но он различно реагирует на деформации: при разрыве и кручении

(рис. 34, а) разрушается как хрупкий материал, но при сжатии — изменяет форму как пластичный материал (рис. 34, б), однако и в последнем случае разрушение сопровождается появ-

а)



б)

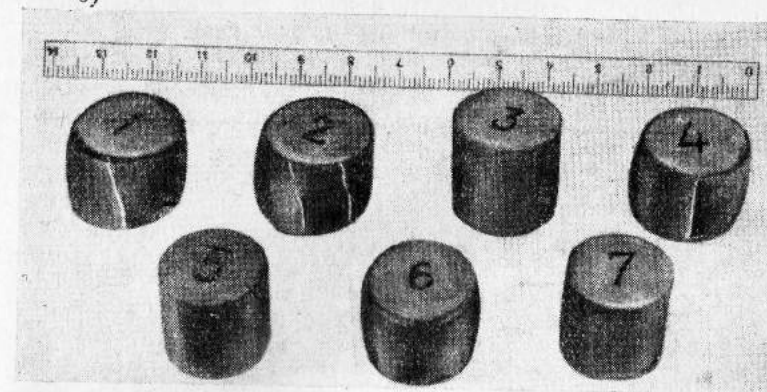


Рис. 34. Характер разрушения образцов клея:
а) при кручении; б) при сжатии

лением трещин, указывающих на пониженную сопротивляемость срывающим усилиям;

б) пределы прочности клея равны:

при сжатии $\sigma_c = 560 \text{ кг/см}^2$;
при растяжении $\sigma_p = 535 \text{ кг/см}^2$;

в) модуль нормальной упругости при сжатии для клея ($E = 11200 \text{ кг/см}^2$) несколько меньше, чем для древесины при сжатии вдоль волокон.

§ 32. Прочность клеевых соединений при работе на скалывание

Отдельные детали различных клеевых конструкций, например: бимсы, шпангоуты, брусья килей самоходных деревянных судов, копани, пояса ферм и арок у несамоходных судов и другие детали склеиваются в виде многослойных элементов из досок. Клеевые швы между отдельными досками клеевых деталей конструкции или швы, при помощи которых соединяются эти детали друг с другом, могут быть образованы по пласти вдоль волокон, по пласти поперек волокон или при другом направлении волокон и быть нагружены различными видами нагрузок.

Прочность склеивания отдельных деталей конструкций друг с другом обуславливается прочностью клеевого шва, способностью клеевого слоя прилипнуть к древесине и сопротивляемостью самой древесины тем или иным видам нагрузки.

Основным видом деформации для клеевых соединений в клеевых деталях судовых конструкций является скалывание, поэтому представляется целесообразным рассмотреть эксперименты, проведенные автором, в которых определялись пределы прочности и податливость клеевого шва и древесины.

Образцы для рассматриваемого эксперимента не изготавливались специально, а вырезались из клеевых деталей больших моделей, хранившихся в течение примерно двух лет.

Для исключения влияния механических свойств и пороков древесины образцы-близнецы, которым присваивались номера: 1 и 2, 3 и 4 и т. д., выпиливались из одной клеевой детали в непосредственной близости друг от друга. Размеры и форма образцов соответствовали стандартным образцам, применяемым при определении прочности при скалывании. Площадь скалывания образцов равнялась 25 см²; испытывались они на прессе Гагарина мощностью 5 т. Всего испытано 7 образцов на скалывание по клеевому шву и 7 — по целой древесине. Образцы, на которых испытывался клеевой шов, имели нечетные номера, образцы для испытания древесины обозначены четными номерами.

Ввиду того, что образцы были выпилены из готовых деталей, качество их склеивания было несколько ниже качества для образцов, специально изготовленных; у двух образцов из семи разрушение по клею составило 20 и 25%, поэтому разрушающая нагрузка этих образцов меньше, чем для образцов из целой древесины (рис. 35); 70% остальных образцов имели удовлетворительное и хорошее качество изготовления. У образцов, особенно №№ 5 и 13, были недостаточно точно опилены опорные поверхности, что отразилось на характере кривой нагрузки — участок пропорционального изменения деформации и нагрузки наступает с некоторым запозданием.

По углу наклона кривых (к горизонтальной оси) можно судить о податливости клеевого шва и древесины при работе сое-

динения и целой древесины на сдвиг. Поскольку пределы прочности при разрушении, характер кривых и углы наклона кривых

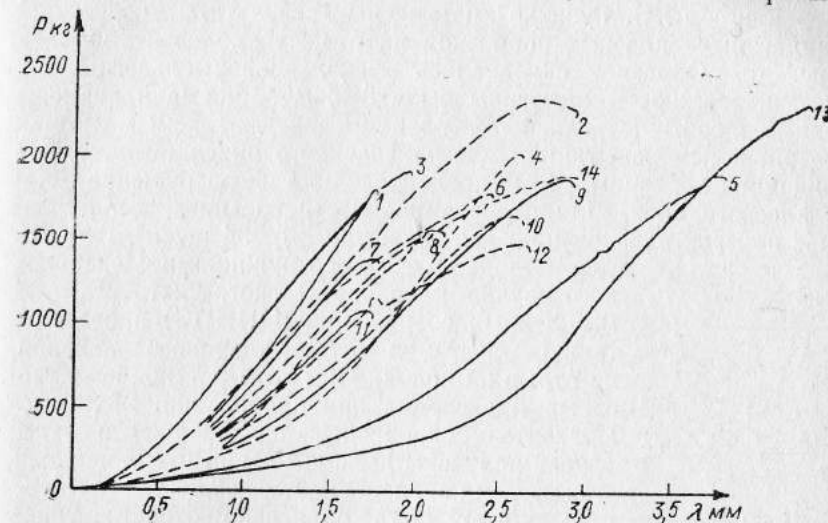


Рис. 35. Машинная запись испытания целых и клеевых образцов на скалывание (клеевые образцы — сплошные линии, целые — пунктирные).

для различных образцов, примерно, одинаковы, можно сделать вывод, что при работе на скалывание клеевое соединение ведет себя так же, как и целая древесина.

§ 33. Прочность клеевых соединений при работе на отрыв

В целях выявления прочности клеевых соединений при работе их на отрыв в исследовательских институтах авиационной и строительной промышленности были проведены специальные эксперименты.

Опыты по установлению прочности клеевых соединений, работающих на отрыв, в основном проводились на малых образцах, ввиду чего результаты этих опытов могут быть лишь условно распространены на соединения клеевых конструкций. Явление масштабного эффекта сказывается также и на результатах, полученных при испытании металлических или целых деревянных образцов, но при испытании клеевых конструкций оно проявляется в большей степени. При склеивании деталей по большим поверхностям, для различных участков последних, весьма сложно добиться равномерного клеевого шва как по толщине, так и по его однородности. Указанные дефекты приводят к ослаблению клеевого соединения. Но все же влияние неоднородности клеевого шва сказывается на прочности соединения отдельных деталей друг с другом в меньшей степени, чем различие сопротивляе-

мости древесины в зависимости от направления усилий по отношению к направлению волокон.

В книге А. Б. Губенко¹ приведены результаты испытания стандартных клееных образцов на разрыв поперек волокон (рис. 36). Образцы склеивались фенольно-формальдегидными клеями, влажность древесины была 8—20%. Форма и размеры образцов соответствовали требованиям, предъявляемым к рассматриваемым испытаниям. Из приведенного рисунка видно, что приданная образцам форма предопределяла их разрушение в зоне клеевого слоя. Для предела прочности соединения при разрыве поперек волокон получены значения 27—34 кг/см². Губенко

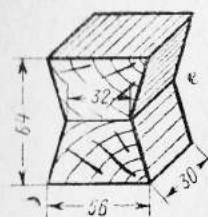


Рис. 36.
Образец для
испытания клее-
вого соединения
на отрыв.

совместно с другими сотрудниками Центрального научно-исследовательского института промышленных сооружений (ЦНИПС) проведены также испытания балок таврового профиля на отрыв их полок. При этом установлено, что отрыв происходил при напряжении 26 кг/см². Показатели прочности соединения в этом случае получены несколько меньшими, чем для стандартных образцов. Отмеченное обстоятельство может быть объяснено отчасти упрощенной схемой определения напряжений, что отмечается самими экспериментаторами, и, до некоторой степени, различием в качестве клеевого слоя у стандартных образцов и у конструкций. Таким образом, на основании высказанных соображений за предел прочности клеевого соединения, при его работе на разрыв поперек волокон, для древесины хвойных пород возможно принимать значение 28—30 кг/см².

Такие же примерно величины пределов прочности имеют образцы из целой древесины, испытываемой на разрыв поперек волокон.

Можно считать доказанным, что для отечественных водостойких клеев прочность самого клеевого слоя и его связь с древесиной более прочности древесины обычных пород, применяемых в судостроении. Таким образом, прочность соединения отдельных деталей друг с другом обуславливается, в основном, сопротивляемостью действующим усилиям самой древесины.

Следовательно, при оценке прочности клеевых соединений необходимо прежде всего исходить из прочности самой древесины. Последняя в свою очередь зависит от влажности и направления волокон древесины, процента поздней древесины, района произрастания деревьев и других факторов. Поэтому, для оценки прочности древесины, а также и клеевых соединений, должно пользоваться указаниями ГОСТ 4631-49 «Показатели физико-механических свойств древесины» и параллельно с испы-

танием клееных образцов на те же виды деформаций производить испытания древесины пиломатериала, из которого изготавливаются клееные детали.

§ 34. Прочность стыковых усовых соединений

Усовое соединение является основным типом клеевых соединений, применяемых в судовых конструкциях. Этот тип соединения используется как для сращивания отдельных деталей, например, получение длинномерных досок наружной обшивки (рис. 37,а) из коротких досок, соединения брусьев продольного

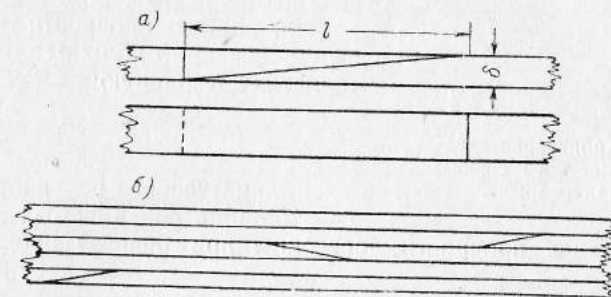


Рис. 37. Клеевое соединение на ус.

набора, так и для сращивания досок друг с другом в слойчатых деталях (рис. 37,б).

Прочность усового соединения так же, как и любого другого типа клеевого соединения, определяется не только прочностью клея, как связующего вещества, но и прочностью древесины. Клей является материалом, который при растяжении и кручении ведет себя, как хрупкий материал, а при сжатии разрушается примерно так же, как пластичный материал. По своему составу клей в твердом состоянии представляет однородную массу с механическими свойствами, одинаковыми в различных направлениях испытываемого образца. Таким образом, клей можно рассматривать как изотропный материал.

В противоположность клею, древесина является неоднородным материалом. Сама структура ее определяет три направления: продольное, тангентальное и радиальное, механические свойства по которым между собою существенно разнятся, а поэтому при изучении свойств древесины ее рассматривают как анизотропный материал.

Произведенными автором исследованиями установлено, что прочность усового соединения обуславливается в основном сопротивляемостью древесины скалыванию.

В процессе испытания на разрыв образцов сечением 40×100 мм получена зависимость изменения нормальных напря-

¹ А. Б. Губенко. Клееные конструкции из досок. Стройиздат, 1949.

жений в соединяемом элементе в момент разрушения усового соединения в зависимости от величины усового переключ (рис. 38). В результате исследования клеевых усовых соединений был решен вопрос, как следует располагать усовое соединение детали, работающей на изгиб, — в плоскости действующих сил (рис. 39, а) или

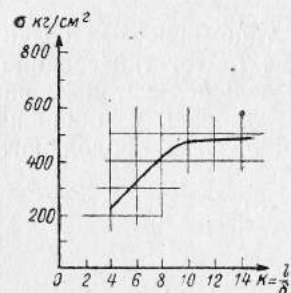


Рис. 38. Характеристика прочности клевого соединения при разрыве.

σ_{bl} — предел прочности древесины при разрыве вдоль волокон (кг/см²);

τ_{bl} — предел прочности древесины при скалывании вдоль волокон (кг/см²);

б) в усовых соединениях, при условии необязательного соблюдения равнопрочности, возможно применять уменьшенные величины усовых переключ; в этом случае характеристика усового соединения K выбирается в зависимости от требований, предъявляемых к прочности соединения; так, например, в многослойных клееных элементах при сращивании досок, расположенных в нагруженных слоях, без особого ущерба для прочности элемента, можно применять 6—8-кратную величину переключ;

в) при работе детали или конструкции на изгиб клевого усового соединения деталей, с характеристикой $K=3-6$, следует, по возможности, располагать так, чтобы он лежал в плоскости действующих сил; в этом положении он выдерживает нагрузку на 30—40% больше, чем в положении перпендикулярном к плоскости изгибающего момента.

в плоскости, перпендикулярной к направлению действующих сил (рис. 39, б).

Установлены следующие положения для расчета и проектирования клеевых соединений:

а) усовые соединения деталей, работающих на разрыв, обеспечивающие прочность, равную прочности детали в целом ее сечении, должны иметь характеристику K равную:

$$K = \frac{l}{\delta} = \frac{\sigma_{bl}}{\tau_{bl}},$$

где l — длина усового переключ;

δ — толщина соединяемых деталей;

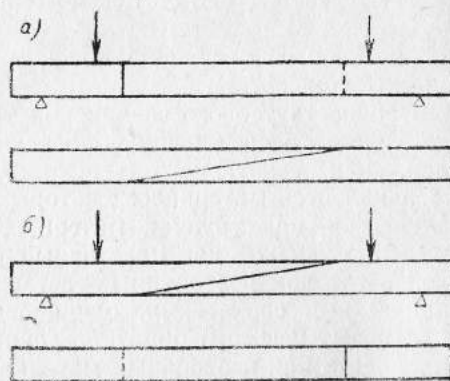


Рис. 39. Работа клевого соединения на изгиб в различных положениях.

§ 35. Прочность стыковых соединений на накладках

Клеевое соединение работает более эффективно при скалывании, чем при отрыве. Поэтому основным условием для проектирования клееных конструкций является следующее: отдельные детали конструкций должны быть так расположены одна по отношению к другой, чтобы клеевые слои их работали, в основном, на скалывание.

Соединение на накладках по характеру загрузки клевого слоя является соединением, в котором клей работает, в основном,

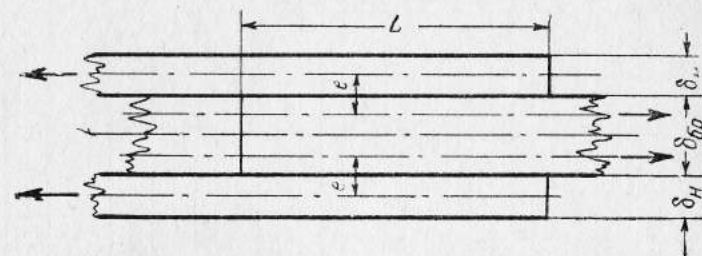


Рис. 40. Соединения на накладках.

на скалывание, но при этом на клеевой слой действуют и отрывающие усилия. Это соединение весьма просто в выполнении, так как упрощается подгонка деталей. Однако соединение на накладках имеет и существенные недостатки:

1) накладки увеличивают габариты соединяемых деталей;

2) напряжения по длине накладок распределяются неравномерно, что вызывает перегрузку клевого слоя у концов накладок.

Последнее обстоятельство усложняет как применение, так и методику расчета этих соединений. Ю. М. Ивановым, А. Б. Губенко и В. Г. Михайловым в 1947 г. были проведены экспериментальные и теоретические исследования соединений на накладках.¹

Исследования клееных стыков на накладках позволили сделать вывод, что причиной разрушения клееных стыков являются отрывающие усилия, возникающие из-за эксцентричного приложения нагрузки к склеиваемым деталям (рис. 40) и заставляющие клеевые слои работать не только на скалывание вдоль волокон, но и на отрыв, поперек волокон. Следовательно, слои в этих стыках лишь условно могут считаться работающими на скалывание. Подтверждением такого вывода может служить то, что в различных типах сопряжений разрушающее напряжение скалывания не достигает даже 60% от максимального предела прочности древесины на скалывание.

¹ А. Б. Губенко. Применение фанеры в строительстве, Стройиздат, 1948.

Неравномерная загрузка клеевого слоя приводит к необходимости ограничения длины накладок. При этом величина допускаемого напряжения при растяжении соединяемых элементов может быть определена по формуле:

$$[\sigma] = \frac{\tau_{\max} k L}{\delta_{бр}/2} = 10 k \frac{m+1}{2m} \cdot \frac{L}{e},$$

где $\tau_{\max} = 10 \text{ кг/см}^2$ — допускаемое напряжение на скалывание принимается так же, как и для лобовых врубок, пониженным ввиду наличия неучтенных расчетом отрывающих усилий;

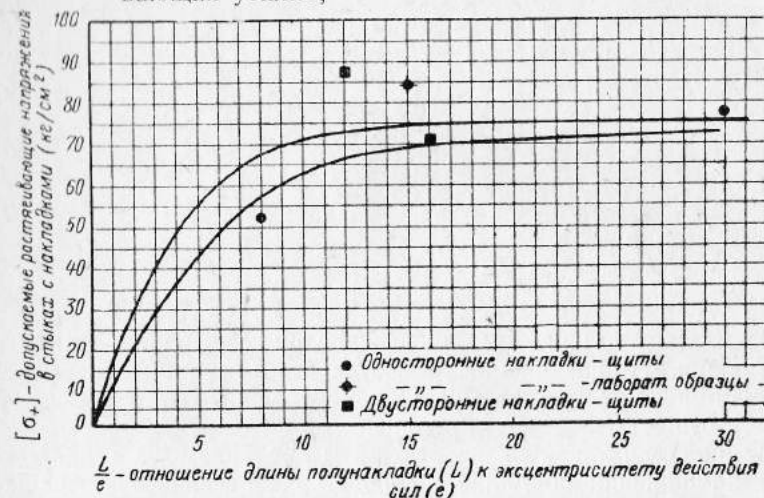


Рис. 41. Прочность клеевого соединения на накладках.

L — полудлина накладки;

$\delta_{бр}$ — толщина бруса;

δ_n — толщина накладки;

e — расстояние между усилиями, приложенными к брусу и накладке, согласно схеме рисунка;

k — коэффициент неравномерности загрузки клеевого слоя, определяемый по формуле:

$$k = \frac{(1+m) \operatorname{sh} \lambda L}{\lambda L (\operatorname{ch} L + m)},$$

где λ — величина, зависящая в основном от эксцентриситета e и от отношения:

$$m = \frac{\delta_{бр}}{2} : \delta_n,$$

Зависимость между допускаемыми растягивающими напряжениями и отношением $\frac{L}{e}$ для двусторонних ($m = 0,5$) и односторонней ($m = 1$) накладок, соответственно — верхняя и нижняя кривые, представленные графически на рис. 41. На основании полу-

ченных результатов сделаны выводы: 1) максимальные допускаемые напряжения для стыков с двусторонними накладками равны 75 кг/см^2 , с односторонними — 72 кг/см^2 ; 2) несущая способность стыков на накладках практически не увеличивается при $\frac{L}{e} > 12$

в случае двусторонних накладок и $\frac{L}{e} > 15$ при односторонней накладке. Следовательно, общая длина накладок, вводимая в расчет, не должна превышать 30 толщин накладок.

Рассмотренные исследования стыковых соединений на накладках проведены достаточно широко как в теоретическом, так и в экспериментальном направлениях. Следует также отметить, что результаты экспериментов, проведенных автором данной главы в 1948 г. в ЦНИИ Речного флота над моделями стыковых соединений, сращиваемые бруски которых имели размеры в сечении $40 \times 100 \text{ мм}$, а длина накладок изменялась в пределах от 300 до 700 мм, подтверждают правильность выводов о предельной длине накладок.

§ 36. Прочность угловых соединений

Древесина, не пропитанная специальными смолами или не переработанная с применением этих смол, обладает отрицательным свойством — изменять свои линейные размеры при переменной влажности. Величина усыхания или разбухания древесины различна в продольном и поперечном направлениях (по отношению к направлению ее волокон).

Приведенные в табл. 28 цифры отражают усушку древесины различных пород в зависимости от направления волокон при переходе от свежесрубленного до абсолютно сухого состояния¹.

Таблица 28

Порода древесины	Усушка в %		
	радиальная	тангентальная	объемная
Сосна	4,3	8,1	12,5
Ель	4,7	9,3	14,1
Лиственница	5,3	10,4	15,1
Дуб	4,7	8,4	12,7

Усушка вдоль волокон, при высыхании от свежесрубленного до абсолютно сухого состояния, колеблется в пределах от 0,01

¹ В а н и н. Древесиноведение, Гослесбумиздат, М.-Л., 1949.

до 0,35%. Следовательно, изменение линейных размеров поперек волокон в 20—30 раз больше чем вдоль волокон. В связи с этим, при соединении деталей под углом незначительно деформирующиеся в продольном направлении волокна одной детали препятствуют поперечным деформациям волокон присоединенной к ней другой детали.

В соединениях на металлических средствах крепления напряжения, возникающие в деревянных элементах, при изменении влажности древесины вследствие невозможности свободного изменения размеров, вызывают местные деформации древесины в районе крепления. При этом наблюдается обжатие волокон древесины у болта, шпонки или другого средства креплений.

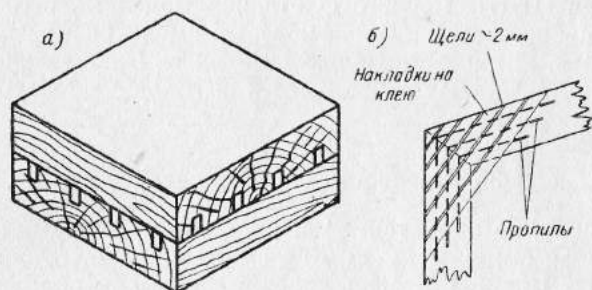


Рис. 42. Способы предотвращения разрушений клеевых соединений у склеиваемых деталей под углом.

В случае применения в конструкциях клееных деталей при изменении влажности древесины так же происходит неравномерное изменение их линейных размеров. При этом жесткий клеевой слой исключает возможность сдвигов, и в нем, независимо от внешней нагрузки, возникают внутренние напряжения. Максимальная напряженность в клеевом слое наблюдается в случае склеивания деталей под прямым углом.

Неудовлетворительная работа угловых клеевых соединений в условиях переменной влажности вынуждала прибегать в клееных конструкциях к различным конструктивным мероприятиям, к которым, например, можно отнести изображенные на рис. 42, а пропилы на склеиваемых поверхностях, а также соединение деталей под углом не сплошными кницами, а отдельными разобшенными брусками (рис. 42, б). Эти конструктивные усовершенствования не нашли практического применения потому, что усложняют изготовление как заготовок, так и самих соединений, требуя особого тщательного выполнения последних. Действительно, в случае, если канавки или щели между брусками будут залиты клеем, то снизится эффективное действие предлагаемых мероприятий.

Результаты теоретических исследований прочности угловых соединений подтверждаются экспериментами, проведенными в

большом объеме Губенко¹. Опыты сводились к многократному вымачиванию и высушиванию клееных деревянных и фанерных образцов с последующим испытанием их на скалывание. Образцы состояли из двух наружных элементов — досок из сосны или фанеры (толщина последней равнялась 16 мм) с горизонтальным или наклонным расположением волокон и одного среднего — с вертикальным расположением волокон. Для получения наибольшей напряженности клеевых швов элементы образцов склеивались под углами 90 и 45°.

Площадь склеивания для однотипных образцов принималась одинаковой и имела следующие размеры: 40×40, 75×75, 115×115 и 200×200 мм. Склеивались образцы фенольно-формальдегидным клеем ЦНИПС-2. Толщина деревянных элементов принималась равной 20, 50 и 115 мм. Число одинаковых образцов было не менее 5. Сосновые доски образцов, склеенные под углом 90°, со стороны поверхностей склеивания имели пропилы — канавки шириной 5 мм и глубиной, равной 1/3 толщины образца аналогичные изображенным на рис. 42, а.

При рассмотрении результатов испытаний отмечалось, что внешний осмотр образцов, прошедших годичные испытания, дал благоприятные результаты — большинство образцов полностью сохранилось. Нарушение клеевых соединений наблюдалось лишь в образцах, склеенных из досок больших сечений. Однако авторы отчетов исследовательских работ признают, что исследования рассматриваемого вопроса не могут считаться полностью законченными и по ним даются лишь предварительные выводы, которые сводятся, в основном, к следующему: расстройство клеевых швов происходит из-за коробления склеиваемых деталей, вызывающего усилия отрыва — пропилы снижают эти усилия; склеивание элементов, имеющих большие размеры поперечных сечений, под углом не может считаться достаточно надежным, поэтому при склеивании элементов, имеющих толщину 50—100 мм, под углом 90° и 45° допустимыми ширинами соответственно являются 100 и 150 мм. Аналогичные ограничения налагаются на деревянные детали, приклеиваемые к фанере.

Следует, однако, указать, что к приведенным результатам исследований угловых соединений необходимо относиться с некоторым недоверием. Возможно, что допущено занижение нормативов для проектирования соединений деревянных элементов с фанерой. Это замечание основывается на том факте, что десятки судов, находящихся в эксплуатации на протяжении более 5 лет, имеют в поперечном наборе сбединения на фанерных кницах значительных размеров. До настоящего времени в указанных соединениях дефектов не обнаружено.

При проектировании угловых клеевых соединений необходимо учитывать следующее:

¹ А. Б. Губенко. Клееные конструкции из досок, Стройиздат, 1949.

Угловые соединения, нагруженные значительными сосредоточенными силами (рис 43, а) и имеющие размеры поверхности склеивания в направлении действия сил более 200 мм, не могут рекомендоваться ввиду неравномерного восприятия усилия клеевым соединением.

В этом случае средние напряжения в клеевом слое в зависимости от длины поверхности скалывания распределяются согласно рис. 43, б. Для исследованных длин склеиваемых поверхностей,

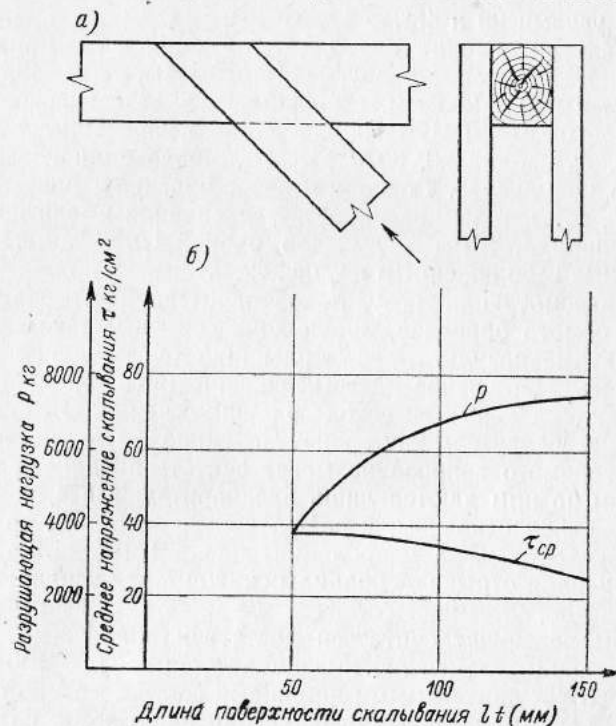


Рис. 43. Клеевое соединение, работающее на скалывание при сосредоточенной силе.

средние напряжения, при увеличении длины поверхности скалывания, падают, вызывая лишь незначительное повышение суммарной разрушающей нагрузки. Это указывает на неудовлетворительную работу рассматриваемого соединения.

В судовых конструкциях находят распространение угловые соединения, нагруженные преимущественно нагрузкой в виде момента (рис. 44, а). В этом случае разрушающий крутящий момент, в зависимости от площади склеивания, изменяется согласно рис. 44, б.

При проектировании угловых соединений необходимо руководствоваться следующим положением: соединения, находящиеся

под действием, в основном, крутящих моментов, в условиях незначительных изменений влажности, применять вполне возможно, при известном крутящем моменте необходимая площадь склеивания, если ее величина находится в пределах 200—400 см² и

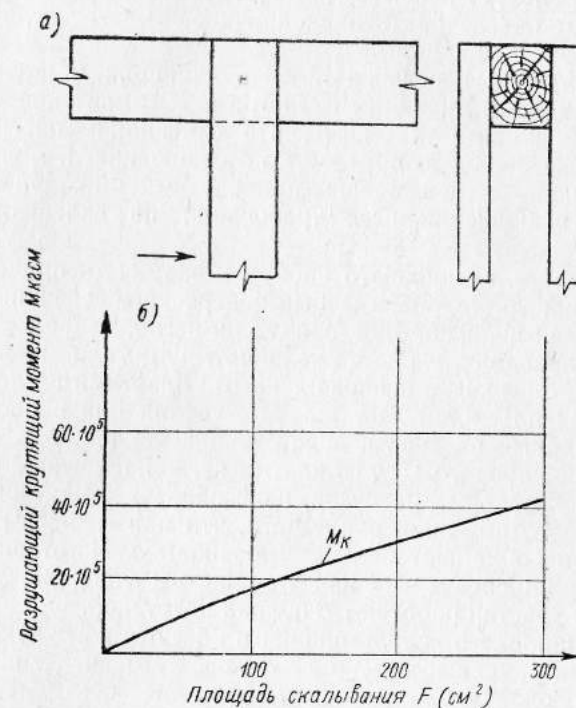


Рис. 44. Клеевое соединение, работающее на скалывание при действии крутящего момента.

форма ее — прямоугольник с отношением сторон 1 : 1 — 1 : 2, приближенно может быть определена по выражению:

$$F = m \frac{M_{кр}}{150},$$

где F — площадь склеивания, см²;

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

m — коэффициент запаса.

§ 37. Конструирование многослойных клеевых деталей набора

Клеевые детали судового набора чаще делаются в виде многослойных брусков, выклеиваемых в несколько слоев. Число слоев обуславливается, в основном, размерами поперечного сечения

связи, так как максимально допустимой толщиной досок, применяемых при склеивании судовых деталей в современных технологических условиях, следует считать толщину, равную 50—60 мм.

Соединение отдельных досок по концам производится на ус или в торец. Следует рекомендовать усовые соединения, так как они позволяют обеспечивать равнопрочность места соединения с целым сечением соединяемых деталей.

Прочные размеры клееных деталей набора принимаются согласно соответствующим правилам Регистра СССР или определяются расчетом. Необходимо учитывать, что склеивание обеспечивает равную и даже большую прочность по отношению к монолитной детали при условии соблюдения приведенных ниже указаний и тщательном выполнении всех требований по склеиванию деталей.

Клееным деталям судового набора может быть придана прямоугольная или двутавровая форма поперечного сечения.

Для деталей корпуса, работающих на изгиб, наиболее простыми в изготовлении являются слойчатые детали прямоугольного сечения, с досками, расположенными пластинами в плоскостях, параллельных плоскости действующих усилий или в плоскостях, перпендикулярных плоскости действующих усилий.

В деталях набора, работающих на изгиб и подверженных воздействию значительных нагрузок, целесообразнее применять балки двутаврового профиля, ввиду того, что при меньшем расходе материала они обладают большой прочностью. Изготавливать двутавровые балки следует из качественного материала, так как почти все их участки работают с полной нагрузкой.

В целях широкого использования в клееных конструкциях маломерного материала и материала с дефектами, необходимо конструировать слойчатые детали так, чтобы без ущерба для прочности этих деталей, указанные материалы были использованы в количестве 50—60% от объема материала, идущего на изготовление многослойных клееных деталей.

При выборе профиля поперечного сечения клееных элементов набора и других конструктивных особенностей этих элементов, наряду с уменьшением весов конструкции, необходимо стремиться к обеспечению минимального времени сборки конструкций на стапеле.

В многослойных балках, с числом слоев 5 и более, работающих на изгиб, без особого ущерба для прочности балок, доски, расположенные в соседних слоях у нейтральной оси, могут иметь длину 1,5—3 м и стыковаться в торец с соответствующей разгонкой стыков в смежных слоях. Доски наружных слоев должны стыковаться на ус или на накладках.

Между усовыми соединениями в смежных слоях допускается расстояние, равное не менее двух длин усового соединения склеиваемой детали (рис. 45, а), и через один слой — не менее одной длины усового соединения (рис. 45, б).

Полки и стенки двутавровых балок делаются из целых брусьев (рис. 46, а) или выклеиваются из отдельных досок (рис. 46, б), проклеиваемых как по пластям, так и по кромкам (пазам).



Рис. 45. Расположение усовых соединений в слойчатых деталях.

В поперечном сечении между пазы склеиваемых досок в соседних слоях должен быть выдержан размер не менее $c = 20—40$ мм, в зависимости от размеров склеиваемой детали (рис. 46, б).

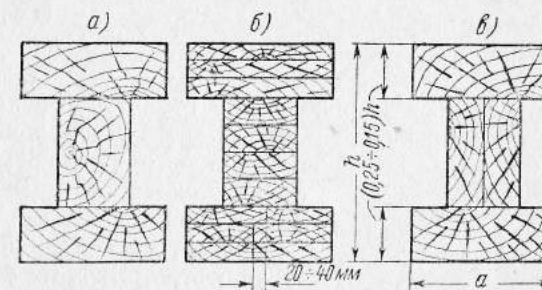


Рис. 46. Клееные двутавровые балки.

Доски стенки балки располагаются пластью параллельно полке (горизонтально) или перпендикулярно к ней (вертикально). В последнем случае уменьшаются расходы клея и лесоматериала, а также трудоемкость работ.

Суммарная толщина полок двутавровой балки составляет $(1/2—1/3) h$; где h — высота профиля балки.

Толщина стенки равна примерно $1/2 a$; где a — ширина полки (рис. 46, в).

В деталях судового набора рекомендуется применять согласованное расположение годовых слоев в смежных досках

(рис. 47, а). При чередующемся расположении годовых колец (рис. 47, б) должны быть выполнены следующие условия: а) в случае применения досок тангентальной распиловки максимальный угол между направлениями годовых колец (рис. 47, в) должен быть более 15° ; б) в случае применения досок радиальной распиловки

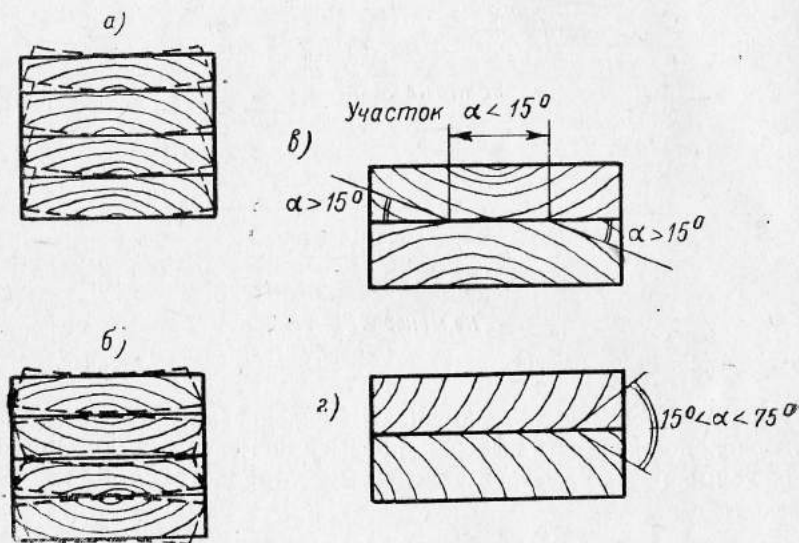


Рис. 47. Расположение волокон древесины в слойчатых деталях.

угол должен колебаться в пределах от 15° до 75° (рис. 47, г); при $\alpha > 75^\circ$ имеем как бы более толстую доску, и условия работы клееной детали в переменных условиях влажности древесины резко ухудшаются.

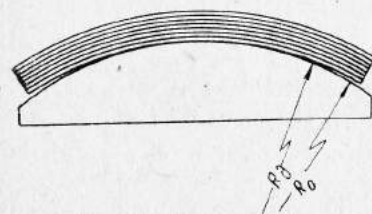


Рис. 48. Криволинейная клееная деталь.

Форма основания пресса должна соответствовать конфигурации изготавливаемой детали: прямые детали набора (копаны, брусья поясов ферм и т. д.) изготавливаются в прессах с прямым основанием; криволинейные детали, имеющие незначительный изгиб в

одном направлении, например бимсы, запрессовываются в прессах, основание которых имеет сравнительно небольшую кривизну. Сильно изогнутые детали (форштевень, брусья поясов ферм для оконечностей и пр.) склеиваются в прессе с большой кривизной основания. После снятия таких деталей с пресса, они несколько распрямляются, вследствие упругих свойств древесины, и следовательно, потеряют приданную им форму (рис. 48).

При изготовлении криволинейных деталей, образованных дугой круга примерно постоянного радиуса R_d , радиус рабочей поверхности основания пресса R_0 следует делать меньшим по сравнению с радиусом клееной детали.

Радиус поверхности основания пресса следует уменьшить путем умножения на коэффициент¹.

$$K = 1 - \frac{\Sigma I_1}{I},$$

где ΣI_1 — сумма моментов инерции сечений отдельных досок детали;

I — момент инерции сечения целой детали после склеивания.

¹ Инструкция по проектированию и изготовлению клееных деревянных конструкций (ИСП 101—51), М.-Л., 1951.

КЛЕЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ САМОХОДНЫХ СУДОВ И ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЕ

Форштевни. Клееные форштевни можно изготовлять двух типов:

- 1) натесными — выклеенными из прямых толстых досок и брусьев;
- 2) гнутыми — выклеенными из тонких досок с применением гибки.

Первый способ требует меньшего расхода клея, так как доски имеют толщину 30—60 мм.

На рис. 49 изображены форштевень и киль, выклеенные из сосновых прямых досок. Снаружи наклеена дубовая наделка. Эта

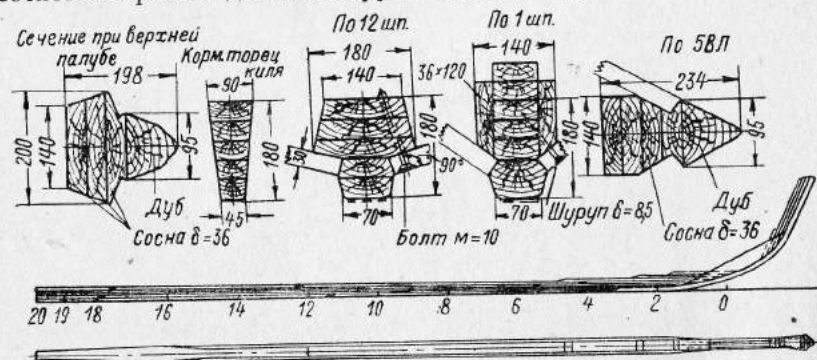


Рис. 49. Киль и форштевень катера длиной 15 м.

конструкция форштевня и киля нашла применение на отечественном катере, предназначенном для обслуживания колхозов.

Форштенни, выклеиваемые с применением гибки, изготавливаются из досок толщиной 8—15 мм, устанавливаемых в зависимости от кривизны форштення и его габаритных размеров (рис. 50). Кривизна форштення особенно сильно влияет на толщину применяемых досок, так как максимально допустимая толщина доски при ее изгибе в значительной степени обуслови-

вается минимальным радиусом кривизны, по которому происходит ее изгиб.

По длине доски соединяются на ус, с величиной усового пере-
кроя, равной 15 толщинам сращиваемых досок. В целях более

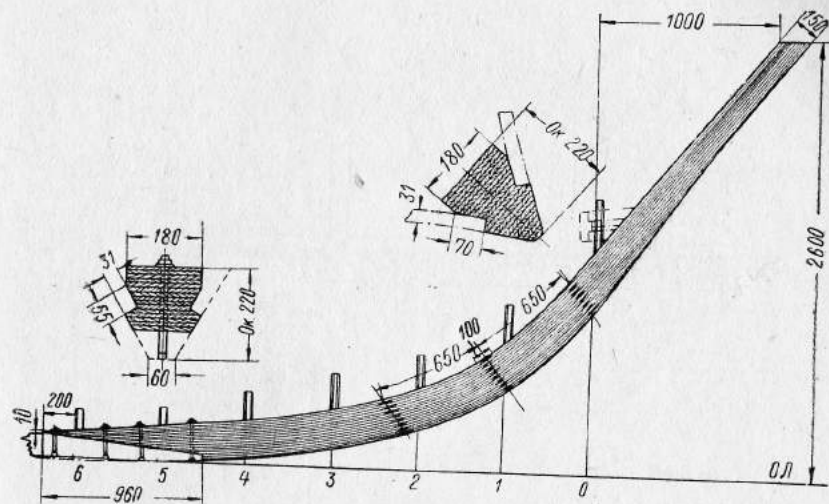


Рис. 50. Клееный форштень.

Удобной заготовки материала стыки досок распределяются по длине не произвольно, а группируются с расчетом сокращения типо-размеров досок.

Прочность форштевней, выклепанных из толстых прямых досок, значительно меньше, чем гнутых, так как доски соединяются на ус или по пласти лишь частью площади, и поэтому вполне естественно, что преимущественное применение получили гнутые форштевни.

Гнутые форштовни выклеиваются в прессах, состоящих из верхней криволинейной части 1 и основания; последнее выполняется из продольного 2 и поперечных брусьев 3 и раскрепляющих подкосов 4 (рис. 51).¹ Верхней части пресса придана такая кривизна, которая соответствует форме форштовня в готовом его виде и учитывает величину «спрямления» форштовня. Под спрямлением форштовня понимается «отставание» концов выклеенного форштовня от стѣнда, происходящее при распрессовке, вследствие упругих сил древесины.

Пресс оборудуется винтовыми зажимами 5, закрепленными накладками 6 на верхнем криволинейном бруске на расстоянии 500 мм друг от друга. Под винты, кроме металлических упорных чашек,

¹ Рис. 51 и 56 без изменений заимствованы из книги Л. Л. Ермаш, И. Н. Иванов и П. З. Нейман «Клееная древесина в катеростроении», Судпромгиз, 1950.

устанавливаются деревянные прокладки — подушки, нижней поверхности которых придана форма в соответствии с изгибом форштевня. Подушки имеют номер соответствующего зажима прессы.

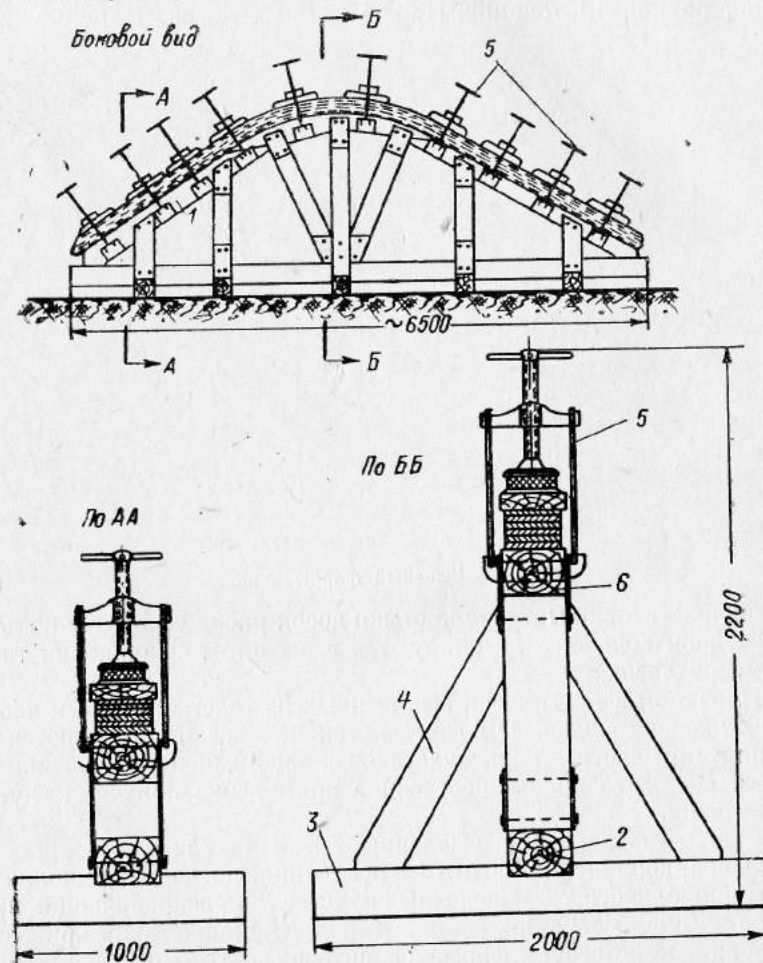


Рис. 51. Пресс для запрессовки форштевня.

Последовательность изготовления форштевня следующая: на доски, склеенные на ус и простроганные до требуемой толщины, наносится клей. После необходимой открытой выдержки доски пакетом укладываются на стенд. Для удержания пакета в положении, близком к горизонтальному, доски временно поддерживаются поперечинами. На собранный пакет в средней его части укладывают прокладки-подушки и поджимают винты. Концы пакета при этом освобождаются, и доски ложатся на верхний брус

пресса. Последовательность зажима винтов — от середины форштевня одновременно к обоим его концам.

После окончания процесса склеивания форштевень вынимается из прессы, выдерживается в продолжении около 48 часов, затем обрабатывается с применением электрофуганков и электропил.

Форштевень, обработанный по сечениям, соединяется с килем.

Кили. До применения склеивания для изготовления килей применяли брусья больших размеров. В ряде случаев по высоте сечения киль приходилось набирать из нескольких брусьев, со-

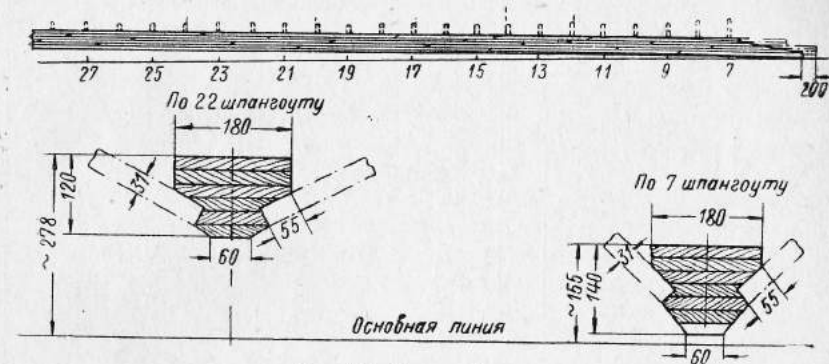


Рис. 52. Клееный киль.

единя их болтами. Брусья одного слоя сращивались в замок, число замков обуславливалось длиной лесоматериала. Прочность таких килей была незначительной.

В настоящее время, при серийной постройке небольших деревянных судов, для изготовления килей чаще всего применяют склеивание.

На рис. 52 изображен клееный киль быстроходного судна. Он выклеен из 6 слоев досок сечением 20×180 мм, длиной 1300—3200 мм. Доски, расположенные в одном слое, соединяются на ус, с перекроем, равным 15-кратной их толщине. Стыки разогнаны равномерно по всей длине киля.

При отсутствии досок требуемой ширины, возможно применять узкие доски. В этом случае, для более прочного соединения досок киля, их необходимо склеивать не только по пласти, но и по кромкам.

Склеивание киля производится в прессе, изображенном на рис. 53. Пресс состоит из основания 1 и прижимных брусьев 2; материалом для прессы служит сосна. Снизу и сверху склеиваемого пакета кладутся резиновые прокладки 3, которые предотвращают приклеивание киля к основанию прессы. Основание стенда имеет длину, несколько большую длины бруса киля или другой детали, запрессовываемой в стенде. Число прижимных брусьев, имеющих длину 2—3 м, зависит также от длины склеи-

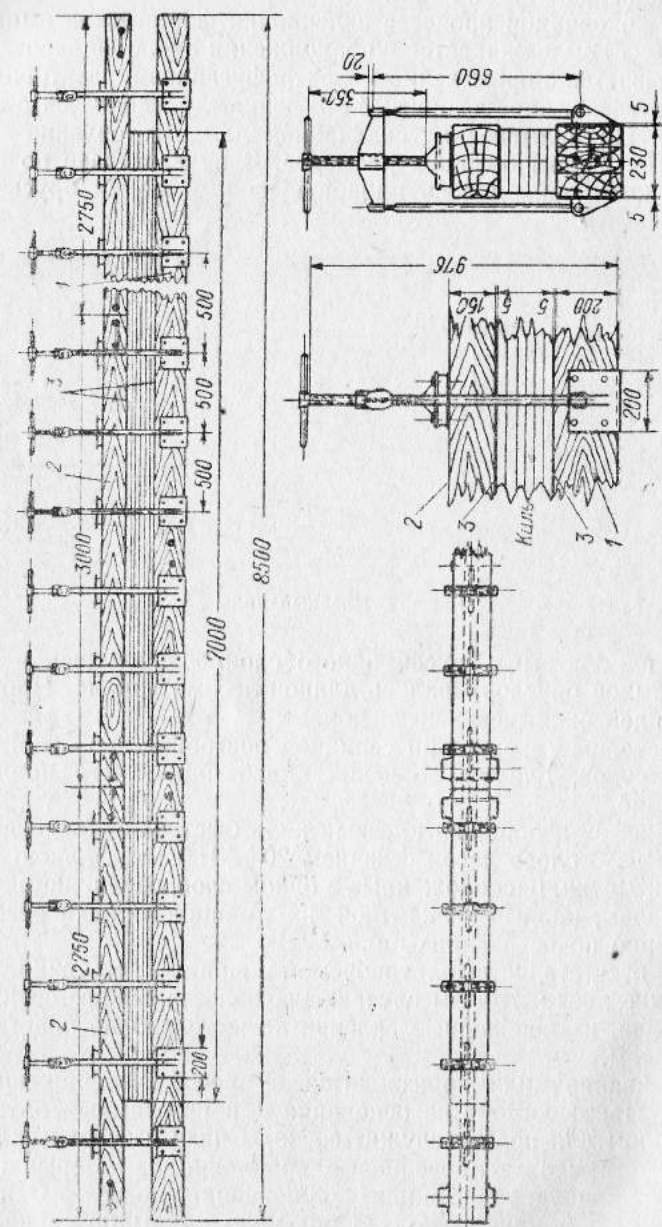


Рис. 53. Пресс для запрессовки килей.

ваемой детали. Давление при запрессовке создается винтовыми зажимами.

Процесс изготовления килей сводится к следующему. На основание пресса кладется резиновая прокладка или бумага, на нее укладывается нижний слой досок, предварительно склеенных на ус и покрытых сверху слоем клея. После нанесения клея и необходимой открытой выдержки, собираются в пакет все доски, расстилается верхний слой резины или бумаги и накладываются прижимные брусья. Тяги винтовых зажимов из откинутого состояния ставятся в вертикальное положение, вставляются в свои гнезда верхние перекладки и поджимаются винты.

В прессе указанной конструкции, при соответствующей организации процесса сборки, можно запрессовывать по два или даже по три килевых бруса одновременно. В этом случае стенд необходимо оборудовать зажимными приспособлениями, имеющими соответствующие размеры.

После склеивания кили обрабатываются по шаблонам с плаза. Черновая обработка производится электрорубанками; окончательная обработка до чистовых размеров — вручную.

Ахтерштевни. При изготовлении ахтерштевней склеивание позволяет отказаться от применения лесоматериалов, имеющих большие размеры в поперечном сечении, а также увеличить прочность конструкции, при одновременном ее облегчении.

На рис. 54 показан клееный ахтерштевень рыболовного бота. Он выклеен из 19 слоев сосновых досок сечением 30×200 мм. Ввиду того, что заготовка ахтерштевня до ее обработки должна иметь размер по ширине около 400 мм, применено склеивание досок не только по пласти, но и по кромке, с разгонкой пазов, как указано на приведенном чертеже.

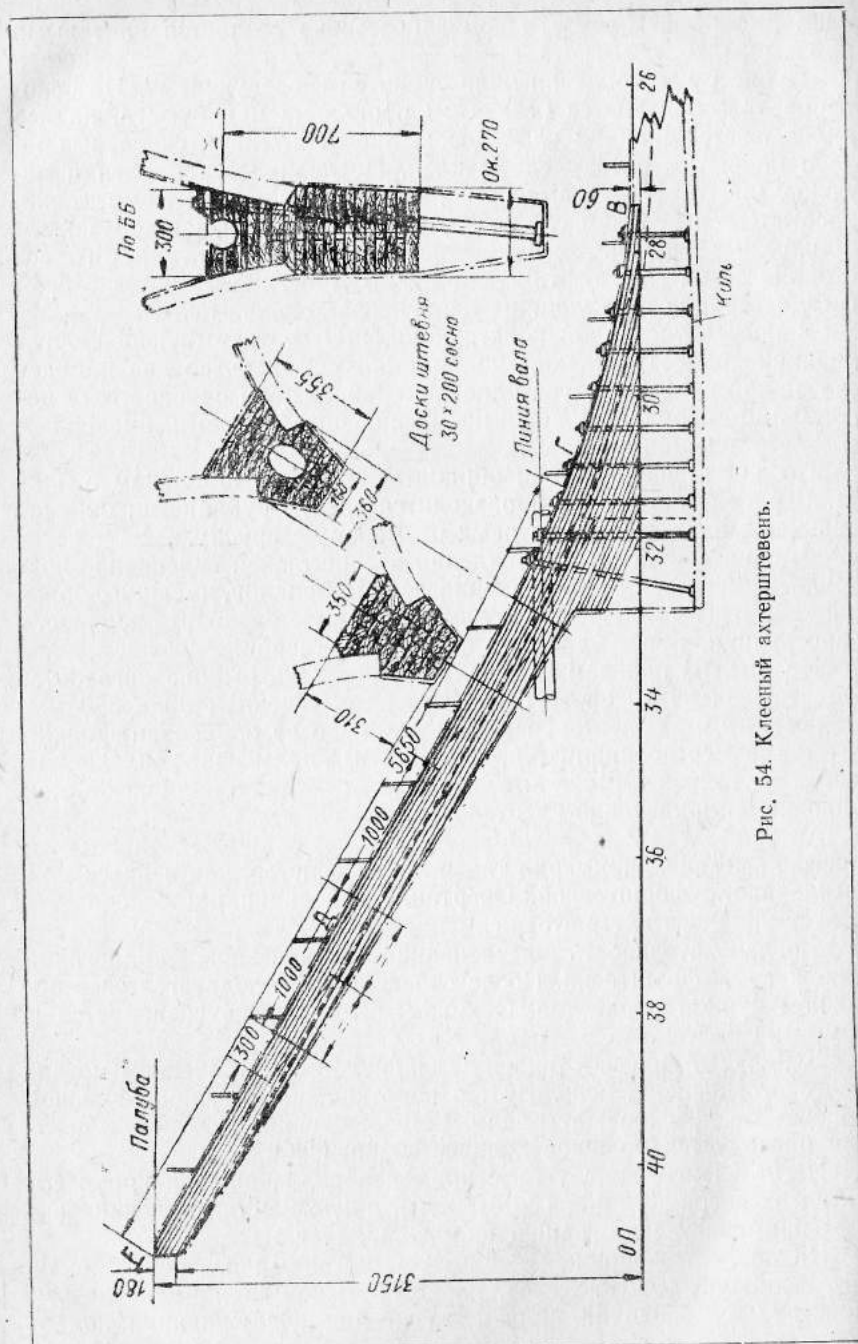
Ахтерштевень рассмотренной конструкции выклеивается в прессе, имеющем примерно такое же устройство, как и пресс для выклеивания форштевней. Очертание основания пресса соответствует кривизне ахтерштевня — линия ВГДЕ.

Последовательность выклеивания ахтерштевня аналогична таковой для форштевня. После склеивания он подвергается в основном ручной обработке. С килем ахтерштевень соединяется в замок на болтах.

Дейдвуды. При изготовлении дейдвудов с применением металлического крепежа используется короткий, но имеющий большое поперечное сечение материал. Для соединения отдельных деталей расходуется большое количество крепежа.

Изготовление дейдвудов с применением склеивания производится из досок толщиной 20—50 мм, причем металлический крепеж применяется в ограниченном количестве.

На рис. 55 изображен дейдвуд, выклеенный из сосновых досок толщиной 40 мм. Катер, на котором нашла применение эта конструкция дейдвуда, предназначен для обслуживания колхозов.



Выклеивается дейдвуд в прессе с прямолинейным основанием. После необходимого выдерживания он подвергается механической и ручной обработке.

С килем дейдвуд соединяется на болтах.

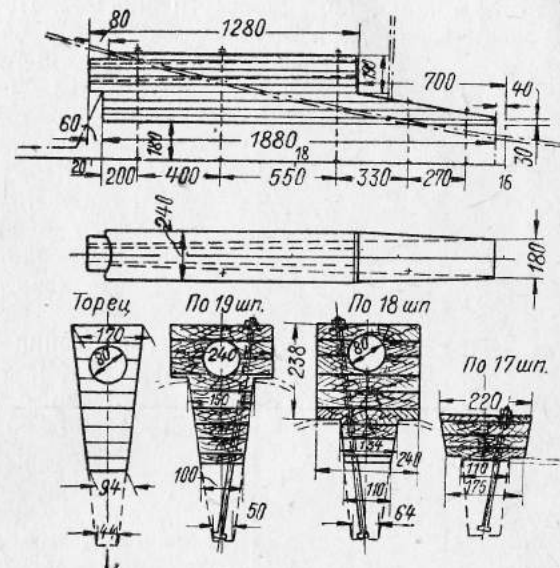


Рис. 55. Клееный дейдвуд.

§ 39. Привальные и скуловые брусья

Привальные и скуловые брусья у остроскулых судов имеют большое значение для обеспечения общей и местной прочности, а также для прочного и водонепроницаемого соединения днищевой обшивки с бортовой и бортовой обшивки с настилом палубы.

До применения склеивания их изготавливали из брусьев значительных размеров как в поперечном сечении, так и по длине, так как привальным и скуловым брусьям, имеющим сравнительно небольшие размеры в поперечном сечении, приходится криволинейная форма почти на всем протяжении носовой оконечности судна

Поэтому в отечественной судостроительной промышленности уже в начале 40-х годов отказались от применения привальных и скуловых брусьев, изготавливаемых из целых брусьев, соединяемых в замки на болтах. При этом вначале перешли на слойчатые детали, из досок, соединяемых заклепками, а затем — на клееные.

В настоящее время привальные и скуловые брусья, как правило, изготавливаются клееными в несколько слоев.

По длине доски соединяются на ус, с перекроем, равным 15-кратной толщине доски.

Привальные и скуловые брусья имеют двоякую кривизну и

меняющуюся по длине судна форму поперечного сечения. Такие детали можно склеивать двумя способами:

1) Сначала доски склеиваются с изгибом в одной плоскости, затем клееный кривой брус распиливают бархатными пилами в направлении, перпендикулярном плоскости склейки. После этого доски, полученные распиловкой бруса, склеивают с изгибом во

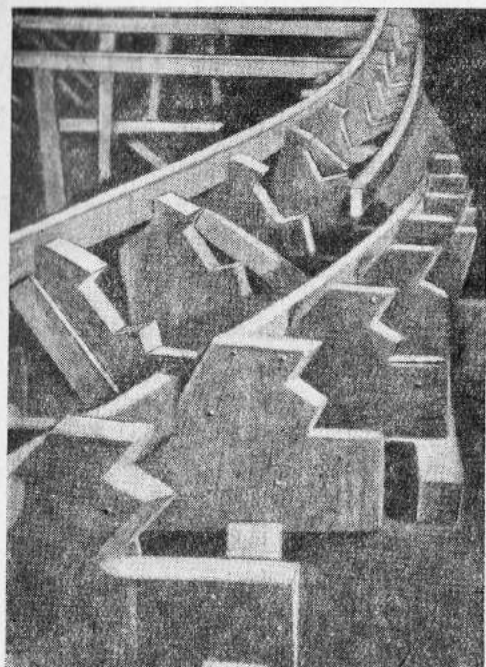


Рис. 56. Пресс для склеивания скуловых и привальных брусков.

второй плоскости. Такой способ пригоден лишь для склеивания деталей ограниченной длины. Предельные габаритные размеры детали определяются возможностью распиливания гнутых деталей.

2) Кривизна в одной плоскости образуется путем склеивания досок на ус под углом, определенным с плаза, с последующей обработкой их на ленточной пиле по шаблонам. Изгиб бруса во второй плоскости создается аналогично способу, рассмотренному выше, с одновременным закручиванием их по винтовой кривой на специальном прессе.

По второму способу возможно склеивать брусья любой длины, если габариты помещения позволяют произвести строжку длинных досок.

Пресс для склеивания длинных скуловых и привальных брусков изображен на рис. 56. Он оборудован винтовыми зажимами, положение которых по длине фиксируется специальными ограничителями. Запрессовку пакета досок начинают от участка максимальной кривизны бруса и ведут ее одновременно к носовому и кормовому концам бруса. Склеенные брусья обрабатываются по шаблонам с плаза электрорубанками и вручную.

§ 40. Днищевые стрингеры, подпалубные балки, флоры и рамные шпангоуты

Применение водостойкого клея и бакелизированной фанеры, как нового вида материала, позволило освоить более совершенные виды конструкций продольного и поперечного набора дере-

вянных судов, изготовление которых до последнего времени было связано с большими трудностями. К новым видам деталей набора следует отнести: днищевые стрингеры, подпалубные балки, рамные шпангоуты и флоры. Ниже кратко рассмотрены конструкции этих деталей.

Днищевые стрингеры. Днищевые стрингеры могут изготавливаться: двутавровыми, коробчатыми или монолитными. На

рис. 57 изображен вид сборки на двутавровый днищевой стрингер (рис. 57, а) и даны поперечные сечения стрингеров различных конструкций (рис. 57, б, в, г).

Двутавровый стрингер (рис. 57, в) состоит из фанерной стенки толщиной 7—16 мм, и поясков, склеенных из досок и приклеенных к стенке. К стенке стрингера для обеспечения ее устойчивости и для крепления с поперечным набором приклеиваются стойки, расположенные против каждого флора.

Стрингер изготавливается в следующей последовательности: предварительно выпиливается фанерная стенка и строгается из одной доски по толщине или выклеивается в несколько слоев пояски стрингера, затем пояски приклеиваются к стенке. В случае изготовления поясков в несколько слоев, доски одновременно склеиваются по пласти одна с

другой и приклеиваются к стенке стрингера. В первоначальный период применения склеивания при изготовлении двутавровых стрингеров прибегали к запрессовке заклепками, поставленными в шахматном порядке. В настоящее время применяют запрессовку в прессах.

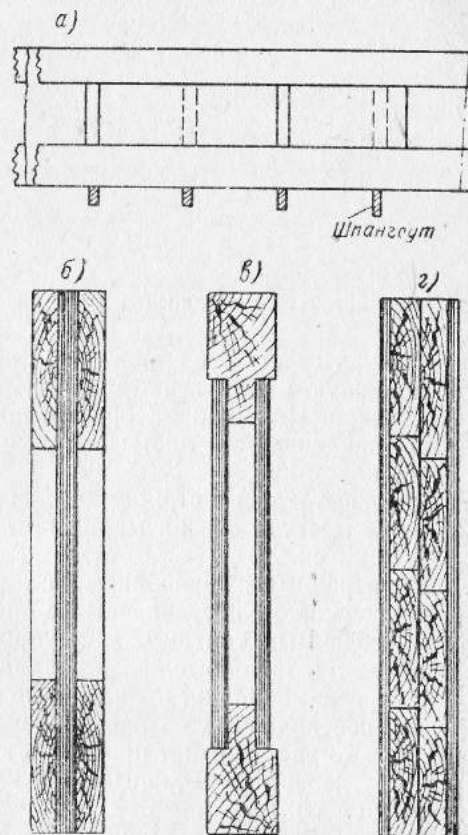


Рис. 57. Клееный стрингер.

В зависимости от требований в отношении прочности стрингера, крепления к нему механизмов и облегчения веса, в листах стенки стрингера могут быть сделаны вырезы.

Все детали стрингера могут заготавливаться отдельно до полной готовности, включая, например, выпиливание вырезов в листах стенки, и затем склеиваются с применением прессовой запрессовки или запрессовки шурупами.

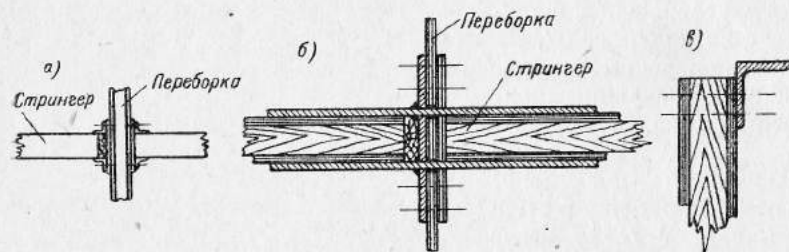


Рис. 58. Детали соединения стрингера с поперечной переборкой.

Монолитный стрингер (рис. 57, г) представляет собой сплошную балку, выклеенную из брусков или досок, сложенных стопкой. Снаружи на бруски, после прострожки склеенного пакета, наклеиваются листы бакелизированной фанеры или древесного пластика.

При изготовлении стрингеров для обработки их согласно размерам по месту и снятия малки по длине и высоте дается некоторый припуск.

С поперечными переборками стрингеры соединяются посредством угольников, поставленных с обеих сторон переборки и стянутых сквозными болтами. Для упрощения пригонки допускается применять заполнители и прокладки из фанеры (рис. 58, а).

Фанерные накладки, приклеенные к брускам стрингера, и прокладки, поставленные на переборке в месте прохода стрингера, значительно увеличивают прочность крепления, так как они предохраняют дерево от раскалывания и увеличивают прочность древесины под болтом.

Фанерные накладки, приклеенные к стрингеру с боков, значительно увеличивают прочность крепления, так как накладки предохраняют стрингеры от раскалывания и увеличивают их сопротивляемость на смятие болтов.

В случае изготовления полотна переборки из двух слоев досок, поставленных крест на крест под углом 45° к основной плоскости, фанерные накладки под угольниками не только улучшают водонепроницаемость переборки в месте прохода стрингера, но и увеличивают прочность крепления стрингеров на переборках, благодаря лучшей сопротивляемости на смятие под угольниками фанеры, по сравнению с древесиной.

Рассмотренное крепление просто в выполнении, но оно не обеспечивает непрерывности стрингеров на переборках. Поэтому в отечественном судостроении находит применение другой тип соединения стрингеров у переборок.

В полотне переборки делаются узкие вертикальные вырезы, в которые пропускаются металлические листы, накладывающиеся с боков на стрингер (рис. 58, б). С одной стороны переборки к листам привариваются поперечные листы, образующие фланец. С противоположной стороны на переборку ставятся фанерные накладки. Под металлический фланец и фанерные накладки подкладывается парусина на специальной водостойкой мастике и они проклеиваются заклепками или стягиваются болтами, проходящими сквозь переборку. Мasticой также заполняются вырезы в листах переборки, сквозь которые проходят металлические листы. Для упрощения подгонки стрингеров, между его торцом и металлическим фланцем ставится в вертикальном направлении прокладка.

Этот тип крепления позволяет не только обеспечить непрерывное соединение отдельных секций стрингеров на переборках, но и изменить несколько направление стрингера. Последнее обстоятельство имеет большое значение, так как позволяет уменьшить число стрингеров под машинным фундаментом.

Главные двигатели крепятся к стрингерам с помощью стальных угольников, приклепанных по верхней кромке стрингера (рис. 58, в).

На судах с продольной системой набора днищевые и бортовые стрингеры ставятся в большом количестве и представляют собой балки, идущие почти по всей длине судна. Стрингеры выклеиваются из досок в несколько слоев и являются сплошными балками, прочность которых равна прочности балки из целой древесины, так как доски по длине соединяются на ус.

Подпалубные балки. Подпалубные балки (карленгсы) до применения склеивания изготовлялись монолитными из целых брусков, соединяемых в замок.

Для прохода бимса в подпалубной балке делается вырез на всю высоту бимса, поэтому вся верхняя часть балки перерезается и принимает лишь незначительное участие в работе балки.

Склеивание позволяет наиболее целесообразно использовать материал в подпалубных балках, которые, аналогично стрингерам, делаются монолитными или коробчатыми.

Монолитная подпалубная балка (рис. 59, а) состоит из сплошного, выклеенного из досок, бруса, расположенного ниже вырезов для бимсов, и заполнителей, приклеенных к брусу между вырезами для бимсов.

Доски бруса соединяются по длине на ус с усовым перекрестом, обеспечивающим равнопрочность с целым сечением доски. Стыки досок разгоняются по длине бруса равномерно. Заполнители

могут состоять из одного целого бруса или выклеиваются по высоте из 2—3 досок.

Снаружи подпалубной балки, для увеличения ее прочности, иногда, наклеивают листы бакелизированной фанеры.

Коробчатая подпалубная балка (рис. 59, б) состоит из выклеенного из досок бруса, пропускаемого под бимсами, двух накладок, приклеенных к брусу, и брусков, поставленных под настилом палубы между бимсами.

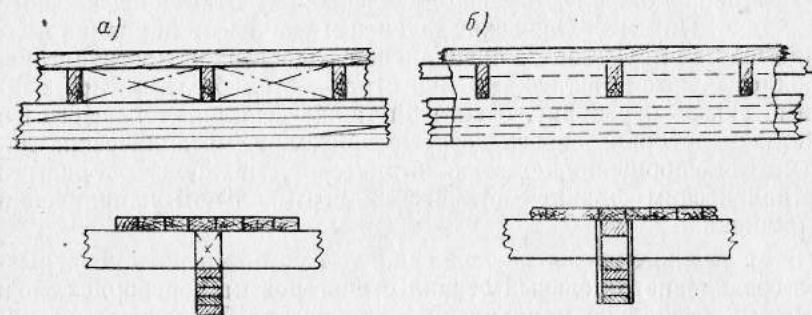


Рис. 59. Подпалубная клееная балка.

Основной брус балки выклеивается так же, как и для случая ее монолитной конструкции. Фанерные накладки должны иметь несколько большую толщину, чем у монолитной балки, так как они являются стенками балки. Верхние бруски перевязывают накладки и служат опорой для настила палубы.

Изготовление подпалубных балок аналогично изготовлению соответственно монолитных или коробчатых стрингеров.

Крепление бимсов или полубимсов с подпалубными балками осуществляется посредством угольников.

Флоры. Клееный флор имеет закрытое коробчатое сечение и состоит из верхнего и нижнего брусков, вклеенных между двумя фанерными стенками.

Верхнему бруску придают форму, удобную для крепления механизмов, цистерн или других деталей оборудования. На рис. 60 изображен флор, у которого верхнему брусу придана форма, соответствующая днищу топливного бака. Нижним бруском обычно является днищевая ветвь шпангоута.

В месте пересечения флора со стрингером верхний брус и стенки флора в верхней их части разрезаются, а нижний брус остается непрерывным. Стрингер имеет лишь вырез на высоту нижнего бруса флора в нижней части. Соединение стрингера с флором в месте их пересечения осуществляется при помощи дубовых брусков или угольников, стянутых болтами.

Флоры склеиваются согласно шаблонам с плаза, с учетом припуска на последующую обработку. При этом за основу принимается одна из фанерных накладок флора; на нее накладываются

ся заранее склеенные по кромкам и намазанные клеем с боков заполнители, которые накрываются общим или отдельными листами другой фанерной накладки. Запрессовываются флоры в прессах.

Рамные шпангоуты. При необходимости флоры выводят вверх по бортовой ветви шпангоута, как это показано на рис. 60., чем достигается большая прочность шпангоутной рамки при меньших ее габаритах.

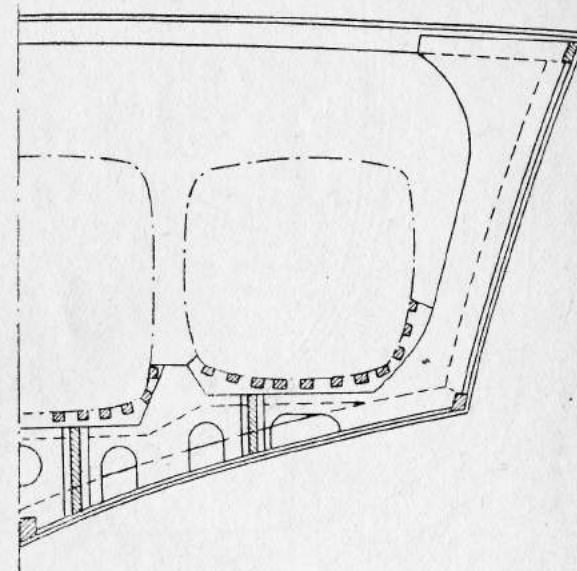


Рис. 60. Клееный флор и подрамный шпангоут.

Весьма часто флор и рамный бортовой шпангоут образуют одну поперечную связь набора. Конструктивно рамный шпангоут выполняется так же, как и флор, из фанерных стенок, ветви шпангоута и бруска по свободной кромке.

Такие рамные шпангоуты, в количестве двух-трех штук ставятся в машинном отделении в районе постановки главных двигателей.

§ 41. Шпангоуты и бимсы

Шпангоуты. Шпангоуты из целой древесины выполняются нагнетными или гнутыми. Гнутые шпангоуты изготавливаются с применением распаривания. Для шпангоутов, имеющих большие размеры поперечного сечения, этот способ изготовления представляет значительные трудности. Поэтому на крупных судах, особенно на морских и рейдовых, применяют футоксовые шпангоуты. Они изготавливаются из прямослойного леса, состоят из брусьев соответ-

ствующей кривизны с разогнанными стыками. В стыках ставятся чаки. Брусья скрепляются между собою и с чаками болтами и нагелями (рис. 61, а).

Переходным типом от шпангоута из целой древесины к клееному следует считать гнуто-клееный шпангоут. Он изготавливается

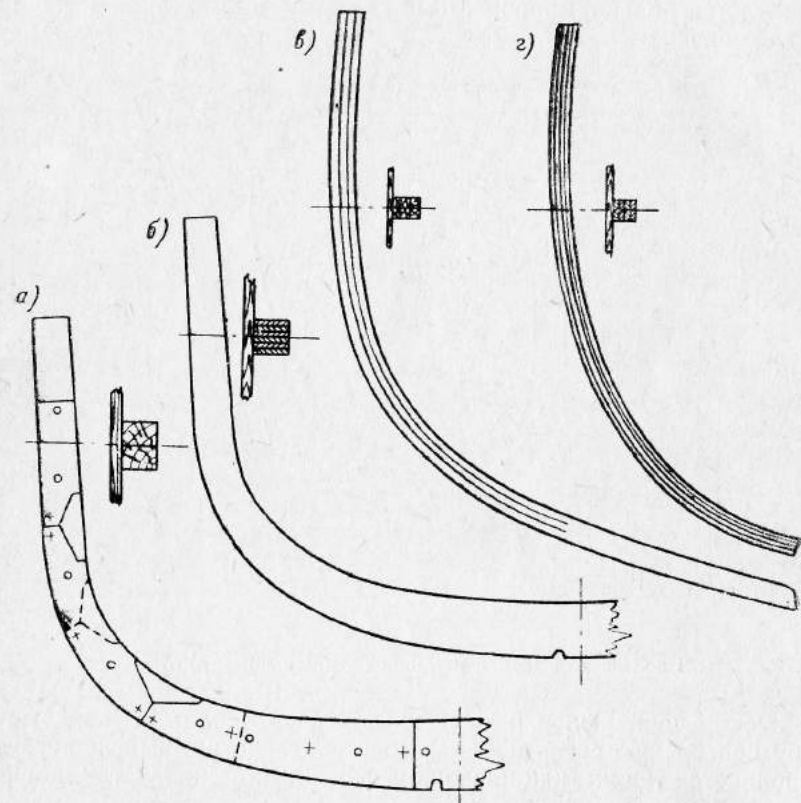


Рис. 61. Шпангоуты.

следующим способом: в брус на участке криволинейной части шпангоута делается, в зависимости от размеров бруса и кривизны шпангоута, один, два или больше пропилов; перед изгибом пропилы промазываются клеем, шпангоут изгибается согласно обводам и склеивается (рис. 61, в).

Клееные натесные шпангоуты выполняются аналогично футоксовым, с той разницей, что число слоев досок может достигать десяти штук; доски склеиваются по пласти (рис. 61, б).

Клееные гнутые шпангоуты (рис. 61, в) выполняются многослойными и имеют изгиб досок в соответствии с обводом судна.

На рис. 62 схематично изображена днищевая ветвь выклеенного из досок шпангоута острокосого катера. Пунктирные линии соответствуют контуру бруса, из которого был бы изготовлен натесный шпангоут, соответствующий клееному. У натесного шпангоута волокна древесины располагаются не вдоль его оси, а под углом около 10° , что снижает прочность бруса примерно до 65%.



Рис. 62. Криволинейный слоистый брус.

В клееных гнутых шпангоутах достигается рациональное использование материала — в районе нейтральной оси ставятся слои из сосны (2), а у кромок из дуба (1) (рис. 63, а). В иностранной

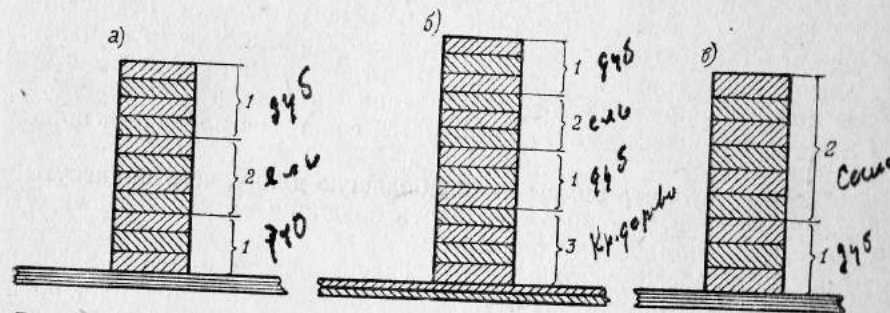


Рис. 63. Распределение различных пород древесины в слоистых шпангоутах.

практике наблюдается еще большее разнообразие применяемых пород древесины. На рис. 63, б показано поперечное сечение шпангоута американского катера, в котором наиболее слабая порода — ель помещена в районе нейтральной оси бруса (2), по свободной кромке размещен прочный материал — дуб (1); слои, прилегающие к обшивке, выклеены из красного дерева (3), обладающего большой грибоустойчивостью и слабой намокаемостью.

В отечественном судостроении широкое применение находят детали набора, работающие на изгиб, например шпангоуты, бимсы и прочие, у которых дубовые доски (1) поставлены в количестве 2—4 слоев лишь у внутренней кромки детали (рис. 63, в). Это обеспечивает хорошее держащее усилие для шурупов, крепящих обшивку с набором.

В противоположность конструкции, приведенной на рис. 63, а, б, здесь дубовые доски не применяются в слоях у наружной кромки детали, так как предел прочности дуба при разрыве примерно на 10% больше, чем у сосны, стоимость же дуба

значительно больше, чем сосны. Кроме того, дуб имеет большой объемный вес, что утяжеляет конструкцию.

В настоящее время на судах средних размеров с криволинейными обводами применяются почти исключительно клееные гнутые шпангоуты. Число слоев обуславливается кривизной шпангоута и высотой его профиля.

Шпангоуты небольших судов и судов средних размеров имеют размеры поперечного сечения: толщину — 25—50 мм и высоту 75—150 мм.

Изготавливаются гнутые шпангоуты следующим образом: выклеиваются многослойные бруссы, имеющие погибь, соответствующую обводу шпангоута, и высоту, равную высоте шпангоута; ширина бруса устанавливается с таким расчетом, чтобы из него можно было изготовить несколько шпангоутов. После склеивания бруса в прессе, имеющем соответствующую кривизну, он распиливается по ширине на несколько частей, которые прострагиваются и поступают на сборку.

Бимсы. Бимсы, аналогичные в конструктивном отношении шпангоутам, изготавливаются преимущественно клееными гнутыми. Число слоев зависит в основном от высоты профиля бимса. В целях рационального использования материала в бимсах, так же, как и в шпангоутах, практикуется сочетание различных пород древесины.

Ввиду того, что бимсы имеют большую длину, чем шпангоуты, доски в них необходимо сращивать по длине на ус, обеспечивая равномерную разбивку стыков.

Таким образом, применение склеивания при изготовлении шпангоутов и бимсов, кроме уменьшения веса конструкций, позволяет освободить волокна древесины от напряжений, возникающих при изгибе деталей набора из целой древесины и позволяет сохранять приданную им форму.

Шпангоутные рамки. На судах с остроскулыми обводами шпангоутная рамка образуется путем соединения днищевых шпангоутов, скрепленных между собой у ДП килевыми кницами, с бортовыми шпангоутами скуловыми кницами и бортовых ветвей шпангоутов с бимсом — бимсовыми кницами. Кницы изготавливаются из бакелизированной фанеры.

Днищевые ветви шпангоутов проходят до диаметральной плоскости и нарезаются на киль (рис. 64). С обеих сторон на них накладываются килевые кницы, имеющие форму прямоугольника, вытянутого в горизонтальном направлении (рис. 64,а). Нижняя сторона килевых книц обрабатывается соответственно обводу, но на 5—8 мм не доводится до обшивки. Углы днищевого шпангоута и кницы у киля срезаются для образования водопротоков. Над шпангоутными ветвями между кницами ставится треугольный наполнитель из сосны; его толщина равна толщине шпангоутов.

В случае размещения всего бруса киля внутри от обшивки, соединение днищевых ветвей осуществляется также кницами

(рис. 64, б). При этом наполнитель между кницами может быть не сплошным, а в виде доски, идущей лишь у верхних кромок книц.

Крепление шпангоутной рамки с килем в первом случае осуществляется болтом, проходящим через киль, шпангоут и наполнитель. Головка болта утапливается в киль и заделывается деревянной пробкой. Во втором случае шпангоутная рамка с килем крепится посредством угольников, поставленных на шурупах и болтах.

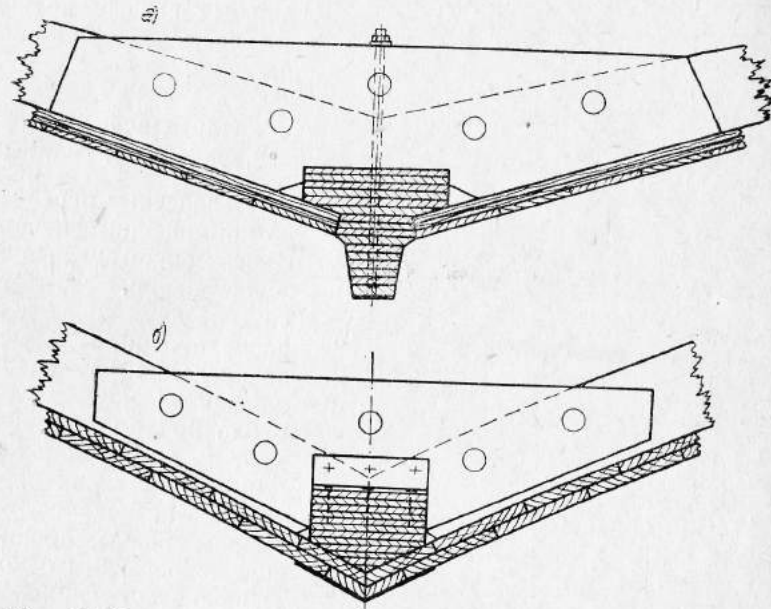


Рис. 64. Соединение днищевых шпангоутов днищевыми кницами.

Днищевая и бортовая ветви шпангоутной рамки у скулового бруса склеиваются аналогично рассмотренному соединению днищевых ветвей шпангоута у киля.

В зависимости от расположения и размеров привального бруса бортовая ветвь шпангоута доходит до привального бруса (рис. 65,а, б) или до палубы (рис. 65,в).

Бимсовые кницы, накладываемые с двух сторон на ветвь шпангоута и бимса, имеют форму и размеры, указанные на рис. 65,а, б, или делаются меньших размеров; в последнем случае требуется постановка подкосов (рис. 65,в).

Подкосы изготавливаются из фанеры; между ними по свободным крамкам ставятся прокладки. Подкосы направлены примерно под углом 45° к основной плоскости.

Шпангоутные рамки собираются и склеиваются по шаблонам в определенной последовательности. На шпангоутные ветви и

бимс наклеиваются и прижимаются монтажными шурупами все три кницы с одной стороны рамки, затем в углы между ветвями вводятся заполнители и наклеиваются кницы с другой стороны рамки. После этого клеевые соединения запрессовываются.

Обработка шпангоутной рамки по периметру и вырезание гнезд для продольных связей производится после склеивания по шаблону.

§ 42. Поперечные переборки и транцы

Поперечные переборки, до применения фанеры и клея в мелком деревянном судостроении, изготовлялись из двух слоев досок, расположенных примерно под углом 45° к основной плоскости и под углом около 90° по отношению друг к другу. Водонепроницаемость таких переборок обеспечивалась в основном бязью, пропитанной водостойким лаком, и была недостаточной. Водонепроницаемость фанерных переборок, изготовленных с применением склеивания, значительно выше.

Фанерные поперечные переборки могут быть однослойными или двухслойными, первые имеют меньший вес и проще в изготовлении, вторые обладают лучшим внешним видом.

В отечественном судостроении преимущественное применение получили однослойные переборки, так как они позволяют производить постановку заполнителей и подкреплений под

оборудование и приборы даже в процессе постройки судна, что особенно важно для головного объекта и для судов первой серии.

Однослойные переборки. Однослойная переборка (рис. 66) состоит из шпангоутной рамки 1 и полотна переборки 2, подкрепленного стойками 3. В определенных местах на полотне переборки приклеиваются заполнители для крепления оборудования и приборов.

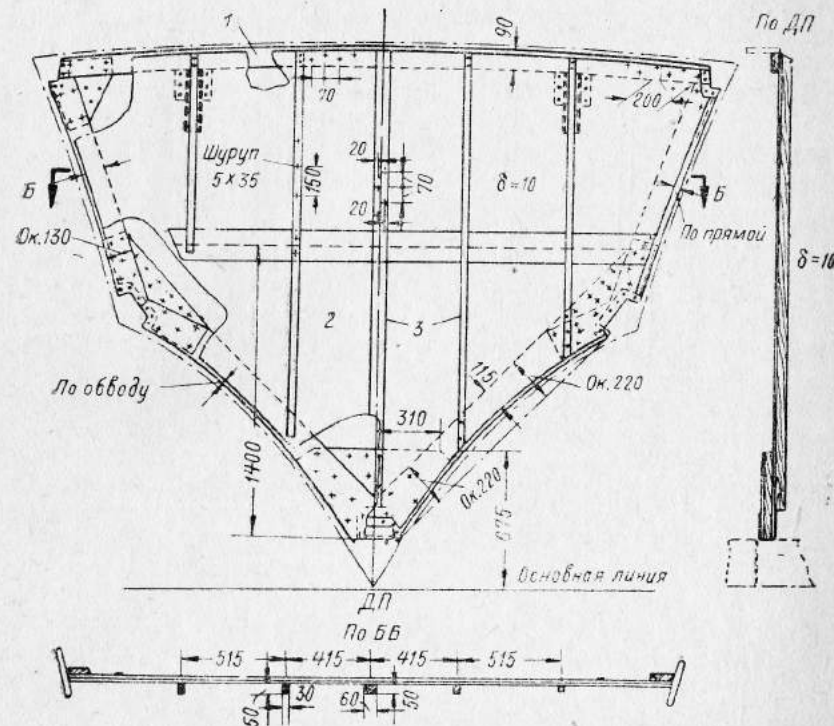


Рис. 66. Однослойная поперечная переборка.

Полотно переборки изготовляется из бакелизированной фанеры толщиной 7—16 мм. Фанерные листы склеиваются на ус или на планке такой же толщины, как и полотно переборки.

Детали шпангоутной рамки, идущей по переборке, например бимс, днищевые и бортовые ветви шпангоутов, имеют меньшую высоту профиля по сравнению с высотой профиля деталей обычной шпангоутной рамки.

Натесные или клееные детали шпангоутной рамки могут собираться на кницах отдельно и затем приклеиваться к полотну поперечной переборки, с запрессовкой шурупами или в прессах.

В настоящее время применяют способ изготовления поперечной переборки, при котором на готовое полотно переборки бимсы

и ветви шпангоутов наклеивают одновременно со стойками и заполнителями.

Водонепроницаемость переборки обеспечивается постановкой по наружной кромке шпангоутной рамки 3—4 прядей хлопчатобумажного шнура, который плотно прижимается досками наруж-

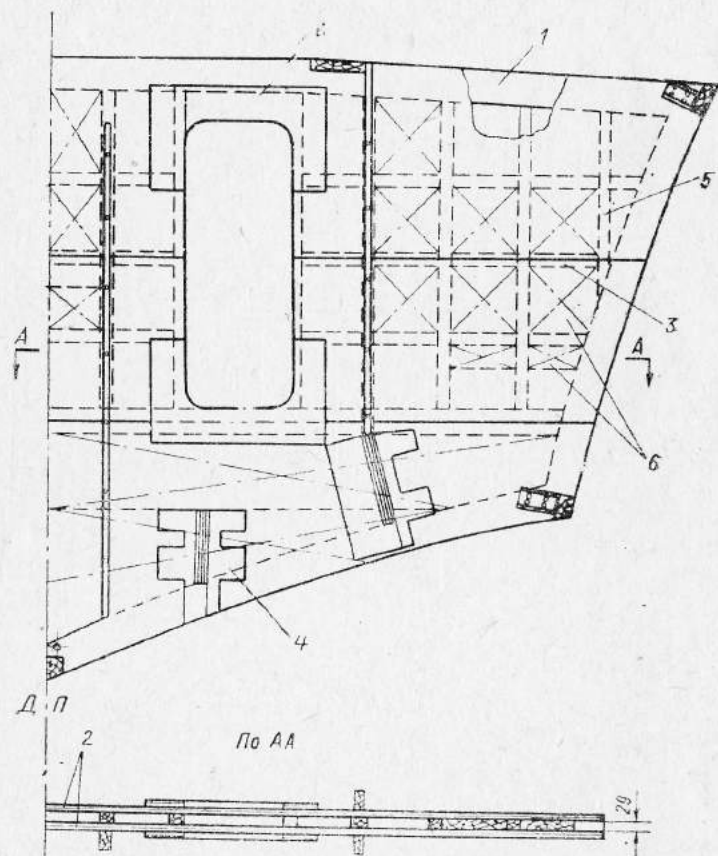


Рис. 67. Двухслойная поперечная переборка.

ной обшивки и служит преградой для протока воды из одного отсека судна в другой.

Все заполнители для крепления оборудования, механизмов и приборов, а также присоединительные фланцы фундаментов главных двигателей устанавливаются на переборку заранее.

Двухслойные переборки. На рис. 67 показана конструкция двухслойной фанерной переборки. Она состоит из шпангоутной рамки-обвязки 1, находящейся между полотнами переборки 2, выклеенными из листов пятислойной березовой фанеры, толщи-

ной 8 мм. Листы фанеры располагаются так, чтобы волокна их рубашки были горизонтальными. Каждый пояс полотна состоит из нескольких листов, склеенных на ус. Пояся располагаются горизонтально и соединяются при помощи планок 3, поставленных внутри переборки. В местах вырезов дверей и притыкания стрингеров полотно переборки усиливается фанерными накладками 4, толщина которых равна толщине листов полотна переборки. Внутренние стойки 5 имеют сечение 29×51 мм. В требуемых местах внутри переборки вклеиваются заполнители 6. По наружным стойкам ставятся болты диаметром 6 мм из оцинкованной стали.

Пояся листов приклеиваются к обвязке переборки и стойкам с запрессовкой шурупами.

Из приведенного чертежа переборки (рис. 67) видно, что заполнителей на ней поставлено такое количество, которое превращает переборку по существу в монолитную поперечную связь корпуса, выклеенную из досок и фанеры. Переборки такой конструкции имеют больший вес по сравнению с однослойными.

На отечественных заводах освоено склеивание фанерных листов поперечных переборок на ус в винтовых прессах. Запрессовываются в винтовом прессе одновременно полотнища нескольких поперечных переборок, при этом может быть заклеен пакет общей высотой до 100 мм. Пресс рассчитан на размеры склеиваемой поверхности шириной до 200 мм (ширина усового соединения).

При подготовке фанеры для склеивания весьма ответственным моментом является качественное выполнение усовых срезов у листов. Наиболее удобным способом следует считать производство заусовки на фрезерном станке с использованием специального приспособления.

Транцы. У судов с транцевой кормой транец состоит из днищевых бортовых и палубного брусев обвязки. Брусья обвязки, в зависимости от их кривизны, изготавливаются из целой древесины или выклеиваются из досок. В углах они нарезаются друг на друга и соединяются кницами. Снаружи на брусья наклеиваются листы бакелизированной фанеры, являющейся обшивкой транца. Запрессовка листов производится шурупами, поставленными в шахматном порядке.

Обшивка транца подкрепляется горизонтальным брусом и стойками. К некоторым стойкам крепятся днищевые и палубные продольные связи.

Транцы судов со скругленными обводами не имеют углов и их обвязка изготавливается не из отдельных ветвей, а выклеивается, аналогично гнутым шпангоутам, из тонких досок. Скругленная форма в углах обвязки обеспечивает необходимую прочность.

Палубная ветвь транца выклеивается гнутой, ее соединение с бортовыми ветвями осуществляется посредством книц.

Изготавливаются рассматриваемые транцы так же, как транцы с острыми образованиями.

§ 43. Обшивка и настил палуб

Применение фанерной обшивки. Обшивка деревянных судов с клееным набором может изготавливаться различной конструкции:

- 1) однослойной;
- 2) в два или три слоя из продольных и диагональных досок;
- 3) в два слоя из диагональных досок;
- 4) из бакелизированной фанеры;
- 5) из шпона.

Однослойная обшивка обычно набирается вгладь, вгладь на пазовых рейках или внакрой.

Двух- или трехслойная обшивка имеет продольные доски наружного слоя и один или два внутренних слоя, поставленных под углом к продольной обшивке и составляющих, так называемую, диагональную обшивку. Доски внутренних слоев днищевой обшивки ставятся крест на крест под углом около 45° к основной линии, доски внутреннего слоя бортовой обшивки под таким же углом к основной плоскости.

На некоторых остроскулых судах днищевая обшивка делается лишь в два слоя, поставленных крест на крест под углом около 45° к основной линии, продольная обшивка в этом случае отсутствует.

Иногда доски наружного слоя бортовой обшивки также ставятся под углом 45° к основной плоскости и под углом 90° к доскам внутреннего слоя.

Соединение досок между собой производится красномедными или стальными оцинкованными заклепками.

Выклеивание обшивки из шпона с применением водостойких клеев, т. е. методом формования, в современных условиях освоено лишь для шлюпок и небольших катеров.

Обшивка, склеенная по стыкам и пазам из листов бакелизированной фанеры или другого пластика, лучше обеспечивает водонепроницаемость, менее трудоемка в выполнении, по сравнению с двумя первыми типами обшивки из досок и из шпона, поэтому в последнее время находит широкое применение. На особенностях применения этой обшивки остановимся несколько подробнее.

Закрепление листов обшивки на наборе корпуса, поверхность которого имеет двоякую кривизну, усложняется прежде всего тем, что фанера и другие древесно-слоистые пластики не обладают ярко выраженными пластическими свойствами и не допускают изгиба по поверхности, имеющей двоякую кривизну. Поэтому готовым листам фанеры невозможно придать сложную форму, какую сравнительно легко можно придать металлическим листам.

Применение фанеры для обшивки возможно в случае лишь специально спроектированных обводов, образованных развертывающимися на плоскость поверхностями. В практике судостроения известна попытка прикрепить однослойную фанерную обшив-

ку к набору корпуса, обводы которого имели даже не произвольную кривизну, а были образованы прямыми шпангоутами, но эта попытка не дала положительного результата, так как в этом случае обводы судна также представляют неразвертывающиеся на плоскость поверхности. Поэтому прижим листов обшивки к набору сопровождался возникновением в шурупах значительных усилий, при которых шурупы свободно проворачивались в деталях набора или их головки прорезали фанеру насквозь.

В отечественном судостроении освоен метод проектирования теоретического чертежа с развертывающимися на плоскость поверхностями обводов и осуществляется постройка катеров с такими обводами¹.

До последнего времени существовало мнение, что корпуса с развертывающимися поверхностями обводов приводят к увеличению сопротивления воды при движении и ухудшению мореходных качеств судна, так как у рассматриваемых судов обязательно наличие острой скулы, и их шпангоуты, ватерлинии и батоксы получают выпуклыми, а не вогнутыми.

Однако опыт эксплуатации первых катеров с фанерной обшивкой показал, что они на высоких относительных скоростях глисирования при небольшой нагрузке не уступают по ходкости катерам с V-образными вогнутыми шпангоутами. Мореходность их также не вызывает особых опасений, так как, отбрасывая большие волны у носа на малых скоростях, суда создают хорошее волнообразование на больших скоростях. Катера с фанерной обшивкой всходят на волну значительно легче, чем катера с вогнутыми обводами днища, которые испытывают сильные удары о воду даже при легком волнении.

Если судно имеет криволинейные обводы, образованные неразвертывающимися на плоскость поверхностями, возможно применить двух- или трехслойную фанерную обшивку. В этом случае тонкую фанеру изогнуть значительно легче. Перед постановкой листы с внутренней стороны промазываются суриком или специальной мастикой. К шпангоутам листы крепятся болтами или шурупами, а между собою проклепываются заклепками.

Однослойная обшивка из склеенных досок. В однослойной обшивке максимальные длины досок у судов средних размеров весьма часто ограничиваются размером 4,5—6,5 м, что в значительной степени уменьшает прочность обшивки и увеличивает количество стыков. Последнее обстоятельство вызывает большой расход крепежа и ухудшает водотечность.

Большое число досок обшивки в оконечностях имеет серповидную форму и поэтому должно изготавливаться из широких досок.

Применение склеивания позволяет получать из пиломатериала небольшой длины и ширины не только длинные доски, но также

¹ См. Л. Л. Ермаш, И. П. Иванов, П. З. Нейман. Клееная древесина в катеростроении, Судпромгиз, 1950.

доски необходимой серповидности. Последняя достигается благодаря склеиванию досок на ус, при расположении осей досок не на одной прямой, а под некоторым углом, определяемым величиной серповидности доски (рис. 68).

Величина усового перекрытия определяется механическими качествами древесины и равна 12—15 толщинам соединяемых досок.

Перед склеиванием тщательно подгоняются и обрабатываются поверхности усового соединения. Поверхности досок подвергаются предварительной обработке.

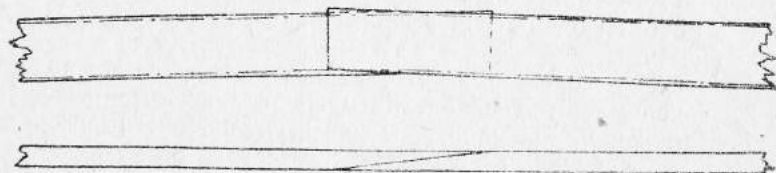


Рис. 68. Склеивание досок обшивки на ус.

После склеивания и соответствующей выдержки, доски обрабатываются согласно шаблонам, с плаза или с судна.

Изготовление однослойной обшивки из склеенных досок освоено на одном из заводов Министерства рыбной промышленности.

Обеспечение водонепроницаемости обшивки. Обеспечение водонепроницаемости у деревянных судов является весьма сложной задачей, особенно у судов с обшивкой из досок, ввиду большого количества пазов и стыков.

На судах с двух- или трехслойной обшивкой (продольной и диагональной) водонепроницаемость обеспечивается прокладыванием между слоями досок бязи или другой ткани, пропитанной масляным лаком. Этот способ, благодаря надежности, получил весьма широкое распространение. Его недостатком является большая стоимость.

У судов, имеющих однослойную обшивку, водонепроницаемость обеспечивается конопаткой. Ввиду большого объема работ конопатка сопровождается большими затратами и не всегда приводит к хорошим результатам. В связи с этим имеются различные предложения по обеспечению водонепроницаемости, причем часть из предлагаемых способов основана на применении склеивания.

Так например, кромки досок (по пазам) предлагается промазывать смолой, а между досками (перед их складыванием) прокладывается слой сухого фильца (чесаной овечьей шерсти), который приклеивается к доскам и создает преграду для воды¹.

Предлагается также в паз обшивки вкладывать тонкие рейки из мягкой древесины, предварительно спрессованные по толщине

¹ И. -М. Буторин. Описание конструкции и постройки деревянных барж, плавающих на реке Неман. Речной Регистр СССР, Материалы по судостроению и судоремонту, Вып. 3, 1950.

до размера паза — расстояния между досками. После спуска судна на воду спрессованная древесина быстро набухает и заполняет пространство паза. В отечественном судостроении указанный способ не нашел применения, в основном, из-за большой стоимости и сложности изготовления длинных реек, так как при постановке коротких реек между торцами будет оставаться большое число щелей, создающих водотечность.

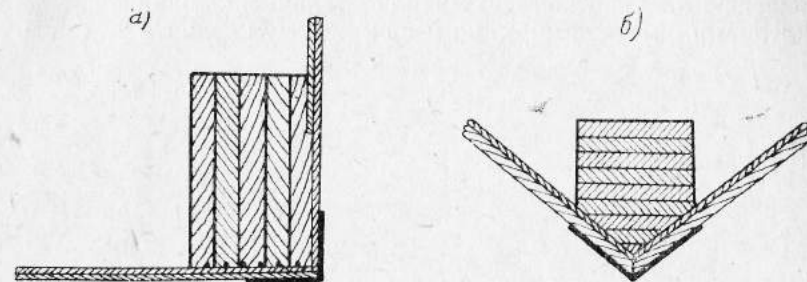


Рис. 69. Способы обеспечения водонепроницаемости обшивки.

На судах с фанерной обшивкой борьба с водотечностью упрощается, благодаря непроницаемости бакелизированной фанеры. Тем не менее вода может протечь в местах прилегания обшивки к наружным связям корпуса: киллю, скуловым брускам, форштевню и т. д.

Весьма эффективным средством обеспечения водонепроницаемости является применение в деталях набора шпунтов, в которые вводятся края листов или концы досок обшивки. В случае применения многослойной обшивки в брусках набора иногда делали 2—3 шпунта.

Фанерная обшивка чаще состоит из одного слоя, поэтому может быть сделан лишь один шпунт. В этом случае под фанеру прокладывается парусина на сурике или другом пропитывающем составе.

Ввиду того, что изготовление шпунтов представляет трудоемкую операцию, весьма часто отказываются от их применения. Для обеспечения лучшей водонепроницаемости, на поверхность детали корпуса, к которой прилегает обшивка, укладывают несколько рядов хлопчатобумажного шнура (рис. 69, а). При постановке обшивки на шурупы она прижимает шнур и создает тем самым преграду для воды.

Снаружи поверх обшивки по привальным и скуловым брускам ставят наделки, которые прикрывают паз обшивки.

Обшивку у внутреннего киля рекомендуется прикрывать металлической оковкой, которая защищает обшивку и киль от ударов (рис. 69, б) и одновременно является преградой для проникновения воды.

Палубный настил из фанеры. Применяющиеся еще до настоящего времени однослойные палубы, из продольных досок с коно-

паткой и заливкой пазов и стыков мастикой, полученной на основе пека, водотечны и имеют сравнительно небольшую прочность.

Палубный настил из фанеры, собранный из листов специальной палубной фанеры, имеет гораздо меньшую водотечность и обладает большей прочностью.

Палубный настил из фанеры (рис. 70) состоит из нескольких секций, соединенных по стыкам при помощи фанерных планок, проклепанных красномедными или стальными оцинкованными заклепками, имеющими диаметр или сторону квадрата 2—2,5 мм,

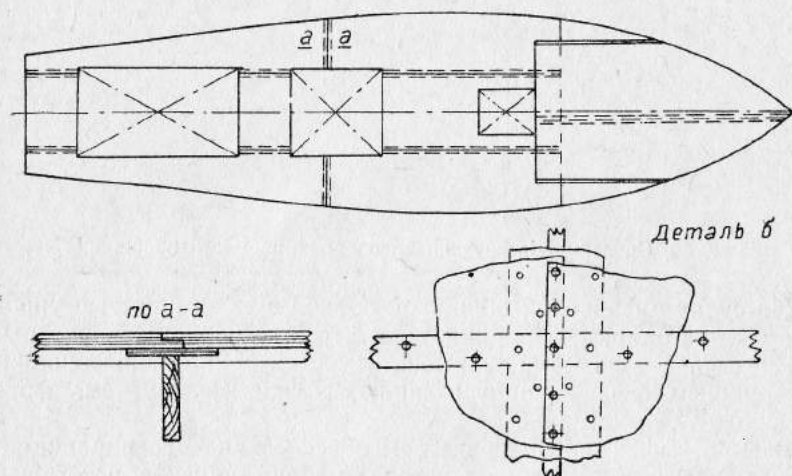


Рис. 70. Настил палубы из фанеры.

с шагом 100—150 мм в шахматном порядке (рис. 70 деталь б). Ширина планок устанавливается из условия размещения заклепок. Толщина планок принимается примерно на 20% меньше толщины листов; последние нарезаются друг на друга с перекроем, равным 40—60 мм (рис. 70, сечение по а—а). Водонепроницаемость пазов и стыков настила обеспечивается постановкой на клее бязи или другой ткани между накладкой и листом настила. Листы в секции склеиваются на ус, с перекроем, равным примерно 15 толщине настила.

Размеры секций настила принимают с учетом удобства изготовления и транспортировки секций. Иногда стыки секций разбивают так, чтобы они приходились на подпалубные балки и бимсы.

По бортам палубный настил шурупами крепится к привальным брусам и верхнему брусу транцевой рамы. В зависимости от системы набора палубы (поперечная или продольная) — соответствующим образом производится крепление палубного настила к бимсам или палубным рейкам.

Освоение со временем склейки на стапеле позволит отказаться от недостаточно удобных в выполнении и малопрочных соеди-

нений отдельных секций палубного настила, рассмотренных выше, и перейти на применение цельноклееных настилов палуб.

Клееные детали палубного настила. На судах, имеющих обычный настил из досок, склеивание может быть использовано для изготовления длинных досок, путем сращивания коротких досок на ус. Основные характеристики усового соединения и процесс склеивания длинных досок палубного настила аналогичны таковым для досок наружной обшивки.

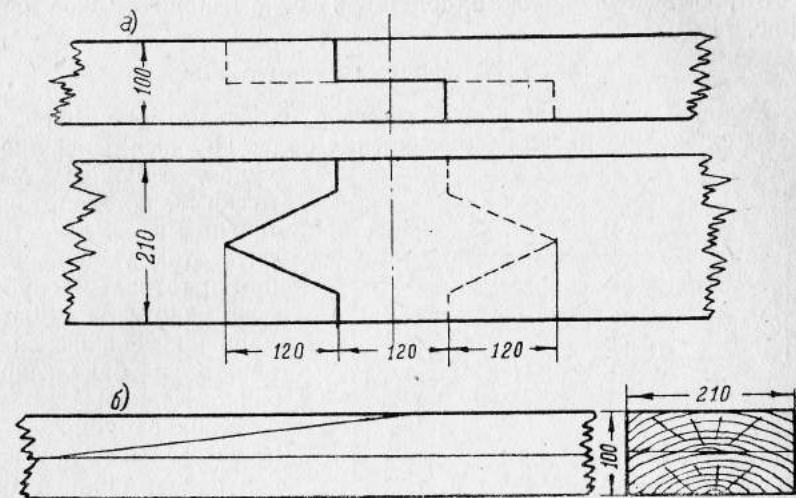


Рис. 71. Клееные брусья ватервейсов.

Однако, кроме рассмотренного назначения, склеивание можно применить для изготовления брусьев ватервейсов, имеющих большие размеры поперечного сечения и длину.

Применение склеивания при изготовлении клееных брусьев ватервейсов имеет весьма большое значение, так как для этих деталей употребляется древесина дуба, а обеспечение верфей качественным пиломатериалом больших размеров представляет существенные затруднения.

Еще в 1934 г. Сормовский судостроительный завод им. А. А. Жданова, при постройке теплоходов грузоподъемностью около 9 тыс. тонн, предназначенных для перевозки жидких грузов в Каспийском море, применил склеивание при изготовлении дубовых брусьев ватервейсов шлюпочной палубы и палубы рубки.

Брусья ватервейса сечением 100×210 мм склеивались казеиновым клеем, выполняясь конструктивно в двух вариантах:

а) брусья сечением 100×210 мм и длиной около 5 м, сращивались в замок (рис. 71, а). Склеивание производилось по пласти замка и по торцовым кромкам, срезанным у краев перпендикулярно оси бруса, а в середине — под углом;

2) ватервейс выклеивался из досок сечением 50×210 мм в два слоя, стыки обоих слоев разносились по длине, но выполнялись аналогично стыку в первом варианте.

Рассмотренные конструкции относятся к самому начальному периоду освоения склеивания в судостроении. В конструкции соединения были допущены недостатки, поэтому оно не обладает прочностью и сложно в изготовлении.

Брусья ватервейсов указанных размеров значительно проще изготавливать двухслойными, сращивая доски в каждом слое на ус (рис. 71,б).

§ 44. Ходовые рубки

Ходовые рубки катеров, а также рубки, в которых расположены служебные и жилые помещения более крупных деревянных

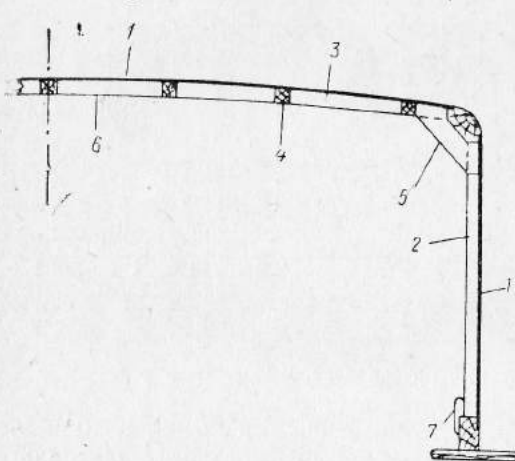


Рис. 72. Клееная ходовая рубка.

судов, должны быть легкими, но достаточно прочными. Удовлетворить этим требованиям при изготовлении рубок возможно лишь благодаря применению склеивания и бакелизированной фанеры.

Каркас рубки состоит из сосновых брусков верхней и нижней обвязки и вертикальных и наклонных брусков, поставленных в углах рубки.

Обшивка стенок и палубы рубки (рис. 72) делается из бакелизированной фанеры 1 и вводится в шпунты брусьев обвязки. Толщину фанеры принимают равной 5—16 мм, что обуславливается типом судна и размерами рубки. Обшивка стенок подкреплена стойками 2, настил палубы — неразрезными бимсами 3 и разрезными продольными рейками 4.

Набор, подкрепляющий обшивку рубки, делается из дубовых реек сечением $20 \times 25 \times 30 \text{—} 40$ мм и соединяется с листами на клею с запрессовкой шурупами, поставленными с наружной стороны листа. Стойка с бимсом соединяется фанерными кницами 5, приклеенными к ним с обеих сторон. Набор палубы снизу зашивается фанерой 6 толщиной 1—2 мм. У верхней кромки нижних брусьев обвязки пропускается дубовый плитус 7 размерами $20 \times 25 \times 100 \text{—} 150$ мм.

Ходовые рубки имеют сложную форму и в них находится много различных приборов и оборудования, для которого необходимо

предусмотреть соответствующие подкрепления и заполнители, поэтому индивидуальное изготовление ходовых рубок требует значительного времени. В несколько раз быстрее происходит сборка рубок поточным способом с применением секционной сборки. В этом случае ходовая рубка разбивается на секции: боковые, переднюю, заднюю и палубную. Изготовление каждой секции, до полной ее готовности, ведется отдельной бригадой. При этом к набору и обшивке секции крепятся все заполнители, и даже устанавливается часть приборов и оборудования рубки.

Секции крепятся между собой посредством врезки одних брусьев в другие и металлическими кницами, соединяющими палубу со стенками. Стойки боковых, передней и задней секций и бимсы крышки врезаны в брусья обвязки. Обшивка стенок и настила палубы, так же, как и при индивидуальной сборке рубки, вводится в шпунты брусьев обвязки и крепится клеем с запрессовкой шурупами.

Настил палубы изготавливается из одного листа или выклеивается из нескольких листов, склеивание листов может производиться заранее на ус с применением прессовой запрессовки или при сборке секции. В последнем случае стык или паз листов должен приходиться на бимс или продольную рейку палубы и запрессовка при склеивании может осуществляться шурупами. Стенки рубки состоят из целых листов.

Изготовление рубки на отдельном (малом) конвейере позволяет значительно ускорить процесс их сборки, добиваясь установки большей части приборов и оборудования.

Ввиду того, что обшивка стенок и настил палубы состоит из целых листов, водонепроницаемость рубки необходимо обеспечить лишь по пазам обвязки. Для этого углы рубки оклеиваются парусиной.

Рубки при движении судна имеют весьма большое воздушное сопротивление, кроме того, им необходимо придать более красивый внешний вид. Этим требованиям трудно удовлетворить в случае изготовления рубок из фанеры.

Удобообтекаемую форму практически любых очертаний можно придать рубкам в случае выклеивания их из шпона. Кроме того, применение шпона позволяет отказаться от верхних горизонтальных и угловых брусьев обвязки, а также свести до минимума число ребер набора, подкрепляющего обшивку рубки. Рубки из шпона будут прочнее и легче фанерных рубок, поэтому в будущем они найдут широкое применение.

Крепление рубки к палубе производится болтами, пропускаемыми через брусья нижней обвязки рубки и подпалубные балки и бимсы. Для обеспечения водонепроницаемости под брусья обвязки прокладывается парусина, промазанная мастикой или суриком.

§ 45. Детали рангоута

Паруса в настоящее время применяются на вспомогательных, учебных и спортивных судах в качестве основного движителя, а на рыболовных, промысловых и других судах — в качестве вспомогательного движителя.

В связи с использованием парусов возникает необходимость в изготовлении деталей рангоута: мачт, рей, бушпритов и прочих. В настоящее время для изготовления этих деталей широко применяется склеивание. Оно позволяет изготовить детали хоро-

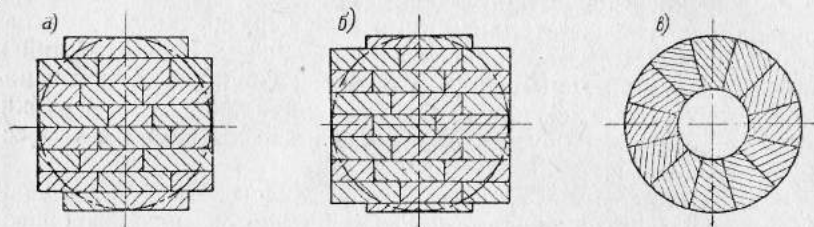


Рис. 73. Поперечное сечение клееных мачт.

шего качества и любых размеров как в поперечном сечении, так и по длине из досок и брусков, имеющих сравнительно небольшие размеры. Клееные детали рангоута обладают большой прочностью, так как в них почти полностью могут отсутствовать сучки, косослой, сердцевинная трубка и другие дефекты. По этой же причине клееные детали в меньшей степени подвержены гниению и выдерживают значительно больший срок службы, чем детали из целой древесины.

Ниже рассмотрены некоторые типы конструкций указанных деталей.

Мачты. Мачты могут изготавливаться целыми — из досок (рис. 73, а, б) или полыми — из брусков, имеющих сегментную форму (рис. 73, в).

В первом случае мачта делается монолитной в несколько слоев, доски в которых соединяются на ус, с усовым переключом, равным 10—12 толщин соединяемых досок. Усовые соединения разгоняются по длине мачты.

При выклеивании мачт большого диаметра, во избежание применения широких досок, практикуется склеивание узких досок по кромкам, с соответствующей разгонкой пазов по ширине сечения бруса мачты.

При склеивании бруса для мачты на доски наносится клей и они укладываются в пакет, который запрессовывается в прессах с прямолинейным основанием. Обработка склеенных брусков производится вручную — сначала они обтесываются по шаблону, а затем строгаются.

Рей. Рей имеют меньшие диаметры, чем мачты, поэтому их делают чаще целыми, выклеивая из нескольких слоев досок. Конструкция и способ изготовления рей аналогичны конструкциям для монолитных мачт.

При разработке конструкций рей и мачт, особое внимание следует обращать на равномерное размещение стыков досок по длине детали, не допускать их сосредоточения в наиболее нагруженных участках. Склеивание деталей рангоута должно выполняться особо тщательно, так как они испытывают весьма большие нагрузки.

Бушприты. Бушприты имеют квадратное или прямоугольное сечение у конца, прикрепленного к корпусу судна, и круглое сечение на всей остальной длине. Основание в поперечном сечении достигает размера 300—400 мм, а длина бушприта равна 10—15 м. Изготовление таких деталей из целой древесины вызывает существенные затруднения.



Рис. 74. Клееные бушприты.

Клееные бушприты (рис. 74) делаются многослойными в 6—10 слоев с равномерной разбивкой усовых соединений досок по длине.

Длина усового переключка принимается равной 12—15 толщинам досок. По ширине сечения бушприта, доски, аналогично доскам монолитных мачт, склеиваются в пазах по кромкам.

Бруска бушпритов запрессовываются при склеивании в прессах с прямолинейным основанием; их обработка после склеивания производится, в основном, вручную.

КЛЕЕННЫЕ ДЕТАЛИ КОРПУСА НЕСАМОХОДНЫХ СУДОВ И ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЕ

§ 46. Применение склеивания при постройке несамоходных судов

Склеивание при постройке несомоходных судов может применяться для изготовления отдельных деталей набора или для создания цельноклееных судов.

В первом случае предполагается применение отдельных клееных деталей наряду с конструкциями, изготовленными на обычных средствах крепления. Соединение отдельных деталей набора при этом осуществляется, как правило, на болтах, нагелях и других средствах крепления.

Во втором случае, при постройке цельноклееных судов, средства крепления в виде гвоздей или болтов применяются иногда для запрессовки при склеивании или для соединения лишь отдельных конструкций корпуса судна.

В работах ЦНИИ Речного флота¹ отмечается, что в настоящих условиях крупного деревянного судостроения, в ближайшие годы, пока не будут освоены более совершенные водостойкие клеи и древесно-слоистые пластики, сложно перевести верфи на постройку цельноклееных судов. Поэтому в настоящий момент следует считать более целесообразным путь частичного применения клееных деталей.

Как показал опыт работ, проведенных в ЦНИИ Речного флота, в настоящее время клееными могут изготавливаться самые разнообразные детали корпуса несомоходного судна:

- а) кильсоны, кони, воротовые, подбалочные и другие прямолинейные детали продольного набора;
- б) копани и бимсы;
- в) криволинейные брусья для оконечностей кильсонов, воротовых, подбалочных, а также уклоны, арки и прочие криволинейные детали набора;
- г) шпангоуты;

¹ А. И. Павлов. Труды ЦНИИРФа. Клеевые соединения в конструкциях речных судов, вып. V, 1951.

- д) форштевни;
- е) длинномерные доски обшивки и настила палубы;
- ж) криволинейные доски обшивки в изогнутой (подгибной) части днища;

з) детали оборудования, устройств, рангоута и т. д.;

Изготовление указанных деталей набора клееными позволяет:

а) широко использовать маломерный лесоматериал; кроме того, следует учитывать, что при изготовлении клееных деталей могут найти применение даже отходы судостроительного пиломатериала;

б) увеличить прочность судов, за счет введения монолитных клееных деталей, совсем не имеющих замков, или имеющих ограниченное количество замков, расположенных в районах, где действуют сравнительно небольшие усилия;

в) сократить количество металла, расходуемого на крепеж, в связи с уменьшением количества замков.

При частичном применении клееных деталей в наборе возможны два случая постройки судов.

1. Судно строится без каких-либо изменений размеров и конфигурации деталей — клееные детали, устанавливаемые на судне, например, копани, отдельные брусья продольного набора (кильсонов, коней и др.), сохраняют форму и размеры поперечного сечения неклееных деталей. При этом достигается использование маломерного леса и увеличение прочности судна за счет применения маломерных деталей.

2. При разработке конструкций клееных деталей производится изменение формы и размеров деталей набора с целью обеспечения большей унификации деталей и материала для их изготовления, а также перерабатывается технология сборки корпуса с целью обеспечения секционной сборки.

Во втором случае, кроме увеличения прочности корпуса, обеспечивается больший выход пиломатериала для клееных деталей из маломерного леса и достигается сокращение времени постройки судна.

После того, как будет освоено производство дешевых и достаточно прочных древесно-слоистых пластиков, а также более простых в употреблении и дешевых водостойких клеев, станет возможным осуществить переход к коренному изменению существующих конструкций деревянных судов — перейти на продольную систему набора, полностью привлечь к обеспечению общей прочности материал обшивки и настила палуб, а также перейти на секционный и блочный метод постройки судов.

§ 47. Особенности применения склеивания в крупном деревянном судостроении

Применение водостойких клеев при изготовлении деталей набора крупных деревянных речных судов началось после того, как в мелком судостроении склеивание, в основном, было освоено.

Это позволило учесть полученный ранее опыт в решении таких вопросов, как: выбор марки клея, основных положений технологии изготовления клееных деталей набора и т. д.

Однако конструкции речных деревянных судов, особенно судов несамоходного флота, отличны от конструкций мелких судов, прежде всего, размерами деталей. Как правило, размеры деталей речных деревянных судов значительно больше, чем размеры **деталей мелких судов и достигают в поперечном сечении от 120—140 × 160—180 мм до 180—200 × 400—800 мм и по длине 25—40 м.**

До последнего времени, при изготовлении продольных связей набора несамоходных судов, для соединения отдельных брусев по длине, применяют замковые соединения на механических средствах крепления. Многочисленными исследованиями прочности замковых соединений, проведенными различными организациями строительной, авиационной и судостроительной промышленности, установлено, что прочность замковых соединений составляет от 5 до 30% от прочности соединяемой детали в целом ее сечении. В среднем, прочность замковых соединений принимают равной 10—15% от целого сечения детали. Кроме того, эти соединения имеют большую податливость, что также ухудшает работу связей в корпусе.

Малая прочность замковых соединений и снабжение верфей, в основном, короткомерным судостроительным материалом вынуждают перейти на склеивание деталей продольного набора в виде брусев, имеющих длину 25—40 м. Применение таких деталей на судах, имеющих длину 25—40 м, позволит почти совершенно отказаться от замковых соединений, а у судов, имеющих длину 50—70 м, применяя в продольном наборе длинные брусья, можно обеспечить такую разбивку стыков, при которой в районах максимально изгибающих моментов замки будут отсутствовать.

Длина клееных брусев устанавливается с учетом:

- а) конструктивной схемы набора судна;
 - б) габаритов помещения для изготовления клееных деталей;
 - в) возможности транспортировки и мощности подъемно-транспортного оборудования верфи.
- г) обеспечения прочности клееной детали при ее транспортировке.

Учитывая оптимальные варианты раскроя бревен при их распиловке и технологические возможности склеивания толстых досок по пласти, следует рекомендовать для изготовления продольных связей, не подверженных интенсивному воздействию влаги, как например, коней, подбалочных и т. п., доски толщиной 50—60 мм и для изготовления деталей набора, находящихся в условиях значительных изменений влажности, например, копани, кильсоны, — доски толщиной около 25—40 мм. Ограничение толщины пиломатериала, применяемого в прямолинейных клееных деталях, производится по следующим соображениям:

а) в деталях, склеенных из толстого материала — 60 мм и более, в условиях быстрых по времени и значительных по величине изменений влажности, возникают внутренние напряжения, вызывающие разрушение клеевых швов или древесины деталей;

б) для более толстого материала усложняется заготовка, обработка и хранение материала, а именно: паровая сушка толстого материала в несколько раз дороже; при обработке деталей, имеющих большие размеры поперечного сечения, сложнее обеспечить надлежащую подгонку деталей друг к другу; хранение обработанного толстого пиломатериала должно производиться особенно тщательно, так как его покоробленность сложно выправить;

в) запрессовка деталей из толстого материала усложняется трудностями обеспечения прилегания деталей по склеиваемым поверхностям; правда, задача несколько упрощается применением более мощного оборудования.

Соединение досок по длине в слойчатых деталях должно производиться на ус с величиной усового перекрытия, равной $l_{yc} = 8—12$ толщинам доски δ .

Величина усового перекрытия принимается с учетом качества выполнения соединения как при обработке склеиваемых поверхностей, так и при склеивании деталей. При качественном выполнении усовых соединений величина перекрытия может быть уменьшена до $l_{yc} = 8 \delta$ и при недостаточно качественной обработке досок в месте стыка или склейке усового перекрытия не должна быть менее $l_{yc} = 12 \delta$.

Если верфь располагает досками толщиной 19—30 мм, являющимися «попутными» досками — полученными при выпиливании судостроительного пиломатериала и составляющими, в основном, отход судостроительного производства, то эти доски могут быть использованы при изготовлении брусев продольных связей набора. В этом случае клееные брусья будут иметь большое число слоев и доски в стыках могут соединяться друг с другом в торец, а не на ус.

Торцовые соединения имеют при работе на разрыв малую прочность, однако, ввиду большого количества слоев, при условии равномерного разгона стыков по всей детали, ослабление бруса в районе стыка будет незначительным.

Тонкие доски могут широко применяться для изготовления криволинейных деталей набора: криволинейных брусев кильсонов, шпангоутов, форштевней и пр., так как радиус кривизны этих деталей колеблется в пределах от 1,5—2 м до 6—9 м. Изготовление указанных деталей из более толстых досок сложно ввиду трудного, или даже совершенно невозможного, изгиба досок по требующейся кривой без распаривания.

Число слоев у криволинейных деталей, как правило, не менее 5—6, поэтому стыкование досок можно производить в торец без особого опасения за ослабление прочности деталей.

Длины досок, из которых выклеиваются многослойные связи, должны приниматься с учетом длины имеющегося или поступающего на верфь лесоматериала, а также с учетом минимального количества типо-размеров досок, идущих на изготовление клееных деталей.

Склеивание досок в пазах слойчатых связей по кромкам позволяет изготавливать детали набора, имеющие большие размеры поперечного сечения не только из коротких, но и узких досок.

Соединение по длине отдельных клееных деталей производится в замок. При этом замку обычной конструкции следует предпочесть соединение, изображенное на рис. 75. Здесь замок



Рис. 75. Соединение слоистых клееных брусьев.

занимает большую протяженность по длине, а потому ослабление поперечного сечения связей весьма незначительно. Кроме того, в этом случае материал совершенно не расходуется на нарезку замка, так как уступы в замке достигаются смещением досок при склеивании. Соединяется такой замок на одних болтах или на болтах и шиповых шпонках.

В случае освоения склеивания на стапелях, замковые соединения с врезками возможно заменить усовыми соединениями.

§ 48. Кильсоны, кони и другие прямолинейные детали продольного набора

Клееные прямолинейные детали продольного набора, например, брусья кильсонов, коней, воротовых и других деталей целесообразнее изготавливать слойчатыми из нескольких слоев досок, склеенных по пласти, а иногда и по кромкам, при этом каждый слой, в свою очередь, состоит из досок, соединяемых на ус или в торец. Детали, имеющие больший размер поперечного сечения, равный 200 и более мм, следует делать из досок толщиной 50—60 мм, детали меньших размеров могут изготавливаться из досок толщиной 25—40 мм.

На рис. 76, а показано поперечное сечение брусьев коня и надконника. Брусья коня соединяются сквозными болтами между собою и с надконником. Рассмотренная конструкция деталей относится к случаю, когда в наборе серийной баржи солинки предусматривалось применение лишь некоторых клееных деталей, при этом в процессе разработки конструкции клееных деталей не имелось возможности произвести изменение размеров и формы клееных деталей.

Если при разработке конструкции клееных деталей возможно изменить как их форму, так и размеры, по сравнению с деталями данного типа судна, собираемыми на механических средствах

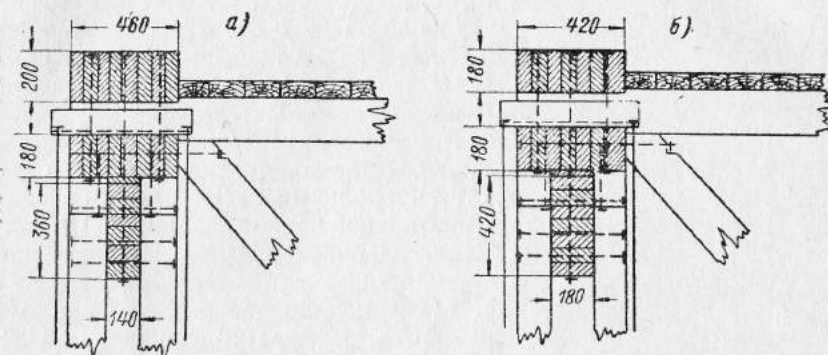


Рис. 76. Клееные брусья коня и надконника.

крепления, то следует установить 2—3 наиболее целесообразных типа клееных брусьев, которые ставились бы в кильсоны, кони,

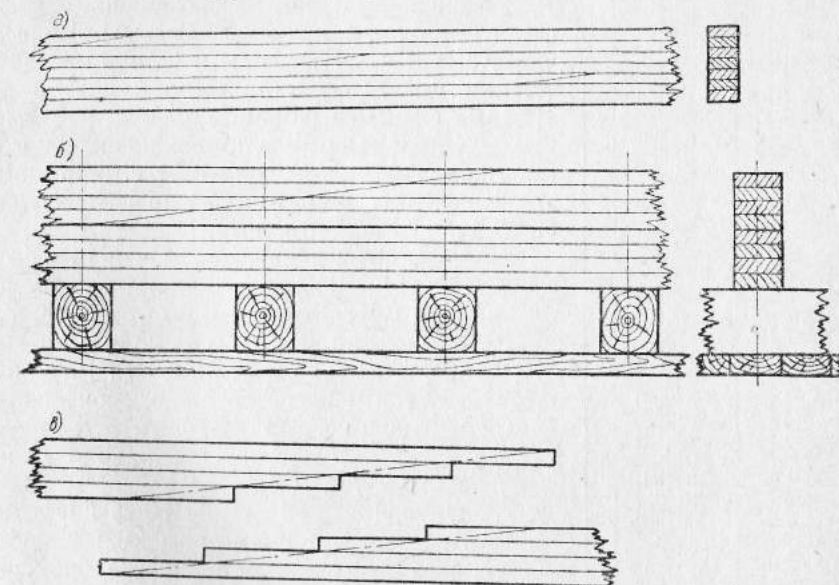


Рис. 77. Клееные брусья продольных связей.

воротовые, подбалочные и другие продольные связи. На рис. 76, б показано то же сочетание продольных связей, выполняемое из клееных брусьев, имеющих одни и те же размеры поперечного сечения. У таких связей доски по длине соединяются на ус (рис. 77, а).

Если большая высота или ширина клееного пакета затрудняет сборку корпуса, тогда кильсон, воротовой брус или другая деталь набора может делаться из двух клееных брусьев, соединяемых

на болтах (рис. 77, б), клееные брусья соединяются друг с другом на ус. При склеивании бруса доски у концов смещаются (рис. 77, в), чем достигается меньший расход материала.

Примером клееных деталей, изготовленных из тонких досок, могут служить продольные связи набора экспериментальной баржи-площадки. Проект баржи разработан ЦНИИ Речного флота, постройка ее производилась на верфи МРФ им. Желябова.

Баржа размерами: длина — 35 м; ширина — 9,6 м; высота борта — 2,2 м; осадка — 1,5 м, однотипна серийным баржам-площадкам, строящимся верфью в течение нескольких лет и предназначенных для перевозки палубных грузов по каналу им. Москвы, Волге, Каме и другим рекам и каналам. Баржа имеет диаметральную и две третних фермы и шпацию, равную 500 мм.

Работы по изготовлению клееного набора велись в июле 1951 г. бригадой верфи под руководством представителя ЦНИИ Речного флота.¹

Рассмотрим конструкцию и процесс изготовления звеньев для кильсонов и коней. Брусья склеивались из досок толщиной 20 и 25 мм, имели сечение 140×160 мм и длину 22,5 м. Разбивка стыков и расположение досок показаны на рис. 78. Запрессовывались доски в винтовых приспособлениях, состоящих из двух металлических накладок с ребрами. Накладки стягивались двумя болтами диаметром 26 мм. Общий вид приспособления изображен на рис. 79. Оно было сконструировано

с учетом использования также и для запрессовки других деталей.

Пресс для сборки и запрессовки рассмотренных деталей пред-

¹ Все работы по изготовлению клееных деталей кильсонов и коней и других деталей баржи-площадки производились под руководством и при непосредственном участии автора.

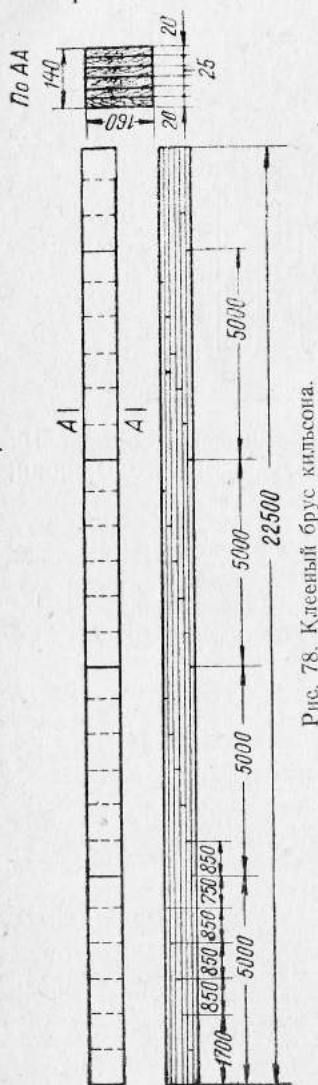


Рис. 78. Клееный брус кильсона.

ставлял дорожку из брусьев сечением 140×200 мм, проложенную на всю длину склеиваемого бруса, прямолинейность которой выверена по нитке, а горизонтальность — по уровню.

На сборку клееного бруса, имеющего длину 22,5 м, требуется значительное время. В целях сокращения времени сборки практиковалась предварительная сборка и укладка рядом с прессом всего пакета досок. При этом доски тщательно отторцовывались, согласно намеченной разбивке стыков; одновременно проверялось равенство толщин досок, входящих в один слой.

Перед склеиванием бруса на основание пресса выставлялись, на расстоянии 500 мм друг от друга, все нижние планки со вставленными в них болтами. Положение планок по длине проверялось по рискам, а по ширине — по контрольной линии. На планки укладывался первый слой досок. Клей наносился на доски первого и второго слоев одновременно, затем он наносился на остальные слои с таким расчетом, чтобы соблюдались необходимые сроки открытой и закрытой выдержек. В оба конца каждой доски, на расстоянии примерно 100 мм от ее торца, ставилось по одному монтажному

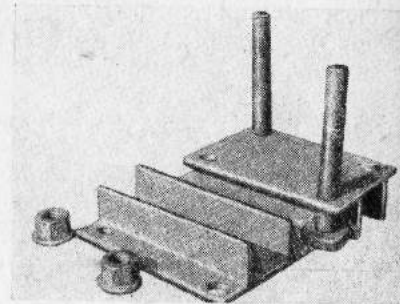


Рис. 79. Приспособление для запрессовки брусьев кильсона.

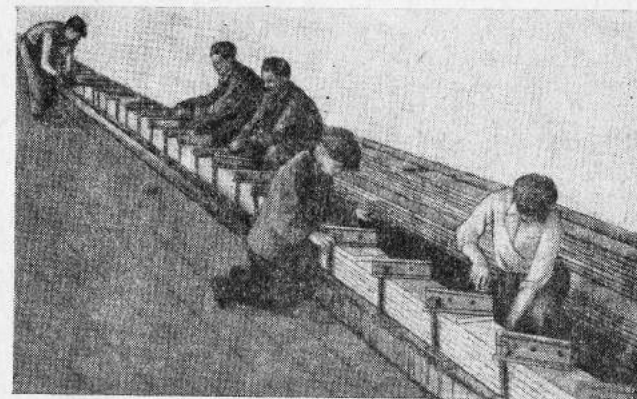


Рис. 80. Сборка клееного бруса кильсона.

гвоздю, которые создавали прижим досок в торцах и закрепляли доски в пакете. После постановки первых досок последнего верхнего слоя пакета укладывались и зажимались верхние накладки.

Запрессовка бруса производилась в указанной ниже последовательности и в направлении от одного конца к другому. Двое рабочих укладывали верхние накладки и завинчивали гайки рукой. Следующие двое или трое рабочих зажимали планки ключами с малым плечом, после чего один или двое рабочих ключами с большим плечом, равным примерно 700 мм, производили окончательную запрессовку пакета (рис. 80).

После постановки последних планок производилась проверка качества запрессовки. Для этого шупом замерялись величины зазоров между досками и проверялась однородность выжима клея. В случае необходимости, подтягивались отдельные гайки.

После окончательного затвердения клея брус освобождался от накладок и, спустя примерно 3 суток, строгался электрорубанком.

Рассмотренная организация работ даже при применении для запрессовки весьма простых и мало производительных винтовых устройств позволила осуществить запрессовку бруса длиной 22,5 м в требуемые сроки выдержек и получить качественное склеивание деталей.

При использовании указанных приспособлений для запрессовки длинных брусев, изготавливаемых большими сериями и подобных рассмотренному, для завинчивания гаек надлежит применять гайковерты, значительно облегчающие труд рабочих и во много раз повышающие производительность труда.

Изготовление других прямолинейных брусев деталей набора, например: коней, надконников, воротовых, подбалочных и т. д., может производиться аналогично рассмотренному выше процессу изготовления брусев кильсонов.

§ 49. Криволинейные брусья кильсонов и бархоута

Брусья кильсонов. У барж с санными или ложкообразными обводами кильсоны диаметральной и третних ферм имеют криволинейную форму. В этом случае применение склеивания позволяет значительно упростить их конструкцию. Проще становится крепление кильсонов к корпусу, меньше расходуется металлического крепежа и ускоряется процесс стальной сборки. Кроме того, клееные криволинейные брусья кильсонов имеют большую прочность при значительном сокращении расхода материала.

Например, у баржи-солянки в носовой оконечности, имеющей ложкообразные обводы, криволинейные брусья кильсонов, изображенные на рис. 81, имеют размеры поперечного сечения 140×400 мм, длину в заготовке около 9 м и выклеиваются из досок сечением 50×140 мм.

На верфи им. Желябова в 1949 и 1951 гг. для однотипных барж-площадок производилось изготовление клееных криволинейных брусев кильсонов, имеющих размеры поперечного сечения 140×175 и 120×160 мм и длину около 7 м.

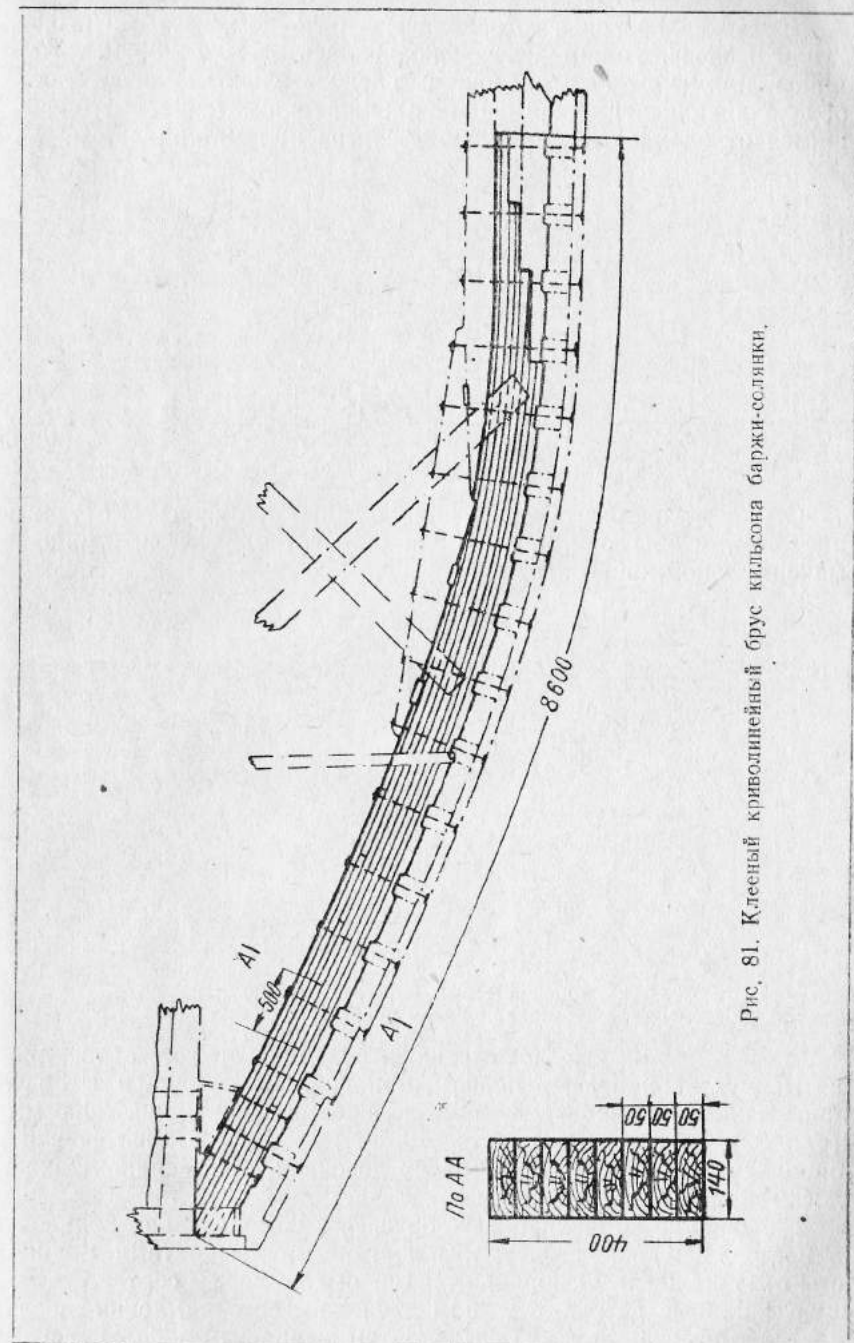


Рис. 81. Клееный криволинейный брус кильсона баржи-солянки.

Брусья кильсонов изготавливались, в основном, гнутыми в 5, 6, 7 или 8 слоев. Толщина досок колебалась от 20 до 35 мм. Толщины применявшихся досок, а следовательно и число слоев, обуславливались имевшимся в наличии пиломатериалом, являвшимся отходом судостроительных сортов пиломатериала.

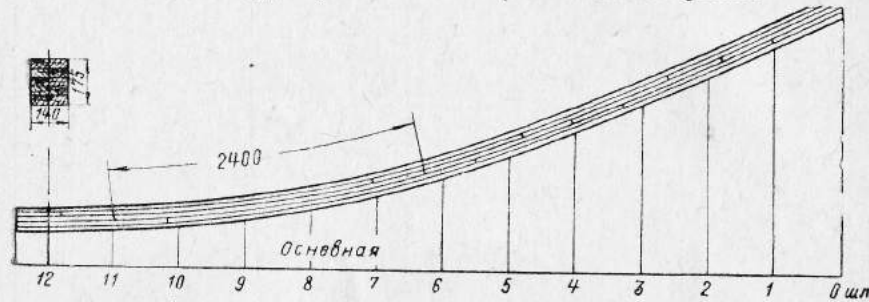


Рис. 82. Клееный криволинейный брус кильсона баржи-площадки.

Стыки досок разгонялись для большинства брусев с таким расчетом, чтобы они, по возможности, отсутствовали в районе максимальной кривизны.

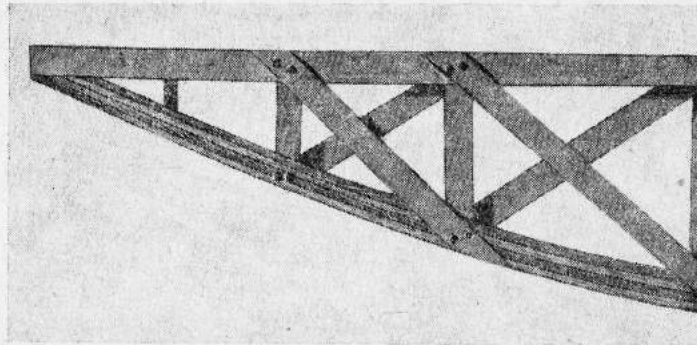


Рис. 83. Продольная ферма баржи-площадки с клееным криволинейным брусом.

Длины досок, а следовательно и разбивка стыков, были приняты двух вариантов: в первом, при постройке судна в 1949 г., применялись лишь короткие доски, максимальной длины 2400 мм (рис. 82); во втором варианте (1951 г.) — брусья кильсонов набирались, в основном из коротких досок, но применялись также доски длиной 5200—6300 мм.

Склеивание криволинейных брусев кильсонов производилось в прессе, давление создавалось винтовыми домкратами мощностью 4 т каждый. Основание пресса имело форму, соответствующую кривизне детали, с учетом величины ее спрямления после снятия с пресса. Брусья кильсонов выклеивались в большинстве

случаев по две штуки одновременно, поэтому, для ускорения сборки, пакеты досок, подлежащих склеиванию, предварительно собирались и укладывались рядом с прессом. При укладке доски тщательно отторцовывались и подбирались по толщине.

По снятии с пресса брусья кильсонов выдерживались около трех суток, а затем подвергались обработке.

На рис. 83 показан брус клееного криволинейного кильсона, вмонтированный в ферму баржи-площадки, построенной в 1949 г.

Брусья бархоута. Изготовление и постановка на судно брусев бархоута в оконечностях представляет большие трудности, так как они имеют значительные размеры и кривизну. Даже при наличии на верфи лесоматериала в достаточном количестве и при весьма качественном отборе брусев для бархоута, часты случаи излома брусев при их изгибе во время постановки на судно.

Кроме того, сам процесс изгиба брусев производится вручную и является тяжелой операцией, требующей от рабочих больших усилий и ловкости. Поэтому, с применением склеивания, вполне естественно перейти на клееные брусья бархоута, для изготовления которых потребуется маломерный пиломатериал.

На рис. 84 изображен вариант конструкции клееных криволинейных брусев бархоута для баржи-площадки. Размеры поперечного сечения бархоута 75×320 мм, он склеивается в два слоя из досок толщиной 35 мм и шириной 80 и 160 мм; длина досок — 6,3 м равна длине криволинейного бруса бархоута.

Запрессовка бруса производилась в прессе, конструкция которого аналогична прессу, предназначенному для склеивания криволинейных брусев кильсонов.

Ввиду того, что число слоев досок небольшое, величина спрямления бархоута при снятии с пресса будет значительной и ее необходимо предусмотреть при изготовлении основания стенда, увеличив соответственно его кривизну.

Обработка брусев сводится к строжке, выполняемой электрорубанком, и отторцовке до нужного размера.

Так же могут изготавливаться и другие криволинейные детали набора, имеющие изгиб в одной плоскости. Выклеивание брусев, имеющих двоякую кривизну, как например брусев воротовых и подбалочных для оконечностей должно производиться аналогично изготовлению скуловых и привальных брусев.

§ 50. Бимсы

Палубам деревянных судов придают погибь не менее $1/50$ — $1/40$ ширины судна. Бимсы заготавливают в виде прямых брусев и гнут при постановке на судно.

У судов средних размеров — длиной 55—60 м жесткость бимсов близка по величине жесткости копаней. Поэтому, будучи согнутыми из целых брусев, бимсы стремятся выпрямиться, умень-

шают стрелку погиби палубы и выгибают копани, что приводит к увеличению водотечности, а также осадки судна.

Применение склеивания при изготовлении бимсов позволит не только широко использовать не-судоостроительный материал, но и изготовить бимсы с любой стрелкой погиби, которая остается неизменной, кроме того, бимсы не будут оказывать какого-либо действия на копани.

Поскольку бимсам должна быть придана погибь, их надлежит делать многослойными из досок толщиной 30—50 мм. В средний слой ставятся более толстые доски, соединяемые в торец (рис. 85, а). Наружные доски соединяются на ус; величина усового перекрытия равна 10—12 толщинам соединяемой доски.

На рис. 85, б показан бимс, склеенный из трех слоев досок. Выбор числа слоев зависит от кривизны бимса и имеющегося материала.

Для баржи-площадки на верфи им. Желябова летом 1951 г. были изготовлены клееные бимсы, имеющие размеры поперечного сечения 140×160 мм и длину 10 м.

Бимсы выклеивались из имеющихся в наличии на верфи досок толщиной от 20 до 30 мм, из-за чего количество слоев достигало 6—7.

Большое число слоев позволило отказаться от

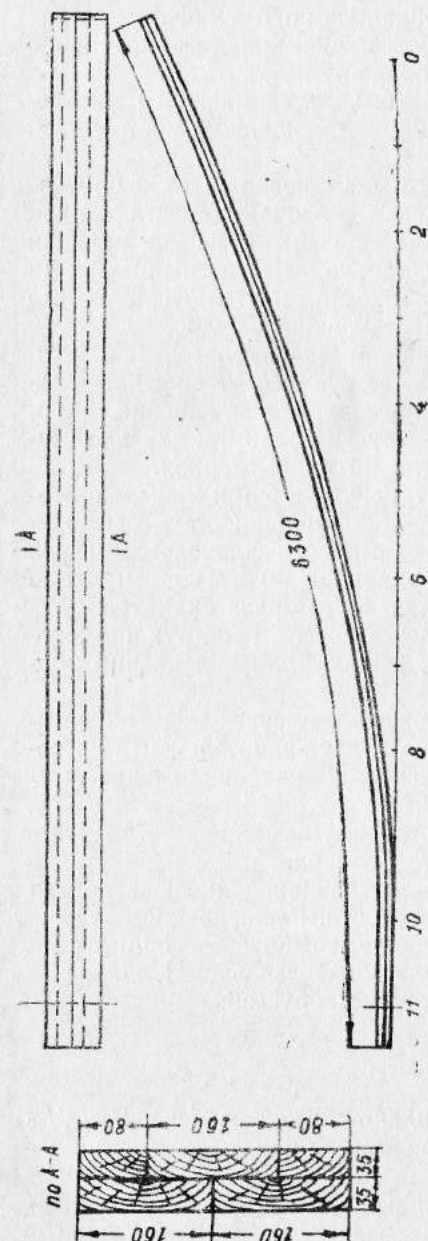


Рис. 84. Клееный брус бархоуга.

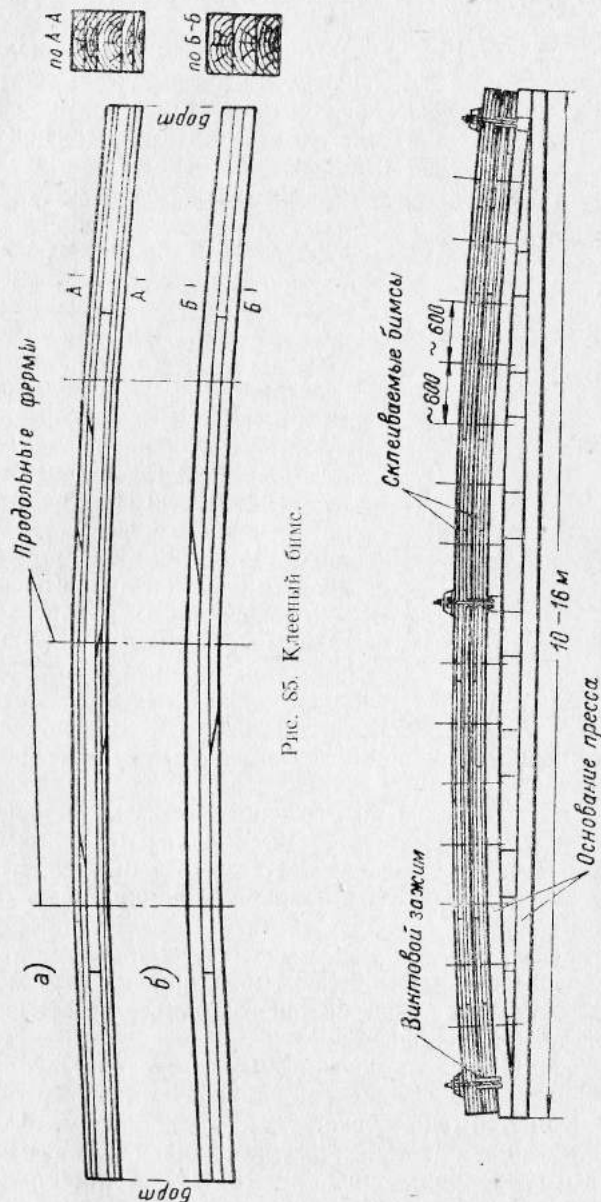


Рис. 85. Клееный бимс.

Рис. 86. Пресс для запрессовки бимсов.

соединения досок на ус и применить соединение в торец, с размещением стыков в зонах действия наименьших изгибающих моментов, примерно, в расстоянии четверти пролета от продольной фермы.

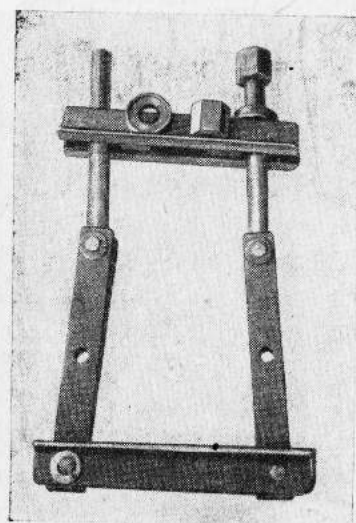


Рис. 87. Винтовые зажимы для запрессовки клееных брусев.

вать маломерный материал и даже отходы судостроительного пиломатериала.

Копани имеют большие размеры поперечного сечения, например, для судов длиной 50 м — 180×200 мм и длиной 65 м — 200×220 мм. Следовательно, для их заготовки требуется лесоматериал, имеющий не только большую длину, но и большой диаметр.

Клееные копани указанных размеров можно изготавливать в 3—5 слоев из досок толщиной 40—60 мм, а при необходимости использовать тонкие доски — из большего количества слоев. Длина копаней может быть любой.

Доски обычно располагаются горизонтально, в этом случае, для копаней средних размеров, по ширине копани (меньший ее размер) размещается одна доска.

По длине доски в наружных слоях соединяются на ус с величиной усового перекрытия, равной 10—12 толщинам доски (рис. 88, а, б), во внутреннем слое доски можно соединять в торец. Стыки досок располагаются на участках действия минимальных изгибающих моментов.

Склеивались бимсы в прессе, изображенном на рис. 86, по одному, по два или три одновременно. Основание пресса имело очертание, соответствующее погиби бимса. Запрессовка осуществлялась винтовыми зажимами (рис. 87), которые подводились под основание стэнда и размещались по длине на расстоянии 500 мм.

§ 51. Копани

Верфи, строящие самоходные суда шириной 10 и более метров, испытывают затруднения в лесоматериале для копаней и бимсов, из-за чего «Правилами постройки деревянных самоходных судов внутреннего плавания СССР» предусматривается применение стычных деталей поперечного набора.

Применение склеивания при изготовлении копаней не только позволяет получить монолитные и прочные детали, но и широко использовать

В случае освоения технологии склеивания на ус целых брусев, допускается применение усовых соединений при изготовлении копаней из коротких брусев (рис. 89, в).

На рис. 89 а, б, в, г изображены копани размерами в поперечном сечении 200×220 , 180×200 и 160×180 мм, выклеенные в 5, 4 и 3 слоя из досок толщиной 40 и 60 мм. Для копани сечением 160×180 мм наиболее удачным следует считать 3-слойный вариант, так как в этом случае получается минимальное количество слоев (рис. 89, г). Если брус можно набрать из различного количества слоев, то вариант, в котором сочетается одна толстая средняя доска с несколькими более тонкими (рис. 89, а), следует предпочесть варианту с досками, имеющими малую разницу по толщине — 5—10 мм (рис. 89, б), так как в первом случае такие доски лучше соприкасаются между собой и плотнее прижимаются к толстой доске.

При изготовлении копаней, имеющих большие размеры поперечного сечения, допускается склеивание досок в пазах по кромкам, с условием, что расстояние между пазами будет не менее 20—40 мм.

На верфи им. Желябова для баржи-площадки были изготовлены клееные копани, имеющие в поперечном сечении размеры 140×160 мм и длину 10 м.

Часть копаней была склеена в 5 слоев досок, из которых два наружных набраны из досок толщиной 20 мм и три внутренних — из досок 35 мм. У этих деталей доски, по отношению к сечению копани, располагались на ребро. Копани второй партии склеивались в четыре слоя: два

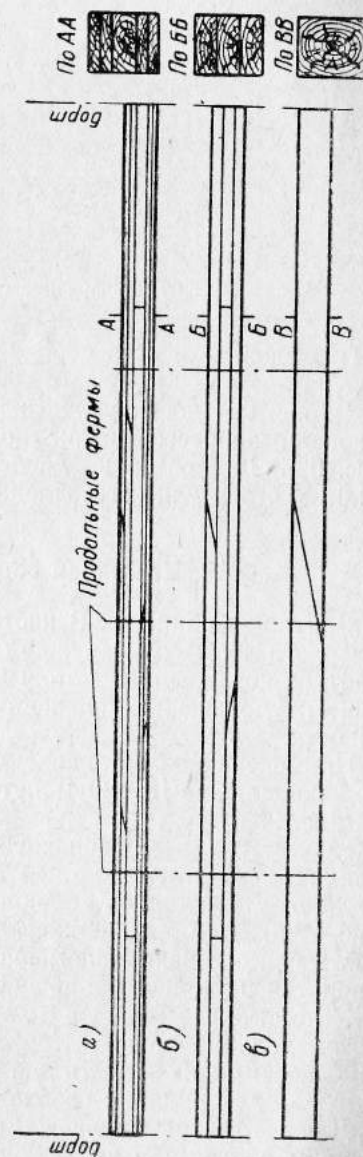


Рис. 88. Клееная копань.

наружных по 20 мм и два внутренних по 60 мм. Эти копани имели доски, расположенные плашмя.

Доски одного слоя сращивались по длине в торец. Стыки располагались, примерно, на участках действия наименьших изгибающих моментов.

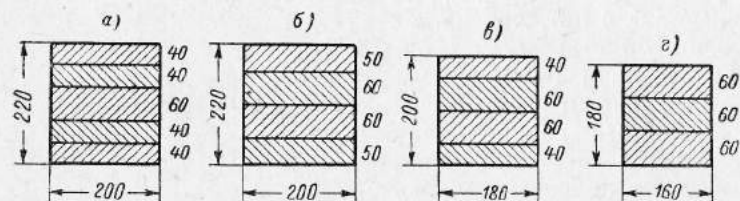


Рис. 89. Поперечное сечение клееных копаней.

Последовательность сборки копаней перед запрессовкой аналогична последовательности сборки для бимсов. После нанесения клея (рис. 90) доски укладывались пакетами в прессе (рис. 91) и копани запрессовывались одновременно по нескольку штук (рис. 92). Для создания давления применялись те же винтовые зажимы, что и для изготовления бимсов.

§ 52. Наружная обшивка и настил палубы

Наружная обшивка. В настоящее время, при отсутствии длиномерного леса, для наружной обшивки применяют сравнительно короткие доски, длина которых не превосходит 6—8 м, что приводит к уменьшению прочности обшивки и к усилению ее водотечности.

Применение водостойких клеев позволяет изготавливать доски обшивки длиной 15—20 м путем склеивания коротких досок на ус (рис. 93, а).

Кроме того, сращивая короткие доски на ус и склеивая их в пазах по кромкам, можно изготовить щиты шириной 300—400 мм и длиной 15—20 м, т. е. получить широкую и длинную доску (рис. 93, б). Применение клееных щитов позволит широко использовать для обшивки маломерный пиломатериал, сократить объем конопатки и увеличить прочность судна.

У несамоходных судов с ложкообразными обводами в оконечностях должны применяться длинные и широкие доски. Длинные доски должны быть для более удобного изгиба их, а широкими — для придания необходимой серповидности.

Для того, чтобы получить серповидную доску, поступают следующим образом: у заготовок досок, имеющих припуски в размерах, концы обрабатываются на ус и доски склеиваются. При сборке во время склеивания оси досок располагаются не на од-



Рис. 90. Нанесение клея на доски при склеивании копаней.



Рис. 91. Сборка пакетов копаней.

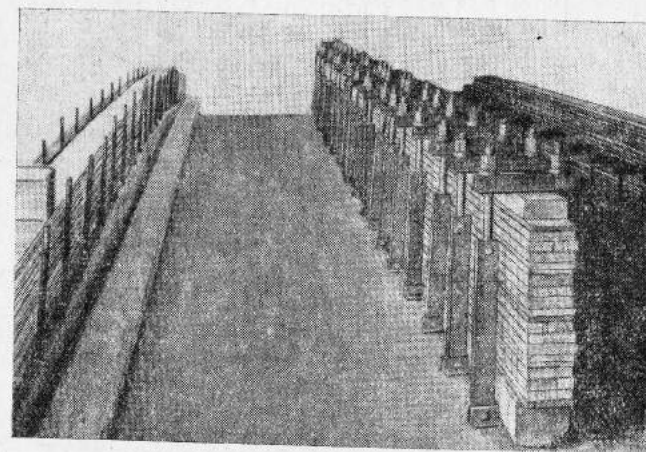


Рис. 92. Запрессовка копаней.

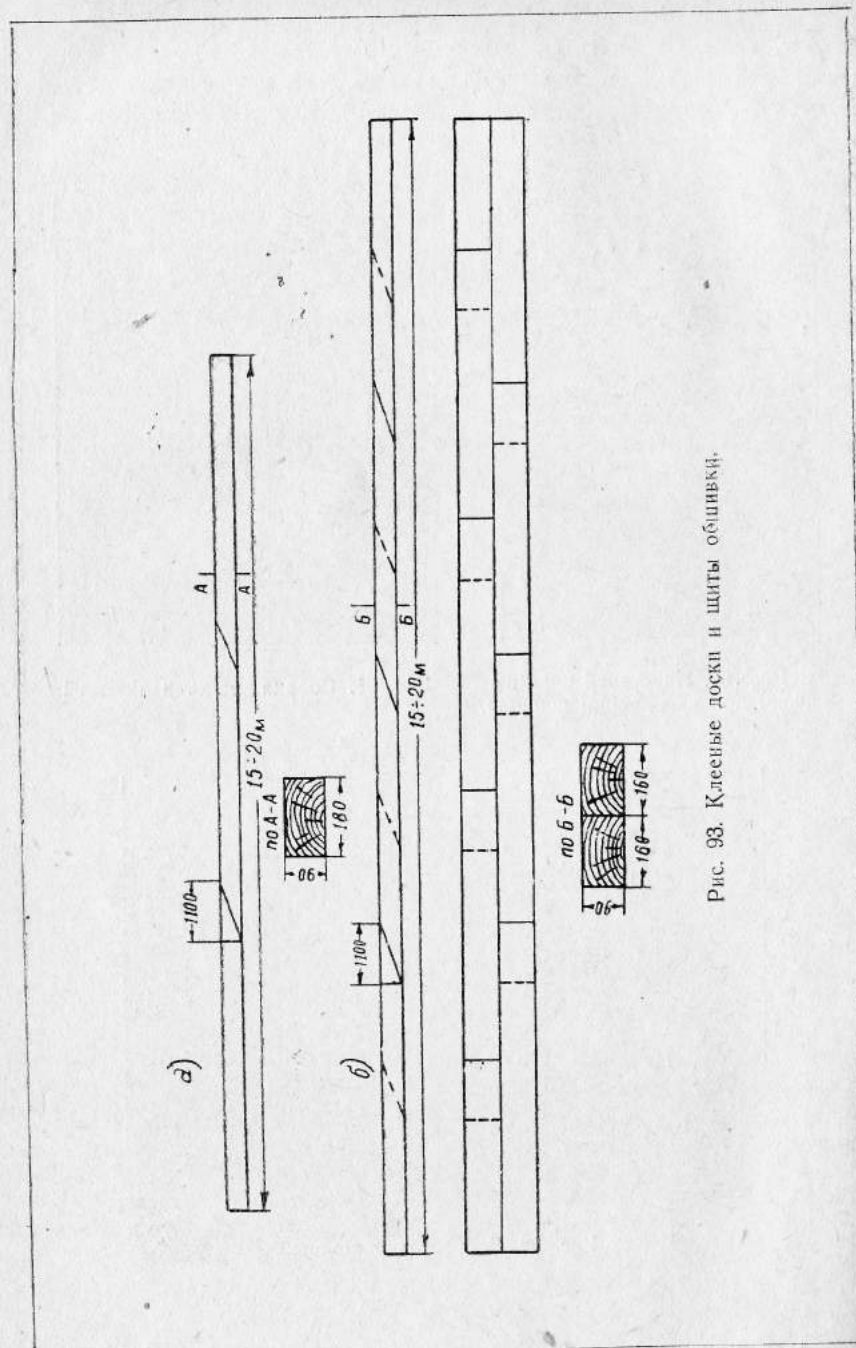


Рис. 93. Клееные доски и щиты обшивки.

ной прямой, а под некоторым углом, определяемым серповидностью доски. Величина усового перекрытия принимается равной 12—15 толщинам соединяемой доски. После склеивания доски обрабатываются по шаблонам с плаза или с судна.

У судов с санными и ложкообразными обводами в изогнутой (подгибной) части днища следует применять криволинейные доски, выклеенные из 3—4 тонких досок. Использование таких клееных досок позволит: изготавливать доски обшивки из менее качественного пиломатериала, сократить время стапельной сборки, избежать брак от поломки досок при их изгибе, так как не потребуется гибка досок на стапеле.

Настил палуб. Настил палуб изготавливается из досок, примерно, таких же размеров, как и наружная обшивка, поэтому применение склеивания для изготовления длинномерных досок настила палубы позволит широко использовать маломерный материал, уменьшить объем конопатки и увеличить прочность судов.

Для настила палуб, так же как и для наружной обшивки, возможно изготавливать длинные доски и щиты.

§ 53. Шпангоуты

Речные самоходные суда с ложкообразными обводами имеют шпангоуты с плавными криволинейными образованиями. Изготовление шпангоутов криволинейных сечений, на основе применения обычных средств крепления в виде болтов и нагелей, требует использования лесоматериала больших размеров и представляет значительные трудности.

Для таких шпангоутов наибольшее распространение получила, так называемая, футоксовая система. Шпангоут изготавливается из отдельных брусьев в 2—3 слоя. Брусья каждого слоя стыкуются по длине в торец, причем концы брусьев у кромок, обращенных внутрь судна, срезаются и в образовавшееся пространство вставляются чакки.

В зависимости от обводов, каждый слой шпангоута по своей длине (на оба борта) состоит из 5—7 брусьев. Соединение брусьев друг с другом осуществляется болтами и нагелями.

Рассмотренным типом шпангоутов присущи существенные недостатки:

- 1) малая прочность, ввиду ослабления отдельных слоев досок в месте их соединения друг с другом, и отсутствие прочной связи между отдельными слоями, из-за чего не обеспечивается прочность и не достигается монолитность шпангоута;
- 2) для изготовления отдельных брусьев, из которых набирается шпангоут, требуется пиломатериал больших сечений;
- 3) для соединения брусьев шпангоута друг с другом требуется значительное количество металлического крепежа;
- 4) трудоемкость работ по изготовлению таких шпангоутов весьма велика.

Более удачной конструкцией шпангоутов для судов средних размеров следует считать клееный натесной шпангоут, набранный из 3—4 слоев досок толщиной 40—50 мм, склеенных по пласти. Стыки досок разгоняются равномерно. Расстояние между ними обуславливается размерами шпангоута и применяемого пиломатериала. Сращивание досок в стыках может производиться в торец, с постановкой накладок на стыки наружных досок (рис. 94, а) или путем стыкования досок с укороченным усовым перекроем (рис. 94, б).

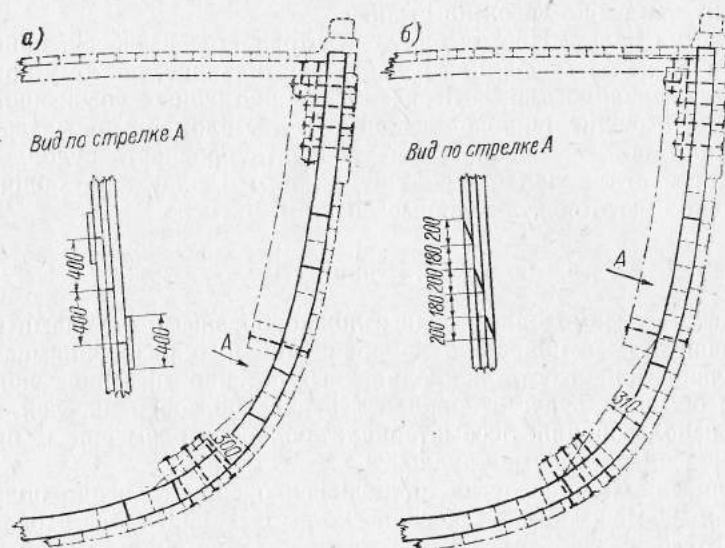


Рис. 94. Клееные шпангоуты.

Конструкция шпангоута с накладками, по сравнению со шпангоутом, доски которого стыкуются на ус, проще в отношении подготовки деталей и сборки шпангоута, но прочность такого шпангоута будет меньше, кроме того, накладки несколько увеличат габариты шпангоутов.

Натесным шпангоутам свойственны большая простота изготовления, по сравнению с гнутым, так как отпадает операция гибки.

Изготовление клееных гнутых шпангоутов для самоходных судов, аналогичных по конструкции шпангоутам для мелких судов, не может признаваться целесообразным, так как радиусы скулы весьма незначительны, поэтому выклеивать шпангоуты возможно лишь из большого числа слоев тонких досок. Следовательно, при изготовлении таких шпангоутов возрастает расход лесоматериала, клея и трудоемкость работ.

§ 54. Форштевни

Конструкция форштевней во многом зависит от формы обводов носовой оконечности. У крупных деревянных судов со скругленными образованиями носа форштевень делают из 5—7 отдельных деталей, в зависимости от размеров судна и имеющегося лесоматериала. Некоторые детали имеют сложную форму и их размеры в сечении достигают величин 550×450 мм и более; кроме того, для соединения разрозненных деталей форштевня требуется постановка значительного количества болтов больших размеров, что представляет трудоемкую операцию.

Применение склеивания при изготовлении штевней для судов с ложкообразными обводами представляет значительные преимущества, особенно в случае постройки судов большими сериями. При этом, чем больше однотипных судов в серии, тем меньше будут затраты на оборудование для изготовления клееных штевней.

Штевни судов с ложкообразными оконечностями изгибаются по кривой с радиусом от 2 до 5 м. Принимая минимальную толщину доски равной $1/100$ — $1/200$ радиуса, получаем, что для склеивания штевней можно применять доски толщиной 20—25 мм.

Клееные штевни (рис. 95) представляют собой монолитную конструкцию, поэтому их размеры могут быть уменьшены по сравнению со штевнями обычной конструкции. Все же, в некоторых участках клееные штевни имеют большие размеры поперечного сечения и если для выклеивания применить доски размерами во всю ширину сечения, то потребуются широкий пиломатериал. Склеивание и в этом случае позволяет использовать в штевнях маломерный пиломатериал. Для этого в широких участках каждый слой набирается из 2 или 3 досок небольшой ширины (рис. 96).

Штевни выклеиваются в специальном прессе, состоящем из основания и приспособлений для запрессовки. Поверхности основания, по которой производится выгибание досок, придается кривизна, несколько большая, чем кривизна штевня, для того, чтобы

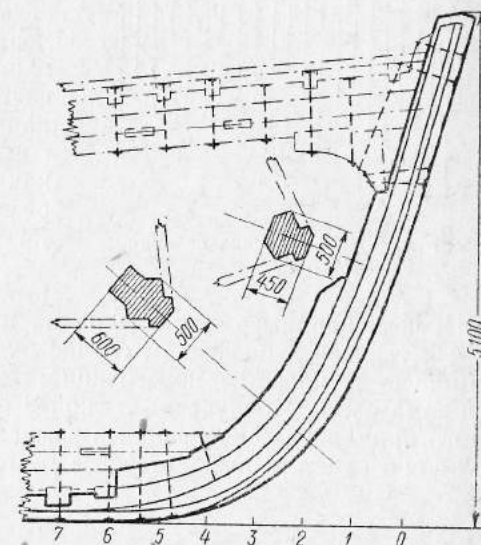


Рис. 95. Клееный форштевень.

после снятия штевня с прессы и некоторого его распрямления, он принял требуемую кривизну. Склеивание производится в такой же последовательности, как для других криволинейных деталей.

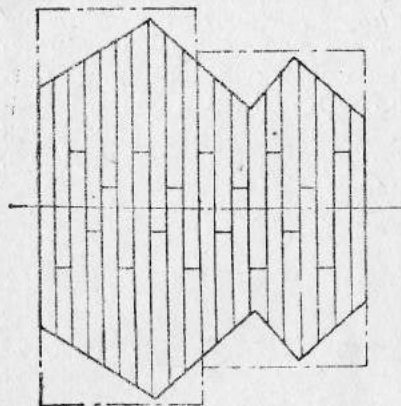


Рис. 96. Поперечное сечение клееного форштевня.

нее, чем, например, склеивание их из отдельных массивных частей, так как в последнем случае будут утрачены основные преимущества клееных конструкций: использование маломерного пиломатериала, получение легкой и прочной конструкции. Кроме того, применение склеивания в замках недостаточно надежно, так как оно будет производиться не по пласти, а по срезу и торцам.

В случае, когда форштевень состоит из большого количества слоев и продолжительность работ по его сборке перед запрессовкой будет больше продолжительности открытой и закрытой выдержек, сборку форштевня следует разбивать на два этапа. Сначала выклеивается более широкая часть форштевня (рис. 96), обращенная внутрь судна, после снятия винтовых зажимов на ней, как на основание, выклеивается остальная часть форштевня.

Изготовление штевней путем выгибания из досок рациональнее,

ГЛАВА II

ДЕФЕКТЫ КЛЕЕНЫХ ДЕТАЛЕЙ И ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ КАЧЕСТВА

§ 55. Дефекты клееных судовых конструкций, причины их возникновения и способы предотвращения

Качество склеивания деталей можно проверить как в процессе их склеивания, так и после строжки, когда будут видны клеевые слои. Ниже рассмотрены основные дефекты клееных деталей.

Подтеки клея. При изготовлении клееных деталей качество их склеивания наиболее просто определяется по характеру подтеков, образующихся при вытекании избытка клея во время запрессовки. При качественной запрессовке и нанесении клея, его подтеки по всей длине клеевого шва распределены равномерно, имеют одинаковый характер и умеренную толщину — не слишком толстые или тонкие (рис. 97, брусья №№ 1 и 2); у бруса № 3 (рис. 97) подтеки клея недостаточны, что произошло из-за слишком тонкого слоя нанесенного клея.

Толстые подтеки клея (рис. 98), в форме отдельных капель или цитей, свидетельствуют, о том, что в момент запрессовки клей был слишком густой. Клей мог загустеть вследствие увеличенной открытой или закрытой пропитки или из-за излишней его вязкости в момент нанесения.

Вязкость клея должна периодически проверяться вискозиметром. Однако достаточно правильно можно определить вязкость по виду струи, сбегавшей с лопатки для мешания клея или с кисти. Клей нормальной рабочей вязкости сбегает ровной струей, имеющей лишь несколько большую толщину сверху. Лопатку такой клей обволакивает ровным слоем, не образуя местных сгустков.

На рис. 99, а показано стекание клея повышенной вязкости. На лопатке клей располагается сгустком, струя имеет большую конусность.

При стекании клея пониженной вязкости струя клея очень тонкая; внизу она иногда прерывается и переходит в мелкие капли (рис. 99, б).

Тонкие подтеки клея свидетельствуют о том, что в момент запрессовки клей был слишком жидкий. Причинами образования тонких подтеков являются:

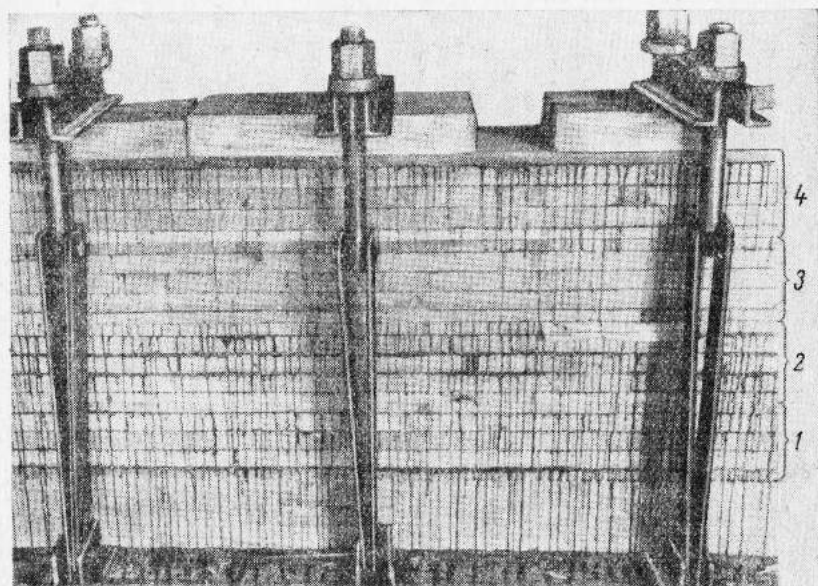


Рис. 97. Подтеки клея.

- а) пониженная вязкость клея в момент его нанесения;
- б) сокращенные сроки открытой и закрытой пропитки при сборке деталей;

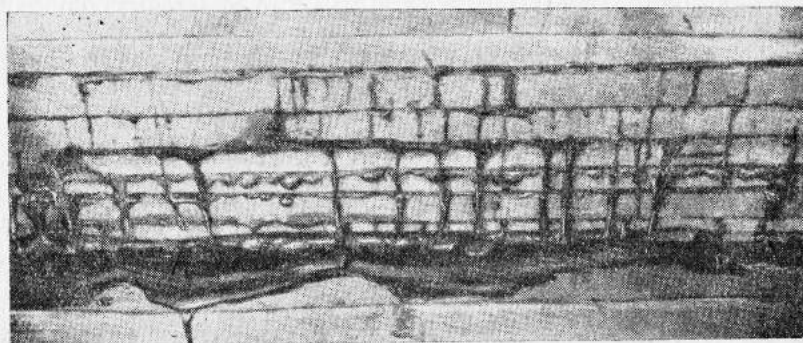


Рис. 98. Толстые подтеки клея.

- в) нанесение слишком толстого слоя клея, из-за чего клей не приобрел необходимой вязкости за время пропитки.

Нормальным выжимом клея следует считать выжим у брусьев №№ 1 и 2, изображенных на рис. 97.

В практике изготовления крупных клееных деталей возможно применение одностороннего нанесения клея. В этом случае характер подтеков будет несколько иным — подтеки будут более слабыми; иногда клей даже не течет струей, а застывает небольшой каплей. Подтеки клея, соответствующие одностороннему нанесению, имеют место у бруса № 3 (рис. 97).

Отсутствие подтеков клея свидетельствует о том, что допущено:

- а) слишком тонкое нанесение клея — отдельные места совершенно им не покрыты;
- б) недостаточное давление запрессовки;
- в) чрезмерная вязкость клея;
- г) значительно увеличенное время пропитки.

Для предотвращения указанных дефектов необходимо в процессе работы периодически проверять вязкость клея, следить за сроками открытой и закрытой пропиток, а также за толщиной наносимого клеевого слоя.

В качестве средств, предотвращающих указанные дефекты, следует рекомендовать следующее изменение выдержек: при повышенной вязкости клея необходимо сократить сроки пропиток против рекомендуемых; при пониженной вязкости — наоборот, увеличить.

Необходимо также учитывать, что величина давления запрессовки для деталей средних размеров несложной конфигурации, выклеиваемых из тонких досок, должна находиться в пределах 2—4 кг/см² и для деталей, собранных из толстых досок, — повышенное давление, величина которого зависит от качества подгонки досок.

Местные непрочности. Местные непрочности или неплотное прилегание склеиваемых поверхностей друг к другу появляются в результате:

- а) недостаточно точной подгонки склеиваемых поверхностей; примером непрочности, ввиду неточной подгонки досок по толщине в районе стыка, может служить брус, изображенный на рис. 100;
- б) недостаточного или неравномерного давления при запрессовке;
- в) повышенной вязкости клея в момент запрессовки, не допускающей равномерного его нанесения;
- г) нанесение слишком тонкого слоя клея.

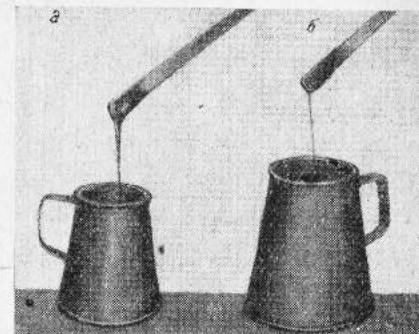


Рис. 99. Подвижность клея различной вязкости.

Местные непрочности должны обнаруживаться щупом (рис. 101) или другим способом еще в начальный период запрессовки, чтобы их своевременно ликвидировать увеличением давления.

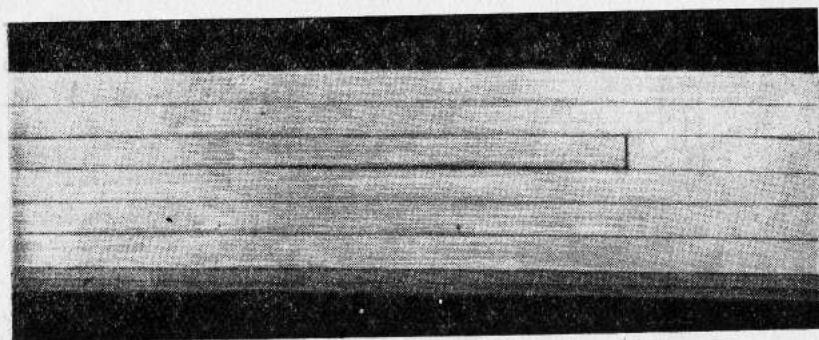


Рис. 100. Непрочности в районе стыка досок.

После строжки или других видов обработки непрочности могут быть выявлены осмотром, а в деталях, склеенных с применением

тонких досок, также на стук, при простукивании обычным инструментом или путем применения специального акустического прибора.

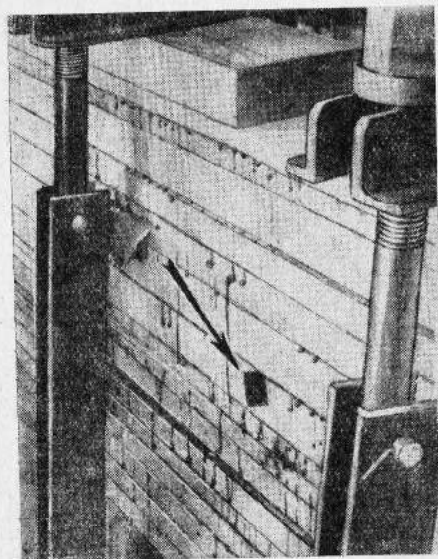


Рис. 101. Проверка качества запрессовки.

нижние пределы — к деталям малых размеров или к деталям, изогнутым в поперечном направлении.

Большие непрочности. Непрочности, распространяющиеся на значительные по величине поверхности склеивания, возникают ввиду:

- а) склеивания деталей повышенной влажности;
- б) склеивания деталей из досок, имеющих различную влажность;
- в) неудовлетворительной подгонки склеиваемых поверхностей;
- г) недостаточного давления при запрессовке.

Чаще большие непрочности появляются из-за применения досок с различной влажностью древесины. Примером такого некачественного склеивания детали является брус бимса, изображенный на рис. 102. В рассматриваемом случае повышенная

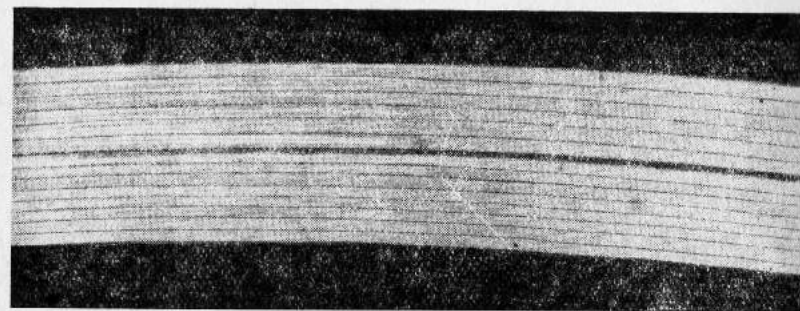


Рис. 102. Клееный брус.

влажность в одной доске привела к порче всего бимса, так как непрочности были на всем протяжении этой доски.

Характер непрочностей представлен на рис. 103, где сверху показаны непрочности у доски повышенной влажности, внизу — доска нормальной влажности.

Трещины. Трещины в клеевом шве или в древесине вблизи клевого шва появляются в результате больших внутренних напряжений, возникающих вследствие:

- а) склеивания изделий из материалов повышенной влажности, различной влажности и последующей выдержки склеенных изделий при низкой относительной влажности воздуха; так например, трещина по клеевому слою в брус, изображенном на рис. 104, образовалась в результате его склеивания из досок, имеющих различную влажность;

- б) склеивания сильно деформированных (покоробленных) заготовок;

- в) несоблюдения сроков выдержки деталей под прессом или вне пресса и обработки их с большими механическими воздействиями на клеевое соединение, до получения деталями достаточной прочности;

- г) интенсивного и длительного подогрева склеиваемых изделий при низкой относительной влажности воздуха;

- д) применения некачественного клея;
- е) применения клея с низкой вязкостью и сборки изделия без достаточной пропитки.

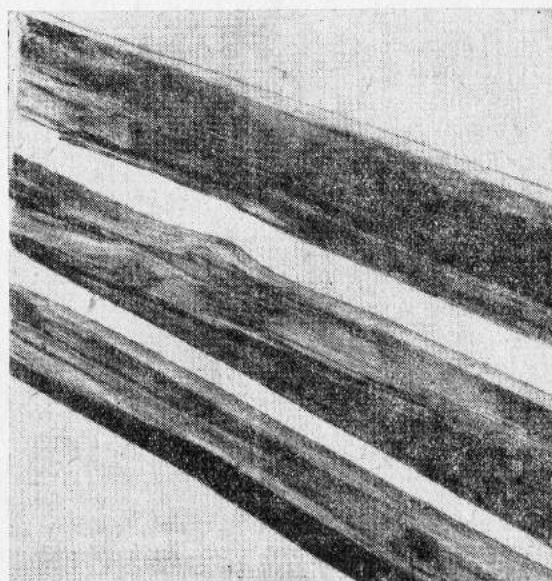


Рис. 103. Характер непрочности при склеивании досок различной влажности.

Появления трещин в клеевом шве возможно избежать путем применения древесины нормальной влажности — не выше 15—

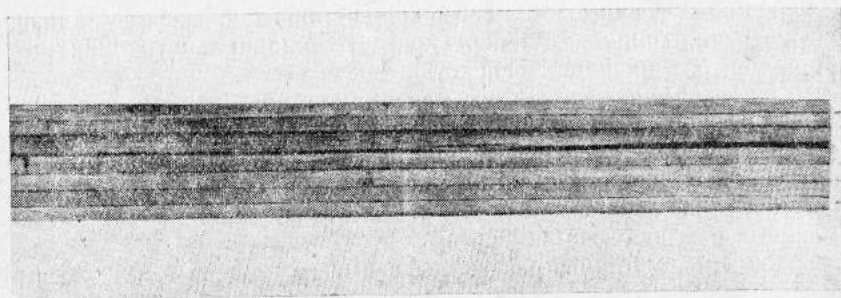


Рис. 104. Непрочности в районе доски повышенной влажности.

18%. В случае использования пиломатериала с различной влажностью, разность последней для отдельных досок детали не должна быть более 3—4%. Деформированность в поперечном направлении отдельных досок, из которых выклеивается деталь,

должна быть не более 1—2 мм, при ширине 140—160 мм. В механическую обработку доски подаются лишь после необходимой выдержки. Целесообразнее выдержку пиломатериала производить в специальном отделении цеха для склеивания деталей, при условии, что в этом отделении температура и влажность воздуха будут такими же, как и в цехе для склеивания. Продолжительность выдержки в значительной степени сокращается применением подогрева деталей. Качество клея, его вязкость и сроки выдержек должны соответствовать предъявляемым требованиям.

Ненормальная толщина клеевого шва. Толстый клеевой шов (жирное соединение) получается в результате:

- а) применения недостаточного давления при запрессовке;
- б) нанесения клея повышенной вязкости;
- в) продолжительной открытой или закрытой пропитки, особенно при повышенной температуре воздуха в цехе;
- г) плохой подгонки склеиваемых поверхностей;
- д) неравномерного нанесения клея, стекания его с выпуклых частей поверхности детали во впадины;
- е) неравномерности давления по площади склеивания, особенно на малых радиусах закругления.

«Голодный» клеевой шов — отсутствие клеевой прослойки или тонкая, местами прерывающаяся, клеевая прослойка получается вследствие:

- а) применения клея пониженной вязкости;
- б) склеивания без достаточной открытой пропитки;
- в) применения излишнего давления при запрессовке;
- г) нанесения слишком тонкого слоя клея.

Образование толстых или «голодных» клеевых швов можно предотвратить путем:

- а) точного определения давления запрессовки с учетом размеров и формы склеиваемых деталей;
- б) применения клея нормальной вязкости и соблюдения требующихся сроков выдержки с учетом температуры воздуха в помещении;

- в) равномерного нанесения клея;

г) тщательной обработки и подгонки склеиваемых деталей, что особенно важно для криволинейных деталей или деталей, склеиваемых из досок, имеющих большую толщину;

- д) применения упорных прокладок, имеющих увеличенную площадь и жесткость и равномерно передающих давление с винта или поршня пресса на деталь.

Нормальные толщины клеевого слоя представлены на рис. 105

Пережоги. На скорость затвердения клея большое влияние имеет температура. Сроки выдержки склеиваемых деталей под давлением на много сокращаются с применением подогрева. Для подогревания склеиваемых деталей могут применяться:

- а) сушильные камеры;
- б) обдувка теплым воздухом;

- в) электронагреватели контактного или рефлекторного типа;
- г) токи высокой частоты;
- д) токи, пропускаемые непосредственно через клеевой шов.

Пережоги происходят при склеивании с подогревом. Бурый и черный цвет подтеков клея и клеевых слоев, имеющих повышенную хрупкость и низкую прочность соединения, а также побурение или обугливание древесины в месте дефекта происходят вви-

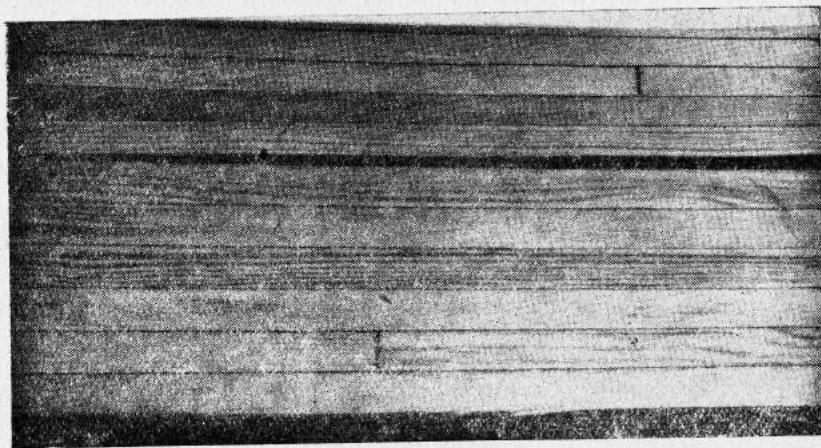


Рис. 105. Качественная склейка деталей.

ду: слишком длительного нахождения деталей в сушке и высокой температуры (более 60°) или применения нетарированных или неисправных нагревателей с высокой температурой нагрева.

Во избежание пережогов необходимо установить строгий контроль за продолжительностью подогрева детали и за температурой воздуха в непосредственной близости от детали, а также за качеством подогревателей. При этом необходимо заранее рассчитать продолжительность подогрева и температуру воздуха, исходя из особенностей деталей и приборов для подогрева.

Слабое сцепление. Слабое сцепление склеиваемых поверхностей — пониженная прочность клеевого шва, сопровождающаяся очень часто трещинами по клеевому шву, может быть в результате:

а) применения некачественного клея — клея, приготовленного из компонентов, имеющих в недостаточном количестве, или клея неправильного приготовления; в этом случае брак обычно носит массовый характер;

б) склеивания клеем пониженной вязкости без достаточной открытой пропитки;

в) склеивания при пониженной температуре воздуха;

г) склеивания деталей с запыленными или подмоченными поверхностями или деталей, на склеиваемые поверхности которых попали отдельные капли воды.

Не допускать склеивания деталей с пониженной прочностью клеевого шва можно путем должного контроля: за качеством компонентов клея и процессом его приготовления, за температурой воздуха в помещении, где происходит приготовление клея и изготовление клеевых деталей, а также за состоянием склеиваемых поверхностей.

При правильно организованном технологическом процессе изготовления клеевых деталей и должном контроле за их изготовлением, сводящемся к соблюдению указанных мероприятий, вполне возможно предупреждение рассмотренных дефектов и выпуск качественных клеевых конструкций.

§ 56. Контроль качества клеевых деталей

В строительной промышленности качество клеевых деталей проверяется внешним осмотром, при котором устанавливается соответствие деталей техническим условиям: особое внимание при этом обращается на качество проклейки швов¹.

В случае сомнения в качестве склеивания деталей, не менее 10% готовых клеевых деталей, или отдельных блоков конструкций, подвергается механическим испытаниям на наиболее характерный, для работы обследуемой клеевой конструкции, вид деформации.

Испытание проводится до разрушения, по общей методике, согласно «Инструкции по определению несущей способности деревянных конструкций методом ЦНИПС». Основное внимание обращается на качество склеивания.

Деталь или конструкция считается выдержавшей испытания, если разрушение произошло, в основном, по древесине, но не по клеевому шву и если коэффициент запаса прочности конструкции окажется не менее указанного в инструкции.

В случае, если хоть один образец не выдержит испытания, производится вторичный внешний осмотр всех деталей и испытание удвоенного количества образцов. При отрицательном результате повторных испытаний вся партия клеевых деталей бракуется.

Оценивая приемлемость рассмотренного метода испытания клеевых деталей в судостроении, следует отметить, что осмотр клеевых деталей не всегда позволяет выявить их недостатки, как например, весьма сложно установить дефекты судовых деталей, имеющих большие размеры поперечного сечения, лишь внешним их осмотром.

Кроме того, необходимо учитывать, что в судостроении однотипные детали изготавливаются в сравнительно небольшом количестве, поэтому испытывать их на разрушение нецелесообразно.

¹ Инструкция по проектированию и изготовлению клеевых деревянных конструкций (ИСП 101-51), Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, М — Л, 1951.

Метод испытания клееных деталей нагрузкой, составляющей некоторую часть от предельно допустимой нагрузки, также неудовлетворителен, так как загрузка деталей нагрузкой, составляющей, примерно, половину от предельной нагрузки, не позволит выявить имеющиеся дефекты. Испытание нагрузками, близкими к предельным, может привести к перенапряжению клеевых соединений и их ослаблению. Испытание готовых клееных дета-

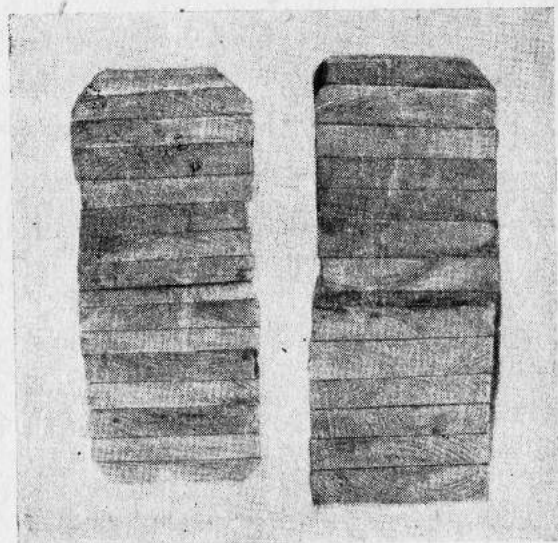


Рис. 106. Обрезка припусков для изготовления контрольных образцов

лей судового набора следует применять лишь для деталей, изготовляемых в массовом количестве.

В условиях судостроительного производства проверку качества клееных деталей, кроме их осмотра, следует производить методом испытания малых образцов, вырезанных из клееных деталей и испытываемых на скалывание, разрыв или другие виды деформаций клеевого соединения.

Качество склеивания многослойных деталей набора, как например, звеньев кильсонов, копаней, бимсов и т. п., должно проверяться путем испытания стандартных образцов на скалывание, вырезанных из деталей набора. Для этого, при выклеивании деталей по обоим их концам, предусматриваются припуски, размерами 150—200 мм. После окончания запрессовки и выдержки детали вне прессы около 3 суток, от концов детали отрезаются «обрезки-припуски» (рис. 106) и из каждого из них готовится по 2—3 стандартных образца, с площадью скалывания образца, равной 25 см². Образцы вырезаются с таким расчетом,

чтобы плоскость скалывания их проходила по клеевому слою детали.

Вырезать образцы следует в непосредственной близости от среза припуска, так как у торцов могут быть непроклеи.

При вырезании нескольких образцов их следует брать от различных слоев и с разных сторон припуска, что поможет полнее выявить дефекты склеивания (рис. 107).

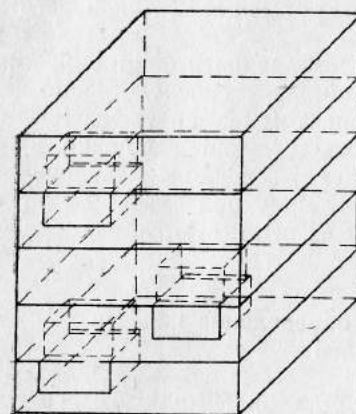


Рис. 107. Размещение контрольных образцов в припусках.

При вырезании из припуска одного образца, его следует брать от клеевого слоя, расположенного между первым и вторым слоями досок, т. е. от нижних досок, прежде всего уложенных при сборке пакета, или от тех досок, качество склеивания которых, по каким-либо причинам, вызывает сомнение.

Стандартные образцы следует испытывать в специальной машине для испытания мощностью 4—5 т; при отсутствии машины может быть допущено испытание в ручном гидравлическом прессе, мощностью 4 т (рис. 108), с установкой образца в специальном приборе.

Проверка качества изготовления деталей, склеенных на ус, должна производиться испытанием образцов, характеризующих качество усовых соединений. Эти образцы могут изготавливаться

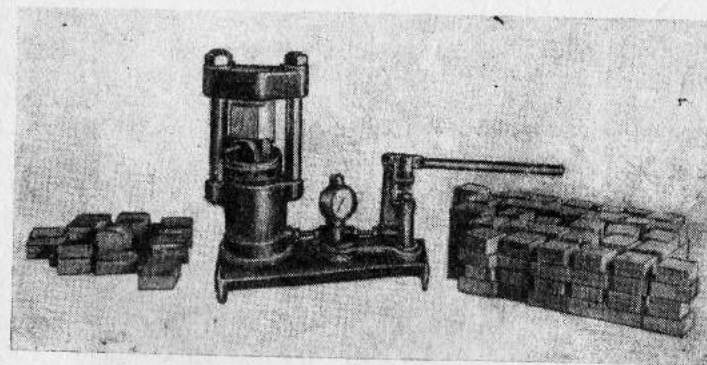


Рис. 108. Испытание образцов на скалывание.

из контрольных деталей, закладываемых в пресс одновременно с изготавливаемыми деталями для судна. Контрольные детали имеют такие же размеры толщин досок и усового соединения,

как и клеенные детали корпуса судна. Если склеиваются длинномерные доски обшивки или настила палубы, или какие-либо другие длинные детали — контрольные детали могут представлять обрезки досок.

Образцы для использования прочности усовых соединений могут вырезаться непосредственно из припуска детали по ее ширине. В этом случае вырезают три образца: два с концов и один в середине длины замка и испытывают их на скалывание. Если размеры припуска позволяют, то вырезают образец для испытания клеевого слоя на растяжение.

Может быть также допущено вырезание заготовки образца для испытания прочности усового соединения непосредственно из усового соединения клееной детали. При этом взамен вырезанного участка детали вклеивается на ус соответствующая заделка. Такой способ проверки качества склеивания соединения следует считать менее удачным, так как даже при весьма тщательной постановке заделки деталь будет иметь некоторое ослабление.

§ 57. Технические условия на определение качеств клеенных деталей

Все клеенные детали и их соединения должны подвергаться наружному осмотру, в соответствии с техническими условиями, разработанными проектными организациями.

При осмотре клеенных деталей и соединений особое внимание следует сосредоточить на выявлении непрочных, утолщенных клеевых швов и других дефектов, в значительной степени влияющих на прочность отдельных клеевых соединений и конструкции.

В технических условиях должны быть указаны пределы прочности клеевых соединений на скалывание и на разрыв, отвечающие пределам прочности древесины на скалывание и на разрыв, установленным в зависимости от применяемых породы и сортности древесины.

Контроль качества слойчатых деталей. В слойчатых деталях, предназначенных для мелких судов, допускаются местные, рассредоточенные непрочные, общей суммарной длиной в одном шве не более 250 мм, на участке не менее 2500 мм, толщиной до 1 мм, глубиной не свыше 20 мм.

В слойчатых деталях, предназначенных для крупных судов, допускаются местные, рассредоточенные непрочные, общей суммарной длиной в одном шве не более 750 мм, на участке не менее 5000 мм, толщиной до 1,5 мм, глубиной не свыше 30 мм.

В участках деталей, где действуют наибольшие скалывающие напряжения, допускаются в два раза меньшие непрочные. Расстояние между непрочными участками должно быть не менее четырехкратной их длины. К числу непрочных условно относятся также толстый клеевой шов.

Для проверки качества склейки, клеенные бруссы должны иметь припуски для изготовления из них образцов или при склеивании бруссов должны быть заложены контрольные образцы.

Число образцов, взятых или заложённых в различных местах пакета, должно быть не менее двух.

Склеивание считается удовлетворительным, если испытание проведено согласно требованиям, изложенным в § 29.

Контроль качества усовых соединений. Качество склейки усовых соединений в таких деталях, как: монолитные бруссы кильсонов, кони, копани, доски наружной обшивки и т. д., проверяется испытанием на растяжение контрольных образцов, вырезанных из склеенных на ус контрольных досок, закладываемых в прессе одновременно со склеиваемой партией и в тех местах пресса, где запрессовываются усовые соединения деталей.

Число образцов для каждой партии, закладываемой в пресс, должно быть не менее двух и может быть увеличено по требованию представителя Регистра.

Качество склейки оценивается по характеру разрушения образцов и считается удовлетворительным, если площадь разрушения по древесине составит не менее 75% от общей площади усового соединения.

При неудовлетворительных результатах испытания контрольных образцов, производится дополнительное испытание 2—3 контрольных образцов, взятых непосредственно от любых склеенных на ус досок (бруссов). В случае если даже один из образцов покажет неудовлетворительные результаты, производится испытание удвоенного количества контрольных образцов. Если повторные испытания контрольных образцов дадут отрицательные результаты, вся склеенная на ус партия деталей бракуется.

Непрочные в усовых соединениях не допускаются.

Вместо закладывания контрольных досок, склеиваемых на ус, допускается вырезание заготовок, для изготовления контрольных образцов, непосредственно из припуска самой клееной детали.

При испытании усовых соединений из фанеры напряжение должно быть не менее 70 кг/см² или разрушение должно произойти только по фанере, но не по клеевому слою.

Требования по выполнению замковых соединений. Все слойчатые продольные связи, обеспечивающие продольную прочность судна: кильсоны, кони, продольные бруссы ферм, скуловые и привальные бруссы и др., рекомендуется, по возможности, изготовлять цельноклееными без замковых соединений.

Если по технологическим, производственным или конструктивным соображениям в таких связях явится целесообразным введение не обычных замков на металлических средствах крепления, а клеенных замков, то должны быть соблюдены следующие требования:

а) конструкция замков должна обеспечить равнопрочность их с цельноклееными сечениями связей, работающих на растяжение,

сжатие или изгиб, или, во всяком случае, их достаточную, по произведенным расчетам, прочность;

б) плоскости замков, перед нанесением клея, должны быть особо тщательно проверены линейкой вдоль, поперек и по диагонали на полной их длине.

Зазоры проверяются шупом и не должны быть больше 0,05 мм. Подгонка плоскостей склеивания, после их наложения, проверяется просвечиванием;

в) одновременно со склейкой должны быть заложены контрольные образцы (модели замков), из которых должны быть изготовлены образцы для испытания на растяжение. Контрольные образцы (не менее 3) вырезаются с концов замка и в середине его длины;

г) если по ширине склеиваемого бруса имеются достаточные припуски, следует производить испытания на растяжение образцов, изготовленных непосредственно из припусков.

При недостаточном припуске по ширине и больших поперечных сечениях продольных связей, допускается для изготовления образцов использовать деловую часть замка с последующей заделкой вырезанной части. Этот метод испытания следует применять в том случае, когда остальные методы не могут считаться достаточно достоверными;

д) при очень большой длине основных продольных связей набора осложняется их монтаж и в этом случае может быть допущено склеивание замков при сборке судна на стапеле. При этом должны быть выполнены все указания в отношении режима и техники склеивания.

Качество склейки в ответственных, в отношении прочности, замках следует проверять способом, указанным в § 56.

Направление годовых слоев в смежных досках должно, как правило, чередоваться во избежание коробления сечения.

В условиях хорошо организованного процесса производства и уверенности в качестве клея и технологии склеивания, следует считать возможным производить рассмотренные испытания для определенного процента готовых деталей, установленного по согласованию с Регистром. Отбор деталей для взятия контрольных образцов и сами испытания производятся при наблюдении представителя Регистра.

§ 58. Обработка, хранение, транспортировка и монтаж клееных деталей

Механической обработке клееные детали подвергаются лишь после определенных сроков выдержки.

Последовательность обработки для каждой из деталей набора принимается из условий обеспечения рационального технологического процесса ее изготовления.

Обработка клееных деталей набора после завершения процесса склеивания производится на станках, электрорубанками или вручную и сводится к следующему:

а) все детали оторцовываются;

б) клееные криволинейные брусья продольных ферм обрабатываются по обоим поверхностям, образованным кромками досок путем обтески кромок досок или лишь по некоторой части поверхности в местах прилегания других деталей набора, например: накладок, подкосов и прочее; обработку криволинейных клееных деталей набора удобнее производить электрорубанками;

в) клееные нагесные шпангоуты обрабатываются по наружным кромкам, прилегающим к обшивке; обработка внутренней кромки шпангоутов производится в том случае, если шпангоуты набираются из досок, не обработанных заранее по лекальным кривым, или когда внутренняя кромка шпангоута получается неровной;

г) штевни после склеивания имеют прямоугольное сечение. Обработка их сводится к выборке шпунтов, производимой на специальных станках путем применения специальных приспособлений, или вручную по соответствующим шаблонам;

д) многослойные брусья копаней, бимсов обрабатываются или по всей поверхности кромок досок, или только в местах прилегания других деталей набора, в зависимости от точности размеров досок по ширине;

е) доски обшивки обрабатываются в районе клееного усового соединения или по всей их длине, в зависимости от точности сборки деталей при склеивании и от требований, предъявляемых к тщательности обработки досок при сборке обшивки;

ж) обработка прочих деталей набора производится в зависимости от конфигурации деталей и требований к тщательности их обработки;

з) антисептирование и защита от огня клееных деталей должна производиться в соответствии с указаниями действующих инструкций.

В целях предохранения клееных конструкций от резкого воздействия атмосферных условий, в первоначальный период после изготовления, их надлежит хранить в закрытых помещениях или под навесами. Клееные изделия хранятся в специальных стеллажах или в штабелях, с постановкой прокладок между деталями. Криволинейные детали необходимо укладывать так, чтобы они не могли изменить приданную им форму под влиянием упругости древесины или сил веса (рис. 109).

В помещениях, специально проектируемых для изготовления клееных деталей, должно быть предусмотрено соответствующее оборудование для подъема деталей и пути для их перевозки на тележках от участка склейки к участку обработки и затем к месту хранения клееных деталей.

В том случае, когда для изготовления клееных деталей используется помещение, не приспособленное специально для работ по склеиванию, технологический процесс должен быть разработан так, чтобы готовые клееные детали были удобно расположены для транспортировки их на стапель.

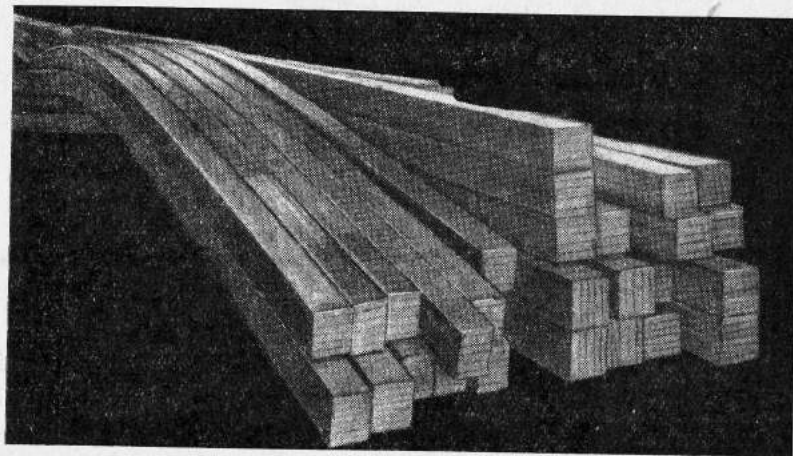


Рис. 109. Хранение клееных деталей перед сборкой.

Стапели необходимо оборудовать кранами или другими средствами, грузоподъемностью достаточной для подъема клееных деталей.

На участках движения клееных деталей к стапелю, где отсутствуют рельсовые пути, детали должны перемещаться по каткам. Систематическая переноска деталей не разрешается.

Клееные детали набора с деталями неклееными соединяются при помощи механических средств крепления, например, шиповых шпонок или других средств, обеспечивающих надежное соединение деталей. Например, соединение криволинейного натесного клееного и прямолинейного брусьев кильсонов экспериментальной баржи-площадки, построенной в 1949 г., производилось на шиповых шпонках.

Клееные брусья набора, не подлежащие немедленному соединению с другими деталями корпуса, надлежит, после установки на место, раскреплять временными монтажными связями.

ГЛАВА 12

СКЛЕИВАНИЕ СКОРЛУПНЫХ СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

§ 59. Изготовление скорлуп

Скорлупные конструкции изготовляют путем склеивания тонких полос и листов шпона. Благодаря этому методу получают конструкции любой кривизны и формы, которые трудно, а иногда и нельзя изготовить из сплошных деревянных заготовок. Для склеивания применяют смоляные клеи, главным образом, фенольные.

Так как слой шпона проклеивают многократно, то конструкции являются вполне водонепроницаемыми; отсутствие швов в обшивке корпуса полностью устраняет водотечность. Корпус имеет высокие механические свойства и малый вес, что позволяет их широко использовать в речном судостроении.

Трудоемкость изготовления скорлупных корпусов меньше, чем трудоемкость изготовления корпусов с наборной обшивкой и производственный цикл их сборки в два-три раза короче обычного. Скорлупным методом изготовляют шлюпки различного назначения, специальные палубные надстройки и др.

Изготовление скорлупных конструкций производят по следующей схеме:

- 1) подготовка (выкраивание) полос шпона;
- 2) намазывание клея на полосы шпона;
- 3) набор полос шпона на шаблоне (на болване);
- 4) запрессовка и подогрев набора;
- 5) распрессовка и снятие готовой скорлупной конструкции с болвана.

Скорлупные конструкции целесообразно производить при массовом их изготовлении, так как при этом значительно удешевляется производство и сокращаются первоначальные капитальные затраты, приходящиеся на единицу изделия.

Шпон набирают на шаблоне или на болване, представляющем собою деревянную модель, контур которой должен точно соответствовать внутренним обводам выклеиваемой конструкции. Болван изготовляют из сосновых досок влажностью до 10%. При-

менение более влажной древесины вызывает коробление и растрескивание болвана.

При изготовлении болванов необходимо учитывать намеченный способ выклейки. В случае гвоздевой запрессовки болван может быть изготовлен легким.

При использовании же метода гидравлической или пневматической запрессовки, болван должен выдерживать значительное давление, до нескольких десятков тонн, поэтому его конструкция должна быть достаточно прочной.

Для обеспечения высокой прочности болван изнутри может быть залит цементным раствором или битумом. Наружную поверхность болвана тщательно и чисто обрабатывают по контурам выклеиваемой конструкции. После строгания и обработки поверхность болвана зачищают, шпаклюют и покрывают составом, препятствующим прилипанию первого слоя скорлупы к поверхности болвана. В качестве такого покрытия могут быть использованы нитроклей, и в частности клей АК-20, так как смоляные клеи не пристаю к нитропокрытиям. Для этих же целей поверхность болвана можно покрывать слоем парафина или перхлорвиниловым лаком.

Изготовление скорлупной конструкции начинают с подготовки шпона. Обычно для этих целей берут сухой шпон влажностью не более 12% и толщиной 0,5—1,5 мм. Листы шпона нарезают на полосы, ширина которых колеблется от 50 до 200 мм, в зависимости от формы и радиуса кривизны выклеиваемой скорлупы. Если длина полос шпона меньше, чем это необходимо, то их склеивают между собой внахлестку, после чего в местах соединений шпон зачищают для устранения утолщения. Длина нахлестки должна быть не менее 15—20-кратной толщины шпона.

Заготовленные полосы шпона обрабатывают на фрезерном станке в зажимных моделях, профиль которых должен соответствовать выкройкам, изготовленным заранее по каждому листу шаблона. Во избежание путаницы, каждую полосу шпона метят номером выкройки, которая соответствует определенному месту на шаблоне.

Для первого и последнего слоев шпона выбирают полосы без трещин и других дефектов, в середину же допускают шпон с трещинами, которые хотя не уменьшают прочность конструкции, но ухудшают ее внешний вид.

Размеченные полосы шпона накладывают на болван и закрепляют в нижней его части при помощи резинового шнура (амортизационной резины), прижимающего концы шпона к болвану. Затем верхнюю поверхность шпона покрывают слоем клея и укладывают второй слой полос шпона, идущих под углом $90 \pm 5^\circ$ по отношению к предыдущему слою, дальше так же укладывают третий слой и т. д.

Полосы шпона накладывают от середины болвана по его обе стороны в соответствии с местами по выкройке. При укладывании

полосы прикатывают к нижележащим слоям с помощью металлических роликов, стараясь полностью удалить воздух, оставшийся между слоями.

Все полосы шпона, за исключением последнего наружного слоя, накладывают не впритык, а с зазорами в 2—3% от ширины полос шпона для устранения набегания полос одна на другую при разбухании шпона под влиянием клея.

Намазку клея на полосы шпона производят кистями, но лучше применять механизированные способы нанесения клея при помощи вальцов или щеток, связанных с ваннами, в которые наливают клей (см. рис. 8). В некоторых случаях применяют дву-

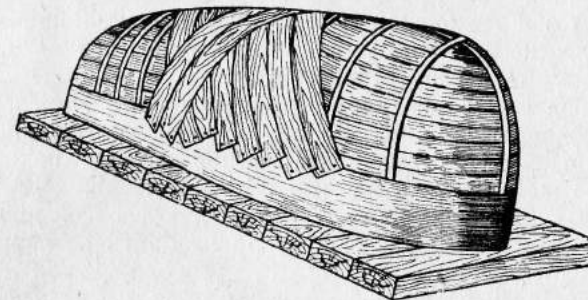


Рис. 110. Укладка шпона на болван.

стороннюю намазку шпона клеем, тогда промежуточный слой шпона не намазывают.

Полосы шпона кладут на предыдущий слой таким образом, чтобы щели между нижними полосами перекрывались верхними полосами.

Продолжительность сборки всей скорлупной конструкции не должна превышать 40—60 минут. Если конструкция имеет соответствующий набор (например, киль и шпангоут у шлюпки), то его заранее изготавливают путем выклеивания из реек и помещают в пазы, сделанные в теле болвана. Уложенные детали подгоняются заподлицо с поверхностью болвана, затем вся поверхность намазывается клеем. Первый слой обшивки из полос шпона в таком случае приклеивают к набору, лежащему в пазах каркаса. На рис. 110 показан болван с подогнанными шпангоутами и двумя частично уложенными слоями шпона.

В зависимости от назначения выклеиваемой конструкции, ее выполняют из различного количества слоев шпона; например, для шлюпок применяют от 5 до 8 слоев. Расход клея составляет от 400 до 600 г/м² при вязкости клея 25—60° по вискозиметру № 36.

После окончания сборки скорлупной конструкции ее подвергают запрессовке. В простейшем случае запрессовку производят

гвоздями. Для этой цели применяют гвозди размером $1,5 \times 30$ мм, $1,4 \times 20$ мм, $1,6 \times 25$ мм и 1×15 мм.

Степень запрессовки гвоздями определяют, исходя из данных, приведенных в § 16.

Рекомендуемые для запрессовки гвозди создают давление от 5 до 10 кг на каждый гвоздь (при забивании в сосну). Практически шаг между гвоздями принимают не более 50 мм. Перед забивкой на гвозди надевают фанерные шайбы размером 30×30 мм, обеспечивающие давление на большую площадь. Гвозди забивают от вершины шаблона равномерно по обе его стороны. Так как забивание гвоздей представляет собою трудоемкую операцию, то должно быть сокращено время намазки клея с тем, чтобы обе эти операции (намазка клея и забивка гвоздей) продолжались не более 60 минут, в противном случае клей схватится еще до конца запрессовки.

Запрессованная описанным образом скорлупа, после забивки гвоздей должна выдерживаться при температуре не ниже 16° не менее 6—8 часов. Практика изготовления скорлуп показала, что лучше даже выдерживать не менее 10—12 часов.

После выдержки приступают к удалению гвоздей при помощи гвоздедера. Эту операцию следует производить осторожно, чтобы не повредить шпон.

Выклеенную скорлупу зачищают, устраняют замеченные дефекты и осторожно снимают с болвана.

Выклеенные скорлупы подсушивают на воздухе или в камерных сушилках, до влажности 10—15%.

Ручной способ выклейки из шпона с применением гвоздевой запрессовки очень прост и из оборудования требует лишь применения дешевого легкого болвана. Поэтому этим способом предпочитают пользоваться в небольших производствах при изготовлении мелких спортивных шляпок.

Вместе с тем гвоздевой способ трудоемок, создает неравномерное распределение давления, требует значительного расхода гвоздей, и вызывает довольно быстрый износ болвана, которого хватает на 12—20 скорлуп.

В некоторых производствах вместо гвоздей применяли специальные резиновые пояса, натяжением которых создавали давление на набранный шпон. Для более равномерного распределения давления сначала на набранный шпон накладывали специальные сулаги, имеющие внутреннюю поверхность, отвечающую профилю скорлупы. Поверх сулаг натягивали резиновые пояса. Натяжение, создаваемое резиновыми поясами, создавало примерно такое же давление, как и в случае гвоздевой запрессовки.

Хотя в данном случае устранялись отверстия от гвоздей, но способ был более сложен, резиновые пояса стоили довольно дорого, быстро изнашивались и поэтому способ создания давления при помощи резины применения не получил.

§ 60. Механизированные способы изготовления скорлуп

В крупных судостроительных предприятиях предпочитают применять более совершенные, хотя и более дорогие по первоначальным капитальным затратам, механизированные способы изготовления скорлупных конструкций.

В настоящее время применяют следующие механизированные виды склеивания, схематически указанные на рис. 111. Простей-

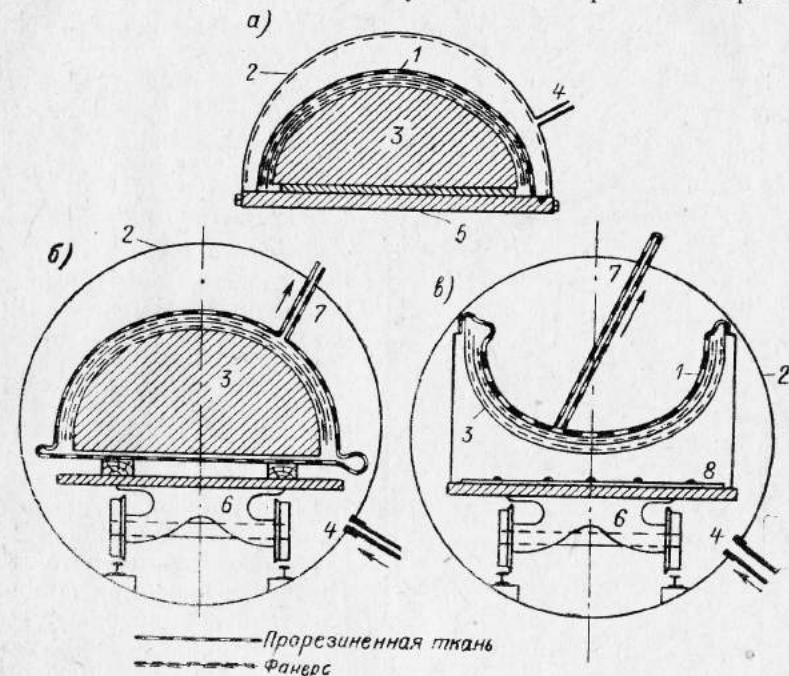


Рис. 111. Механизированные способы запрессовки.

ший способ схематически изображен на рис. 111, а. Как видно из рисунка, на деревянный болван 3 (иногда болван изготавливается из бетона или из металла) набираются полосы шпона, промазанные клеем, как это было описано ранее. Запрессовка осуществляется не при помощи гвоздей, а при помощи резинового полотна (прорезиненная ткань) 1, которым обтягивают набор шпона.

Резиновое полотнище или резиновый мешок закрепляют в нижней части и накрывают сверху стальной оболочкой 2, которая плотно закрепляется к фундаменту 5. Через отверстие 4 в оболочке внутрь впускают воду, пар или воздух под давлением, при помощи которых и осуществляется запрессовка.

На схеме рис. 111, б показано такое же устройство, но только вместо стальной оболочки применен котел-автоклав 2.

Болван 3 с набранным шпоном закрывается резиновым мешком 1, снабженным отводом 7, через который выкачивается воздух из пространства между мешком и набором шпона. Благодаря этому резиновый мешок плотно прилегает к поверхности шпона. Болван

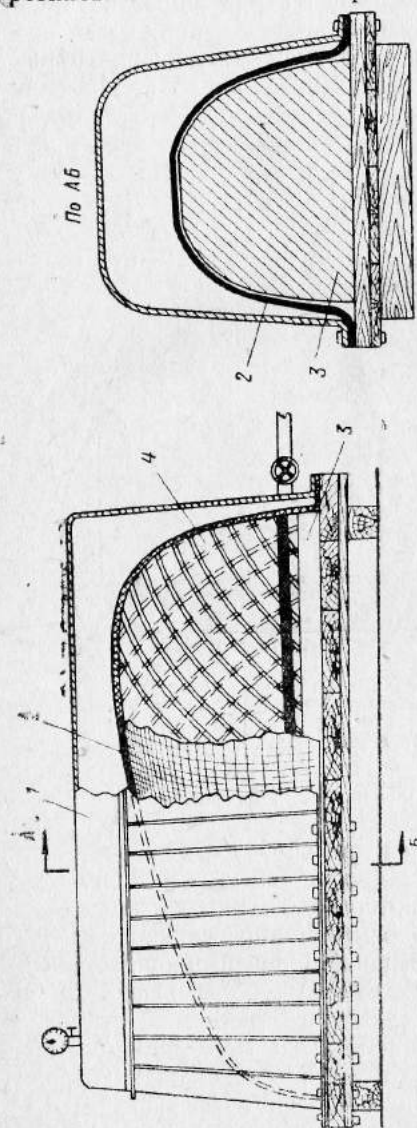


Рис. 112. Запрессовка скорлупной шлюпки.

с набором вкатывается в котел-автоклав при помощи вагонетки 6. В котел, через патрубок 4, подается под давлением вода, пар или сжатый воздух.

На схеме рис. 111, в показан обратный метод прессования набора шпона в котле-автоклаве. Болван или, как его еще называют, негативный шаблон 3 большей частью изготовляют из стальных листов, собранных на поперечных рамах 8. Все устройство покоится на вагонетке 6, которая вкатывается и выкатывается из котла. Собранный в цехе набор шпона снимают с болвана, помещают внутрь негативного шаблона, закрывают резиновым полотнищем 1 и вкатывают в котел-автоклав. Из под резины, при помощи патрубка 7, выкачивают воздух, заставляя резину плотно прилегать к набору шпона.

Затем внутри котла-автоклава создают давление путем впуска воды, пара или воздуха через штуцер 4.

В судостроении предпочитают пользоваться способом с гидравлической запрессовкой. Для этой цели применяют устройство, приведенное схематически на рис. 112, показывающем метод запрессовки скорлупной шлюпки.

Шаблон 3 со склеенными на нем полосами шпона 4 закрывают резиновым мешком или прорезиненной тканью 2, после чего закрывают металлическим колпаком 1. Края резины 2 оттягивают таким образом, чтобы они

были прижаты к основанию фланцами колпака. После этого откачивают воздух из под резиновой рубашки и заполняют пространство внутри колпака водой, создавая давление в 2,5—4 кг/см². Выдержка под давлением не меньше 2,5 часов, а температура воды 50—70° С.

После распрессовки корпус снимается с болвана и производится окончательная обработка шлюпки: установка балок, рыбин, щитов и т. д.

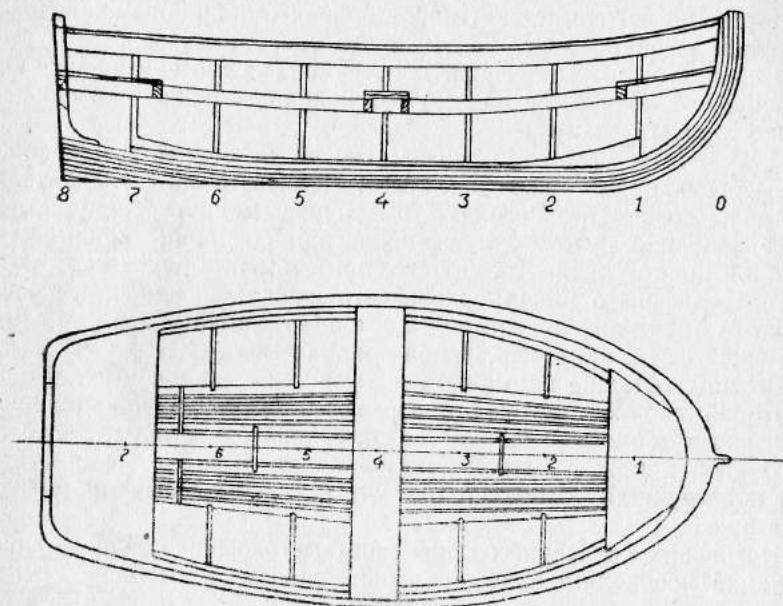


Рис. 113. Тузик из шпона.

В связи с тем, что излишки клея при опрессовке могут попадать в вырезы болвана и приклеивать к нему шпангоуты и киль, снять отформованный корпус шлюпки трудно. Для этой цели рекомендуется обшить болван латуной и оборудовать его выталкивающим устройством.

На рис. 113 представлен тузик длиной в 2,5 метра, выклеенный из шпона.

Нагревание выклеиваемой скорлупы можно производить при помощи контактных электронагревательных элементов. Для этой цели электронагревательные элементы размещают по поверхности скорлупы с одной или с обеих сторон. В случае применения сулаг нагревательные элементы размещают между склеиваемой деталью и сулагой.

При использовании в качестве прессующей среды воды, применяют подогрев последней при помощи пара, который пропу-

скают по змеевикам, находящимся внутри металлического колпака или же путем непосредственного пуска в воду острого пара через дырчатый барботер. Однако выпуск острого пара следует производить осторожно во избежание пережогов склеиваемой конструкции и несчастных случаев.

После полного отверждения клея воду из автоклава спускают, поднимают металлический колпак, снимают резиновую рубашку и с шаблона удаляют готовую скорлупную конструкцию. Вместо металлического колпака можно пользоваться котлом-автоклавом, в который на вагонетке вкатывают болван с набранным шпоном, закрытым резиновым мешком, как это указано ранее.

В случае, если выклеенная конструкция после снятия с шаблона будет влажной, ее подвергают дополнительной просушке в потоке горячего воздуха.

Для речного флота интересен способ применения медленно полимеризующихся клеев с малыми количествами отвердителя или даже совсем без него. В этом случае можно сборку вести более медленно, что имеет значение при создании какой-либо сложной конструкции. Кроме того, при этом не получается отходов затвердевшего или высоковязкого клея в клеенках, так как смола без отвердителя остается постоянно жидкой. Для этой цели может быть, например, использована смола С-1.

Возможно также пользоваться не жидким клеем, а сухой бакелитовой пленкой, которую разрезают на листы и прокладывают между полосами шпона. Такой способ более прост, не имеет отходов и может быть использован при выклейке ряда судовых конструкций, особенно различных специальных палубных надстроек.

Нагревание склеенных описанным методом скорлупных конструкций необходимо вести более интенсивно, повышая температуру до 100—130° и выше, так как при более низких температурах отверждение смолы проходит медленно. Для этой цели может быть использован высокочастотный нагрев.

После изготовления скорлупную конструкцию зачищают с поверхности. Эту операцию производят в крупных производствах при помощи электрических или пневматических инструментов, а в мелких производствах вручную при помощи наждачной бумаги или цикли.

При зачистке удаляют наплывы клея и вздутия, которые затем заделывают. Для этой цели кромки шпона вокруг удаленного вздутия зачищают на ус, на место дефекта наклеивают куски свежего шпона и запрессовывают при помощи гвоздей с фанерными шайбами, как это было описано ранее. Для упора под дефектное место, с обратной стороны, подкладывают профилированную бобышку. Расхождения полос шпона шириною до 3 мм, заполненные клеем, не заделывают.

Для ускорения склеивания можно подогревать ремонтируемые участки, применяя рефлекторные нагреватели или контактные

электронагреватели (утюги). Подогревание ведут до покраснения клея, в случае применения клея ВИАМ Б-3, или до появления розово-коричневого цвета при использовании клея КБ-3.

После заделки дефектов отремонтированные места зачищают.

Пониженная прочность клеевого соединения может получиться вследствие долгой выдержки набора без дачи давления, так как при этом клей отверждается без проникновения в толщу древесины и в толстом слое. Поэтому необходимо строго следить за тем, чтобы время набора полос шпона на болване не превышало времени, установленного технологическим регламентом.

ФАНЕРА И ДРЕВЕСНЫЕ ПЛАСТИКИ

§ 61. Изготовление и свойства фанеры

Фанера изготавливается из элементарных слоев древесины путем склеивания их различными клеями. Обычно склеивание слоев древесины производится таким образом, чтобы у соседних слоев направление волокон было взаимно перпендикулярно, благодаря чему лист фанеры приобретает значительную прочность, что обеспечивает применение фанеры в речном-судостроении для изготовления надстроек на судах крупного габарита и изготовление обшивок и деталей набора мелких судов.

Широкое применение фанеры в судостроении объясняется ее высокой однородностью, большой механической прочностью, выгодной формой и большими размерами, а также сравнительной дешевизной.

В технике склеенная фанера часто называется переклейкой или фанерой-переклейкой, а собственно фанерой называются тонкие листы древесины, отделенные от массивной заготовки при помощи пиления или строгания. Пиленая фанера представляет собою листы древесины толщиной в 1—2 мм. Строганая фанера (ножевая) имеет толщину 0,6—1,0 мм. Последняя изготавливается по ГОСТ 2977-49.

Основным назначением пиленой и строганой фанеры является облицовка деревянных изделий. Поэтому эта фанера изготавливается из ценных пород дерева: из ореха, ясеня, дуба, красного дерева и др.

Основная масса фанеры представляет собою фанеру-переклейку, которая изготавливается путем склеивания тонких листов древесины. Эти листы называются шпоном.

Шпон представляет собою тонкий лист древесины, отделенный от предварительно размягченной пропариванием или провариванием древесной болванки, путем лущения последней на специальных станках (рис. 114). При этом бесконечный лист шпона снимается по спирали с вращающейся на станке заготовки.

Толщина шпона колеблется от 0,3 до 1,5 мм. Шпон, применяемый для технических целей, обычно изготавливается из березы и реже из сосны, ольхи или других пород.

Шпон высокого качества вырабатывают из березы в соответствии с ГОСТ 99-41. По указанному ГОСТ шпон изготавливают толщиной: 0,40; 0,55; 0,70; 0,96; 1,15; 1,5 мм. Размеры листов шпона: по длине 1000 мм и более с промежутком в 50 мм; по ширине 230 мм и другими кратными этой величине размерами.

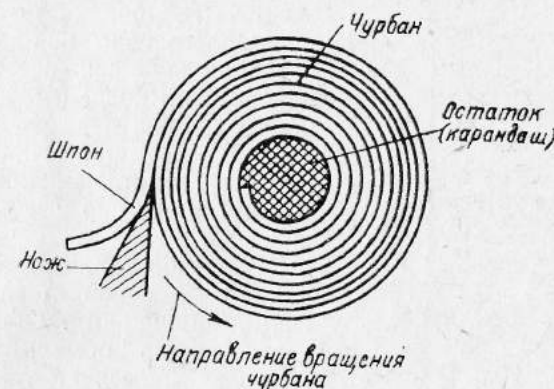


Рис. 114. Получение шпона.

Предел прочности шпона при растяжении вдоль волокон должен быть не менее 850; 900; 950 кг/см² при толщине шпона 0,40; 0,5—0,9 и 1,1—1,5 мм., соответственно.

Фанеру различают:

- 1) по породе древесины — березовую, ольховую, сосновую и т. д.;
- 2) по роду клея — белковую (альбуминовую или казеиновую), бакелитовую, бакелизованную;
- 3) по толщине слоев — равнослойную и неравнослойную;
- 4) по числу слоев — трех-, четырех-, пятислойную и т. д.

В зависимости от исходной древесины, от толщины шпона, от рода клея находится вес фанеры. В среднем объемный вес (г/см³) составляет:

для березовой фанеры	0,690
для ольховой	0,550
для сосновой	0,575

В зависимости от способа клейки и клеящего материала различают следующие виды фанеры:

- а) склеенная белковыми клеями сухим горячим способом;
- б) склеенная белковыми клеями сырым горячим способом;
- в) склеенная бакелитовой пленкой;
- г) склеенная бакелитовой (феноло-формальдегидной) смолой.

В качестве белковых клеев применяют альбуминовые и казеиновые клеи. Склеивание фанеры производят в специальных гидравлических прессах этажного типа (рис. 115). На плиты пресса, расположенные этажами, укладывают пакеты, собранные из листов шпона, поверхность которого покрыта соответствующим клеем.

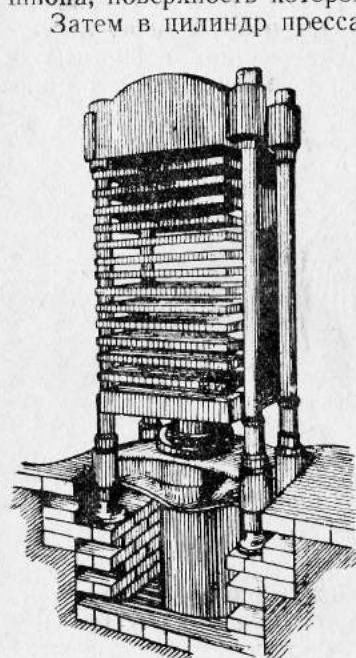


Рис. 115. Гидравлический пресс для склеивания фанеры.

Затем в цилиндр пресса подается вода под давлением, плунжер пресса выходит из цилиндра вверх, сжимает плиты пресса и заложенные между этими плитами пакеты шпона. Верхняя часть пресса (головка или траверза) соединяется с нижней станиной при помощи колонн или металлических листов.

В плитах пресса просверлены каналы, по которым для нагревания пускается пар и для охлаждения вода.

Мощные этажные прессы снабжаются несколькими гидравлическими цилиндрами. Общая мощность пресса обычно равняется нескольким тысячам тонн.

Склеивание в прессах фанеры белковыми клеями производится при подогреве до 130°C с последующим охлаждением. Удельное давление при прессовании равняется $15\text{--}25$ килограммам на 1 см^2 площади прессуемой фанерной доски.

При склеивании сухим горячим способом шпон предварительно высушивается до $6\text{--}8\%$ влажности. При сыром способе фанеру склеивают из сырого шпона, вследствие чего готовая фанера имеет влажность до 30% и требует дальнейшей просушки. Эта фанера обладает малой атмосферной стойкостью и для применения в речном судостроении не может быть рекомендована. Фанера, склеенная горячим способом, имеет влажность до 15% и обладает более высокими свойствами, но также мало пригодна для работы в воде и при повышенной влажности.

Для изготовления бакелитовой фанеры применяют бакелитовые смолы или пленочный бакелитовый клей, которым в сухом виде перекладывают листы шпона и прессуют полученные пакеты при температуре $140\text{--}150^{\circ}$ и при удельном давлении в $20\text{--}30\text{ кг/см}^2$. Влажность прессуемого шпона не должна превышать 8% .

Пленочный клей готовят путем пропитывания тонкой сульфатной бумаги спиртовым раствором бакелитовой смолы.

Вес 1 м^2 клеевой пленки равняется $60\text{--}80$ граммам при содержании смолы не менее 75% .

Наиболее водостойкая фанера получается путем проклеивания шпона растворами бакелитовой (феноло-формальдегидной) смолы с последующим горячим прессованием. Для этой цели применяют смолы горячей клейки марок С-1; СБС-1; СКС-1; СКС-2; ФК-40 и др.

Бакелитовая фанера изготавливается под названием: фанера березовая и поставляется по ГОСТ 102-49 и ГОСТ 3916-47 (марка ФСВ) ¹.

Фанера березовая (по ГОСТ 102-49) изготавливается в виде листов толщиной $1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 12,0$ мм.

Ширина листов 800 мм и более, через каждые 50 мм и длиной (вдоль волокон рубашки) 1000 мм и более, через каждые 50 мм. Допускаются отклонения от указанных размеров по ширине и по длине листа $+20$ мм и -10 мм и по толщине листа от $\pm 0,15$ до $\pm 0,5$ мм в зависимости от толщины фанеры.

Механические свойства березовой фанеры указаны в табл. 29.

Таблица 29

Механические свойства березовой фанеры

Толщина мм	Предел прочности при растяже- нии кг/см^2	Минимальное сопротивление на скалывание по склейке кг/см^2			
		Смоляные клеи		Белковые клеи	
		в сухом состоянии	после кипя- чения в те- чение 1 часа	в сухом состоянии	после кипя- чения в те- чение 1 часа
1	650	—	16	—	8
1,5	650	18	16	15	8
2,4	650	18	14	15	7
5,0	650	22	14	15	7
6,0	600	22	14	17	7
8—12,0	550	27	14	27	7

Кроме того, изготавливаются плиты березовые, поставляемые по ГОСТ 1357-41.

Плиты изготавливаются толщиной $15, 18, 20, 24$ и 29 мм. Длина и ширина плит предусматриваются при заказе. Для изготовления плит применяют березовый шпон толщиной $0,76\text{--}1,5$ мм. В качестве клея применяют смолу С-1.

Эти плиты по техническим условиям должны обладать пределом прочности при сжатии вдоль волокон, — не менее 400 кг/см^2 .

Предел прочности при скалывании, после увлажнения, не менее 22 кг/см^2 .

¹ Фанера марки ФБ изготавливается на белковых клеях.

Бакелизированная фанера поставляется по ГОСТ 1853-51 и представляет собой листы, изготовленные из нечетного числа слоев березового шпона, склеенного горячим прессованием.

Наружные слои листа пропитываются спирторастворимыми смолами, а внутренние намазываются спирторастворимыми или водорастворимыми смолами. Эта фанера изготавливается в листах размером от 1500×1200 до 7700×1500 , толщиной 5, 7, 10, 12, 14 и 16 мм.

В зависимости от применяемого клея бакелизированная фанера подразделяется на:

- а) фанеру марки БФС, у которой рубашки пропитываются, а серединки намазываются спирторастворимыми смолами;
- б) фанеру марки БФВ, у которой рубашки намазываются водорастворимыми смолами, фанера этой марки на ус не склеивается.

Кроме перечисленных сортов фанеры еще имеются некоторые специальные марки фанеры. Например, промышленностью изготавливается фанера, облицованная дубом (венированная), которая применяется для отделки жилых кают, салонов и для изготовления мебели. Вместо отделки дубом могут быть использованы и другие ценные, красивые породы древесины (палисандр, орех и др.).

Известны также следующие сорта фанеры:

- 1) Армированная фанера, представляющая собою фанеру, внутри слоев которой впрессована металлическая сетка.
- 2) Бронированная фанера, в которой один или оба наружных слоя изготовлены из металла.

Оба указанных сорта фанеры обладают сравнительной легкостью и одновременно высокими механическими свойствами.

3) Металлизированная фанера, которая с наружной стороны покрыта металлом при помощи распыления его специальными пистолетами.

4) Гофрированная фанера, листы ее не плоские, а имеют гофрированную поверхность. Для изготовления этого сорта фанеры применяют соответствующие гофрированные плиты пресса.

Указанные сорта фанеры (армированные и др.) могут быть изготовлены по специальному заказу.

Может быть также изготовлен специальный сорт легкой фанеры, обладающей объемным весом до 0,6. Этот тип фанеры рекомендуется применять для изготовления палуб. Для легкой фанеры также применяются фенольные клеи, но технологический режим ее изготовления несколько отличается от общепринятого. Один из образцов этой фанеры имел следующие механические показатели: предел прочности при растяжении $440-480 \text{ кг/см}^2$; модуль упругости при растяжении $0,7-0,9 \times 10^5$; предел прочности при скалывании 23 кг/см^2 .

§ 62. Изготовление и свойства древесных слоистых пластиков

К фанере близки древесные слоистые пластики (пластифицированная древесина или лигнофоль), которые сокращенно называют ДСП. Они изготавливаются по такому же технологическому процессу, как и фанера, но с применением более высокого удельного давления при прессовании, а иногда и более высоких температур. Содержание смоляного клея в древесных пластиках выше, чем в фанере.

В результате этого процесса получается материал с большим удельным весом, более прочный и более водостойкий. Для склеивания слоев шпона в древесных слоистых пластиках применяются только смоляные клеи.

В фанере, как правило, соседние листы шпона расположены взаимно перпендикулярно, крестообразно. В древесных же слоистых пластиках расположение соседних листов шпона может быть различным. В зависимости от указанного расположения соседних листов различают различные марки древесных слоистых пластиков.

Промышленностью изготавливаются следующие марки ДСП:

ДСП А — все слои параллельны между собой, т. е. древесные волокна во всех листах шпона расположены в одном направлении,

ДСП Б — десять-двадцать листов шпона параллельны, но каждый одиннадцатый или двадцать первый лист положен перпендикулярно к основному набору. Этот тип ДСП носит название дельта-древесина.

ДСП В — расположение листов шпона перекрестное, как в обыкновенной фанере.

ДСП Г — соседние листы шпона расположены по отношению друг к другу под углом от 30° до 60° со смещением на этот угол в каждом последующем слое, т. е. расположение листов звездообразное.

В противоположность фанере ДСП большей частью изготавливаются не в виде листов, а в виде толстых досок или плит, толщиной до 50 мм. Вырезанные из досок ДСП планки применяются в качестве конструкционного материала.

Изготавливать ДСП в виде более толстых плит не рекомендуется, так как такого рода плиты требуют очень длительной выпечки в прессе, причем в середине плиты клей может остаться недостаточно выпеченным (полимеризованным).

Для изготовления ДСП применяется только березовый шпон, причем пластик из более тонкого шпона (0,5 мм) при прочих равных условиях обладает более высокими физико-механическими свойствами. Изготовление ДСП производится следующим образом: шпон с влажностью не выше 8%, пропитывается растворами фенолоальдегидных (бакелитовых) смол марок СБС-1

или СКС-1. После этого листы шпона высушиваются в камерных или в конвейерных сушилках.

Сумма показателей влажности и содержания летучих веществ в сухом шпоне не должна превышать 6%.

Пропитанный и высушенный шпон подается на сборку пакетов. В каждом пакете укладывается определенное количество шпона в зависимости от толщины шпона и от желаемой толщины доски ДСП.

Набор шпона в пакеты производится в зависимости от марки, которую желают изготовить, т. е. при наборе марки А все листы шпона укладывают параллельно, при наборе марки В каждый лист шпона кладут по направлению волокон перпендикулярно по отношению к предыдущему и т. д.

Собранные пакеты загружаются по этажам пресса и последний сжимается путем поднятия плунжера. Сначала дается давление 10—30 кг/см² и температуру плит пресса медленно повышают до 100°, путем пропускания пара по внутренним каналам плит. Подъем температуры плит до 100° производят в течение 25—30 минут.

После этого давление медленно повышают до 150—175 кг/см² и увеличивают температуру до 150—160°.

После достижения в плитах пресса температуры в 150° ведут отсчет выдержки пакетов под давлением, исходя из толщины прессуемой доски. После пресс охлаждают, сначала путем перекрытия пара, а затем путем пропускания внутрь плит холодной воды. После достижения плитами пресса температуры 40—50° давление снимают и производят разгрузку отпрессованных досок ДСП. Отпрессованные доски имеют очень неровные края вследствие некоторого расползания листов шпона при прессовании. Поэтому края досок опиливают на циркульных пилах по всем четырем кромкам. После этого доски ДСП отгружают потребителям.

Физико-механические свойства ДСП различных марок приведены в табл. 30.

Готовые доски или плиты ДСП для применения в судостроении разрезают на заготовки, которые затем обрабатывают на деревообрабатывающих или на металлообрабатывающих станках.

Режимы обработки древесных пластиков приведены в табл. 31 и 32.

Из различных марок ДСП, приведенных в таблице, марка Г применяется главным образом для изготовления бесшумных шестерен для насосов и других механизмов.

Остальные марки ДСП в речном судостроении применяются как конструкционный материал и в качестве антифрикционного материала для дейдвудных втулок винтовых судов, а также для бортовых и обносных подшипников и колесных втулок колесных судов.

До последнего времени для этой цели применялись древесина импортного бакаута, привозимого из-за границы, и различные сплавы цветных металлов и баббита. Однако последние при работе в воде требовали подачи специальной смазки, при этом происходила коррозия валов и т. д. Древесные слоистые пластики оказались прекрасным антифрикционным материалом, хорошо работающим в воде при отсутствии другой смазки.

В настоящее время в Московско-Окском бассейне более 50 пассажирских катеров-трамваев плавают с дейдвудными втулками с набором из ДСП.

При правильном монтаже износ за навигацию 4000—5000 часов работы таких втулок составляет не более 1,0 мм при хорошем состоянии шеек валов.

Колесные втулки из ДСП работают значительно лучше, чем бронза, баббит, сталь или чугун.

Бугели эксцентров гребных колес также с успехом изготавливаются из ДСП.

Таблица 30

Физико-механические свойства древесно-слоистых пластиков

Наименование показателей	Нормы показателей					
	с параллельным располз. шпона	ДСП-В		ДСП-В		ДСП-Г
		короткие	длинные	короткие	длинные	
Предел прочности при растяжении вдоль волокон в кг/см ² не менее	2800	2600	2200	1400	1100	—
Предел прочности при сжатии вдоль волокон при влажности 5% в кг/см ² не менее	1700	1600	1550	1200	1100	1200
Предел прочности при скалывании по плоскости склейки в кг/см ² не менее	150	140	120	130	120	130
Предел прочности при статическом изгибе в кг/см ² не менее	2800	2800	2600	1800	1500	1000
Предел прочности при ударном изгибе в кг/см ² не менее	80	80	70	30	30	20
Объемный вес не менее	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Влажность в процентах не более	7	7	7	7	7	7
Водопоглощение за 24 часа в процентах не более	5	5	5	5	5	5

Примечание. Обязательным для всех марок и сортов ДПС является определение предела прочности при сжатии и скалывании, объемного веса, влажности и водопоглощения. Остальные показатели определяются по согласованию с потребителем.

или СКС-1. После этого листы шпона высушиваются в камерных или в конвейерных сушилках.

Сумма показателей влажности и содержания летучих веществ в сухом шпоне не должна превышать 6%.

Пропитанный и высушенный шпон подается на сборку пакетов. В каждом пакете укладывается определенное количество шпона в зависимости от толщины шпона и от желаемой толщины доски ДСП.

Набор шпона в пакеты производится в зависимости от марки, которую желают изготовить, т. е. при наборе марки А все листы шпона укладывают параллельно, при наборе марки В каждый лист шпона кладут по направлению волокон перпендикулярно по отношению к предыдущему и т. д.

Собранные пакеты загружаются по этажам пресса и последний сжимается путем поднятия плунжера. Сначала дается давление 10—30 кг/см² и температуру плит пресса медленно повышают до 100°, путем пропускания пара по внутренним каналам плит. Подъем температуры плит до 100° производят в течение 25—30 минут.

После этого давление медленно повышают до 150—175 кг/см² и увеличивают температуру до 150—160°.

После достижения в плитах пресса температуры в 150° ведут отсчет выдержки пакетов под давлением, исходя из толщины прессуемой доски. После пресс охлаждают, сначала путем перекрытия пара, а затем путем пропускания внутрь плит холодной воды. После достижения плитами пресса температуры 40—50° давление снимают и производят разгрузку отпрессованных досок ДСП. Отпрессованные доски имеют очень неровные края вследствие некоторого расползания листов шпона при прессовании. Поэтому края досок опиливают на циркульных пилах по всем четырем кромкам. После этого доски ДСП отгружают потребителям.

Физико-механические свойства ДСП различных марок приведены в табл. 30.

Готовые доски или плиты ДСП для применения в судостроении разрезают на заготовки, которые затем обрабатывают на деревообрабочных или на металлообрабатывающих станках.

Режимы обработки древесных пластиков приведены в табл. 31 и 32.

Из различных марок ДСП, приведенных в таблице, марка Г применяется главным образом для изготовления бесшумных шестерен для насосов и других механизмов.

Остальные марки ДСП в речном судостроении применяются как конструкционный материал и в качестве антифрикционного материала для дейдвудных втулок винтовых судов, а также для бортовых и обносных подшипников и колесных втулок колесных судов.

До последнего времени для этой цели применялись древесина импортного бакаута, привозимого из-за границы, и различные сплавы цветных металлов и баббита. Однако последние при работе в воде требовали подачи специальной смазки, при этом происходила коррозия валов и т. д. Древесные слоистые пластики оказались прекрасным антифрикционным материалом, хорошо работающим в воде при отсутствии другой смазки.

В настоящее время в Московско-Окском бассейне более 50 пассажирских катеров-трамваев плавают с дейдвудными втулками с набором из ДСП.

При правильном монтаже износ за навигацию 4000—5000 часов работы таких втулок составляет не более 1,0 мм при хорошем состоянии шеек валов.

Колесные втулки из ДСП работают значительно лучше, чем бронза, баббит, сталь или чугун.

Бугели эксцентриксов гребных колес также с успехом изготавливаются из ДСП.

Таблица 30

Физико-механические свойства древесно-слоистых пластиков

Наименование показателей	Нормы показателей					
	спаралель- ным распо- лож. шпона	ДСП-В		ДСП-В		ДСП-Г
		корот- кие	длинные	корот- кие	длинные	
Предел прочности при растяже- нии вдоль волокон в кг/см ² не менее	2800	2600	2200	1400	1100	—
Предел прочности при сжатии вдоль волокон при влажности 5% в кг/см ² не менее	1700	1600	1550	1200	1100	1200
Предел прочности при скалыва- нии по плоскости склейки в кг/см ² не менее	150	140	120	130	120	130
Предел прочности при статиче- ском изгибе в кг/см ² не менее	2800	2800	2600	1800	1500	1000
Предел прочности при ударном изгибе в кг/см ² не менее	80	80	70	30	30	20
Объемный вес не менее	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Влажность в процентах не более	7	7	7	7	7	7
Водопоглощение за 24 часа в процентах не более	5	5	5	5	5	5

Примечание. Обязательным для всех марок и сортов ДПС является определение предела прочности при сжатии и скалывании, объемного веса, влажности и водопоглощения. Остальные показатели определяются по согласованию с потребителем.

Режимы механической обработки слоистых пластиков на металлообрабатывающих станках

Вид обработки	Режим обработки		Геометрия инструмента			Наименование инструмента и материала	Дополнительные данные
	скорость резания м/мин	подача мм/об	задний угол	угол заострения	передний угол	угол резания	
Токарная обработка	50—120	0,15—0,50	10—15	65—80	0—10	80—90	Резец из быстрорежущей стали Резец с пластиной из твердого сплава То же
То же	100—300	0,30—0,75	12—20	40—60	0—30	60—90	
"	300—400	0,10—0,15	20—26	34—58	12—30	60—78	
Фрезерование	40—60	0,20—0,80	10—15	65—78	8—10	80—90	
То же	60—120	0,50—1,00	10—15	65—78	8—10	80—90	Для чистовой обработки литнофолья. Угол наклона спиралей равен 15°
"	80—120	0,30—0,50	10—15	65—78	8—10	80—90	Фреза из твердых сплавов или хромированная

Режим механической обработки слоистых пластиков на деревообрабатывающих станках

Вид обработки	Режим обработки		Геометрия инструмента			Материал и наименование инструмента	Дополнительные характеристики
	скорость резания м/мин	подача мм/об	задний угол	угол заострения	передний угол	угол резания	
Фрезерование	1100—1900	0,2—1,5	15—25	55—60	10—15	78—80	Цилиндрические фрезы из углеродистой стали Фрезы из стали Х12 и ХВ5 Фрезы с пластинами из победита
То же	1100—1900	0,2—2,5	15—20	55—60	10—15	78—80	
"	1100—1900	0,6—2,5	10	65—70	10—15	75—80	
Распиливание	2500—3000	Ручная 1,0—3,0 т. е. от 3 до 10 м/мин	25—30	55—65	0—10	80—90	Высота зуба 6—10 мм, развод 0,3—0,4 мм на сторону
То же	900—1500	Ручная	25—30	60—65	0—10	80—90	Рекомендуемая скорость подачи от 1 до 8 м/мин.

Древесные слоистые пластики обладают низким коэффициентом трения (до 0,002) и высокой износостойкостью.

Однако при монтаже вкладышей из ДСП необходимо соблюдать некоторые условия, обеспечивающие их правильную работу.

Именно ДСП обладает наибольшей износоустойчивостью при работе на торцев, т. е. волокна ДСП должны быть обращены к трущейся поверхности вала, а слои должны находиться параллельно оси вала. Брусочки ДСП в воде довольно значительно разбухают и увеличивают свои размеры, лишь в торцовом направлении они не разбухают. Следовательно, при указанном размещении вкладышей на торцев, они в этом направлении не будут разбухать и поэтому зазор между валом и подшипниками не будет изменяться. При размещении же брусочков ДСП плашмя происходит сильное разбухание их, вследствие чего может произойти зажатие вала в подшипнике. При разбухании брусочки ДСП развивают значительное давление, которое воспринимается корпусом подшипника.

В таблице 33 приведены минимальные зазоры в подшипниках с ДСП.

Таблица 33

Зазоры в подшипниках		Бугеля гребного колеса и эксцентрика	
Диаметр шейки вала мм	Зазоры мм	Дейдвудной втулки	
		по диаметру	боковой
До 75	0,45	—	—
76—100	0,50	0,15	0,10
101—125	0,55	0,18	0,10
126—150	0,65	0,18	0,10
151—175	0,70	0,20	0,12
176—200	0,75	0,20	0,12
201—225	0,85	0,25	0,15

Вкладыши ДСП обычно набирают в сухом состоянии; при нахождении в воде они разбухают и плотно устанавливаются в теле подшипника. Подгонка вкладышей к телу подшипника должна быть выполнена тщательно во избежание растрескивания ДСП при эксплуатации. ДСП марок Б, В и Г поставляются по ГОСТ 5704-51. ДСП-Б и В изготавливаются в плитах размером: шириной 900—1200 и длиной 750—1500 мм (короткие плиты) и 2300—5700 мм (длинные плиты).

ГЛАВА 14

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КЛЕЕНОЙ СУДОВОЙ МЕБЕЛИ

При изготовлении судовой мебели использование гнутоклеевых деталей позволяет значительно упростить и удешевить производство.

Как известно, современная рациональная конструкция судовой мебели требует применения деталей изогнутого профиля. Изготовление последних из заготовок путем механической обработки требует значительного расхода древесины, увеличивает трудоемкость отдельных операций и уменьшает прочность мебели вследствие необходимости применения деталей с перерезанными слоями.

Применение гнутоклеевых мебельных деталей устраняет указанные недостатки. Кроме того, одновременно со склеиванием можно производить фанерование заготовок ценными отделочными породами древесины, что в конечном итоге также ведет к снижению себестоимости мебели.

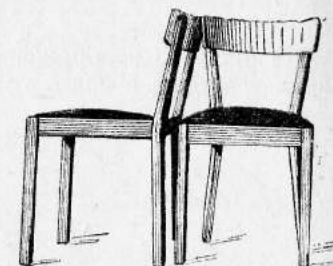


Рис. 116. Гнутоклееный стул.

Например, гнутоклееный стул (рис. 116) изготавливается следующим образом: спинка стула состоит из четырех пластин толщиной около 5 мм, склеенных при изгибе по радиусу 550 мм; спинка стула крепится к задним клееным ножкам при помощи шурупов; обвязка (царга) сидения состоит из согнутой и клееной дуги и переднего слегка выпуклого бруска; прямые передние ножки стула соединены с этим бруском и с концами дуги на прямой шип; задние ножки с дугой скреплены болтами. М. Д. Сахаров в своей работе «Гнутье древесины с одновременным склеиванием» описывает два варианта изготовления задних ножек стула путем выклеивания их из трех пластин (рис. 117). По первому варианту средняя пластина имеет параллельные пласти, а

по второму варианту пласти образуют двусторонний клин. Первый вариант изготовления ножек более прост и может быть рекомендован для производства.

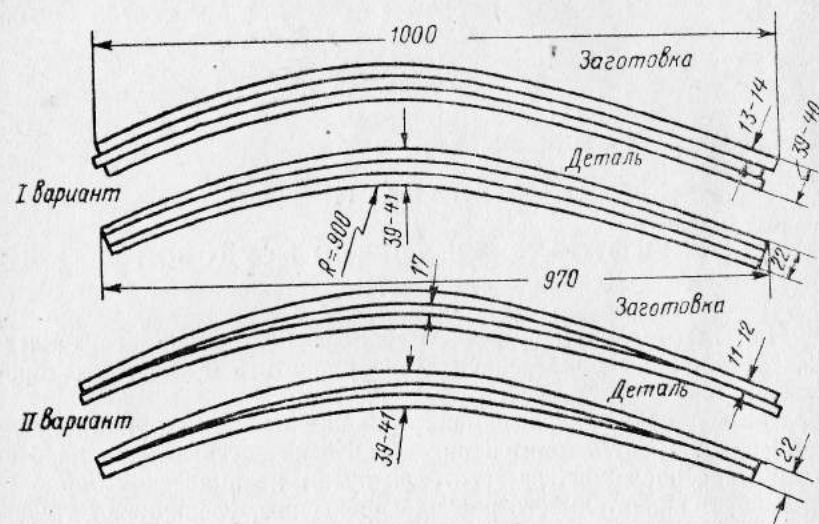


Рис. 117. Изготовление ножек стула.

На рис. 118 изображены образцы гнутоклееной мягкой мебели для салонов и кают-компаний.

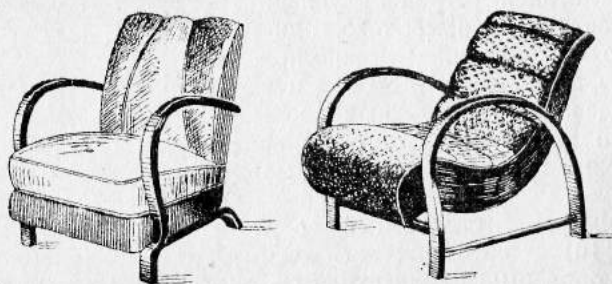


Рис. 118. Гнутоклееная мягкая мебель.

На рис. 119 изображена конструкция письменного стола, разработанная Центральным научно-исследовательским институтом механической обработки древесины (ЦНИИМОД). Ящики этого письменного стола изготовлены клееным способом и представляют собою скорлупную конструкцию. Изготавливаются они на болванках путем набора шпона, промазанного клеем с последующей опрессовкой полученного набора. В готовом изделии как передняя, так и задняя стороны ящиков являются лицевыми.

Технология склеивания деталей судовой мебели не отличается от общепринятой технологии, описанной нами в соответствующих разделах данной книги.

Чтобы отметить разнообразие и разнохарактерность приемов, при помощи которых можно решать задачи создания деталей ме-

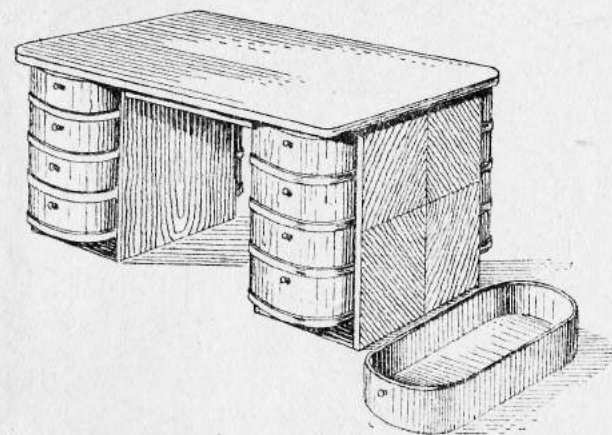


Рис. 119. Письменный стол с гнутоклееными ящиками.

бели с помощью использования процессов гнутья и склеивания, ниже приводится пример изготовления царги стола различными способами. Схемы изготовления царги (обвязки) крышки круглого стола диаметром 860 мм, толщиной 32 мм и шириной 100 мм приведены на рис. 120 (по данным инж. М. Д. Сахарова).

Указанные схемы предусматривают 11 вариантов выполнения:

1. Четыре сосновые пластины толщиной по 8 мм, изогнутые и склеенные с продольным расположением волокон.
2. 24 листа березового шпона толщиной по 1,32 мм, изогнутые и склеенные с продольным расположением волокон.
3. Четыре сосновые пластины, из них три внутренние толщиной по 7 мм с продольным расположением волокон и одна наружная, толщиной 11 мм с поперечным расположением волокон.
4. Четыре сосновые пластины, из них две наружные толщиной по 5 мм с продольным расположением волокон и две внутренние с поперечным расположением волокон.
5. Две наружные сосновые пластины толщиной по 5 мм, с продольным расположением волокон, между которыми расположены поперечные брусья трапецевидного сечения толщиной 22 мм.
6. То же, что и 5-й тип, но с зазорами между поперечными брусками.
7. То же, но с наружными пластинами из буковой строганой фанеры толщиной по 1,5 мм.

8. Две наружные сосновые продольные пластины со средним сосновым продольным бруском, снабженным поперечными пропилами.

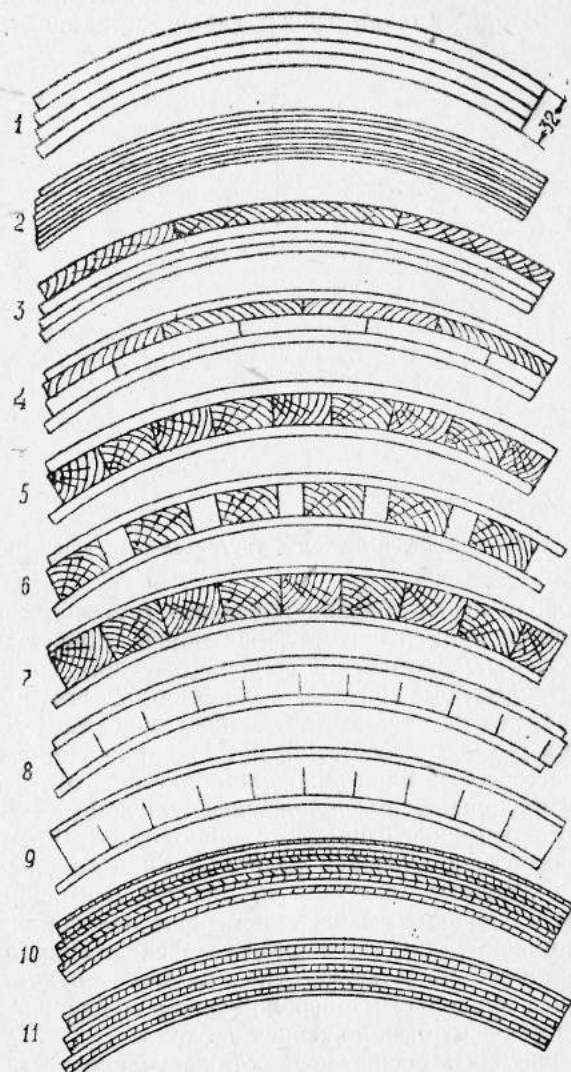


Рис. 120. Схема изготовления обвязки крышки круглого стола.

9. То же, но с наружными пластинами из буковой фанеры.

10. Восемь полос из сосновой клееной фанеры с поперечным расположением волокон наружных рубашек.

11. То же, но с продольным расположением волокон.

Технико-экономическая эффективность производства клееных деталей мебели основывается на значительно меньшем расходе древесины и меньшей трудоемкости. В табл. 34 приводятся основные затраты на изготовление выпильных гнутоклееных задних ножек стульев:

Таблица 34

Затраты на изготовление ножек стула (на один стул)

Показатели	Выпильные ножки	Клееные ножки
Расход пиломатериалов в м ³	0,008	0,004
Трудоемкость в минутах	42,32	42,26
Расход клея в кг	—	0,030

Таким образом, расход древесины на клееные ножки стульев в два раза ниже, чем при изготовлении их путем выпилки.

Затраты времени на обработку клееных деталей ниже затрат на выпильные детали. Дополнительные затраты на подготовку и склейку пластин компенсируются устранением затрат на трудоемкие операции по разметке и криволинейной выпилке деталей.

ГЛАВА 15

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С КЛЕЯМИ

При изготовлении различных клееных конструкций работающим приходится входить в самое тесное соприкосновение как с клеями, так и их составными частями, вследствие чего химические вещества, входящие в состав клея, могут действовать на организм человека.

Химически вредные вещества могут действовать непосредственно при соприкосновении или же находясь в воздухе в виде паров и мелкой пыли.

Из всех типов клеев наиболее сильно действующими на организм человека являются смоляные фенольные клеи, главным образом, вследствие наличия в них свободного фенола. Последний причисляется к классу веществ, вызывающих отравление живых организмов. Фенол особенно сильно действует на низшие организмы, вследствие чего применяется в качестве дезинфицирующего вещества. Как дезинфектор фенол применяется в чистом виде или как технический продукт, известный под названием карболовая кислота.

Однако вредность фенола не следует преувеличивать, так как его препараты во многих случаях применяются в качестве лекарств (салола, салициловая кислота, аспирин, ксероформ и др.).

Фенол может действовать в виде паров или же при соприкосновении незащищенных рук с клеевыми растворами. Предельное, безвредное для здоровья, содержание свободного фенола в воздухе рабочих помещений допускается не более 0,005 мг/л.

Как уже указывалось ранее, из всех фенольных клеев наибольшее содержание свободного фенола имеет клей типа ВИАМ Б-3. Поэтому при работе с этим клеем надо особенно тщательно соблюдать меры техники безопасности.

Следует отметить, что не на всех людей фенол действует одинаково. Некоторые организмы особенно восприимчивы к фенолу, другие же почти его не ощущают. Наиболее часто фенол вызывает раздражение кожи и слизистых оболочек (дерматозы), выражающееся в покраснении и в появлении сыпи и мелких язв на

коже рук и на лице. При перемене условий работы дерматоз проходит бесследно, но может опять возобновиться при последующем соприкосновении с фенолсодержащими материалами. Вдыхание паров фенола вызывает расстройство пищеварения, головные боли, потливость и общую слабость.

Другие составные части смоляных фенольных клеев сравнительно мало действуют на организм человека. Следует лишь отметить, что керосиновый контакт представляет собою кислый раствор, поэтому следует избегать его соприкосновения с кожей рук, а также с одеждой.

Ацетон вызывает обезжиривание кожи рук, поэтому длительное соприкосновение с ним также не рекомендуется. Ацетон является сильно горючей жидкостью, а пары его, находясь в известных соотношениях с воздухом, при наличии открытого огня могут взрываться. Поэтому при работах с ацетоном, а также со спиртом, должны строго соблюдаться меры противопожарной безопасности. При принятии внутрь ацетон может вызвать сильнейшее отравление организма.

Смоляные клеи других типов (резорциновые, карбамидные и др.) менее действуют на работающих с ними. Хотя резорцин также, в химическом отношении, принадлежит к классу фенолов, но он менее вреден. В карбамидных клеях на людей может действовать свободный формальдегид, вызывая раздражение слизистых оболочек.

В производствах, потребляющих большое количество клея, должна быть организована самостоятельная клеезаготовительная мастерская, отделенная от других производственных помещений.

В клеезаготовительной мастерской должна быть устроена общая приточно-вытяжная вентиляция.

Клеемешалки, ванны для мытья посуды, столы для приготовления клея и шкафы для хранения посуды должны иметь местный бортовой отсос, обеспечивающий полное удаление паров фенола и других веществ. Отсос паров должен осуществляться именно сбоку или снизу, а не сверху, так как пары фенола и растворителей тяжелее воздуха и поэтому стремятся опускаться вниз.

Пол мастерской рекомендуется изготовлять из керамических (метлахских) плиток, обеспечивающих хорошую уборку и чистоту в помещении.

Выдачу клея на производство следует производить через специальные окна, прорезанные в переборках.

Участки, где производится склеивание деревянных конструкций, также должны быть снабжены общей приточно-вытяжной вентиляцией с местными отсосами от рабочих мест. Отсосы также рекомендуется делать по возможности сбоку или снизу.

На рабочих местах, где производится зачистка обшивки от подтеков клея, рекомендуется устанавливать специальные пылесосы.

Склеенные детали обрабатываются на станках, снабженных приемниками пыли и с работающей эксгаустерной установкой.

Полы в помещениях для склейки изготавливаются из материала, позволяющего производить уборку мокрым способом; лучше для этой цели применять метлахские плитки.

Для защиты от действия клея рабочим, в зависимости от рода выполняемой работы, выдаются: комбинезоны из плотной ткани, фартуки из листовой резины или из прорезиненной ткани, на рукавники, косынки на голову (для женщин) и очки для предохранения глаз от брызг клея, а также резиновые перчатки.

Спецодежда по окончании работы хранится в специальных шкафах отдельно от личной одежды рабочих.

Рекомендуется чисто вымытые руки смазывать вазелином, пастой «Хиот» или другими нейтральными веществами, смягчающими кожу и предохраняющими ее от приставания клеевых веществ.

К работам со смоляными клеями допускаются лица, прошедшие медицинский осмотр и инструктаж по технике безопасности и личной гигиене.

Все работающие со смоляными клеями подвергаются периодическим медицинским осмотрам. При обнаружении дерматоза рабочий должен направляться к врачу для решения вопроса об освобождении от работы, связанной с клеями.

При работе с менее вредными белковыми и в частности с казеиновыми клеями необходимо лишь иметь в виду, что порошкообразные клеи марок В-105 и В-107 содержат в своем составе щелочные вещества. Поэтому при соприкосновении клея с кожей рук может произойти разъедание кожи и образование трещин, вследствие чего при длительном соприкосновении с растворами казеиновых клеев следует работать в перчатках. Для предохранения одежды от действия клея работу следует вести в комбинезонах или надевать фартуки из прорезиненной ткани.

При введении в клей специальных антисептиков необходимо соблюдать дополнительные правила, предусмотренные специальными инструкциями по работе с этими веществами.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Андреев Н. В., Колужный В. Г. и др. Неметаллические материалы, их обработка и применение. Оборонгиз, 1949 г.
- Бердинских И. П. Клей и склеивание. Машгиз, 1952 г.
- Бердинских И. П. и Кузнецов М. А. Производство деревянных самолетов. Оборонгиз, 1945 г.
- Быковский В. Н. и Соколовский Б. С. Деревянные клееные конструкции. Машстройиздат, 1949 г.
- Губенко А. Б. Клееные конструкции из досок. Стройиздат, 1949 г.
- Дерягин Б. В. и Кротова Н. А., Адгезия. АН СССР, 1949 г.
- Ермаш Л. Л., Иванов И. Н. и Нейман П. З. Клееная древесина в катеростроении. Судпромгиз, 1950 г.
- Кобеко П. П., Аморфные вещества. АН СССР, 1952 г.
- Козловский А. Л. Синтетические клеи. Гизместпром, 1947 г.
- Петров В. А. Технология постройки деревянных судов. Судпромгиз, 1952 г.
- Сахаров М. Д., Гнутые древесины с одновременным склеиванием. Гослесбумиздат, 1949 г.
- Смирнов А. В., Фанерное производство. Гослесбумиздат, 1949 г.
- Успасский П. П. Древесина и ее обработка. Оборонгиз, 1946 г.
- Успасский П. П. Изготовление деталей из неметаллических материалов, Оборонгиз, 1946 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Введение	5
Глава 1. Пиломатериал	
§ 1. Пиломатериал, применяемый при изготовлении клееных деталей	7
§ 2. Заготовка пиломатериала	9
§ 3. Сушка пиломатериала	11
§ 4. Обработка пиломатериала	13
Глава 2. Клеи, применяемые для склеивания древесины	
§ 5. Выбор клея для склеивания деревянных конструкций	16
§ 6. Теория склеивания древесины	26
§ 7. Белковые клеи	31
§ 8. Смоляные клеи	37
Глава 3. Условия и режимы склеивания древесины	
§ 9. Оборудование клеевой мастерской	48
§ 10. Температура и влажность воздуха	50
§ 11. Процессы склеивания древесины	53
§ 12. Изготовление слоистых деревянных балок	57
§ 13. Основные данные по склеиванию деревянных судовых конструкций	60
Глава 4. Запрессовка склеиваемых деталей	
§ 14. Различные типы запрессовок	63
§ 15. Расчет мощности прессов	67
§ 16. Создание давления при помощи шурупов и гвоздей	69
Глава 5. Ускорение процесса склеивания деталей	
§ 17. Подогрев паром и электричеством	71
§ 18. Нагревание в поле токов высокой частоты	77
Глава 6. Контроль качества клеев	
§ 19. Определение вязкости капиллярным вискозиметром	82
§ 20. Определение вязкости вискозиметром № 36	83
§ 21. Определение константы вискозиметра № 36	85
§ 22. Определение вязкости воронкой НИЛК	86
§ 23. Определение вязкости воронкой (вискозиметром) ВЗ-4	87
§ 24. Определение вязкости шариком	88
§ 25. Определение жизнеспособности смоляных клеев	89
§ 26. Определение внешнего вида смоляных клеев	—
§ 27. Определение кислотного числа керосинового контакта	—
§ 28. Экспрессный метод определения типа клеев	91

Глава 7. Методы испытания прочности клеевых соединений

§ 29. Испытание клеевого соединения древесины холодного склеивания	92
§ 30. Испытание выклеек из шпона	94

Глава 8. Основы проектирования и расчета клееных судовых конструкций

§ 31. Характеристики механических свойств клея	96
§ 32. Прочность клеевых соединений при работе на скалывание	98
§ 33. Прочность клеевых соединений при работе на отрыв	99
§ 34. Прочность стыковых усовых соединений	101
§ 35. Прочность стыковых соединений на накладках	103
§ 36. Прочность угловых соединений	105
§ 37. Конструирование многослойных клееных деталей набора	109

Глава 9. Клееные конструкции самоходных судов и их изготовление

§ 38. Форштевни, кили, ахтерштевни и дейдвуды	114
§ 39. Привальные и скуловые бруссы	121
§ 40. Днищевые стрингеры, подпалубные балки, флоры и рамные шпангоуты	122
§ 41. Шпангоуты и бимсы	127
§ 42. Поперечные переборки и транцы	132
§ 43. Обшивка и настил палуб	136
§ 44. Ходовые рубки	142
§ 45. Детали рангоута	144

Глава 10. Клееные детали корпуса несамоходных судов и их изготовление

§ 46. Применение склеивания при постройке несамоходных судов	146
§ 47. Особенности применения склеивания в крупном деревянном судостроении	147
§ 48. Кильсоны, кони и другие прямолинейные детали продольного набора	150
§ 49. Криволинейные бруссы кильсонов и бархоута	154
§ 50. Бимсы	157
§ 51. Копани	160
§ 52. Наружная обшивка и настил палубы	162
§ 53. Шпангоуты	165
§ 54. Форштевни	167

Глава 11. Дефекты клеевых деталей и технические условия на определение их качества

§ 55. Дефекты клеевых судовых конструкций, причины их возникновения и способы предотвращения	169
§ 56. Контроль качества клеевых деталей	177
§ 57. Технические условия на определение качества клеевых деталей	180
§ 58. Обработка, хранение, транспортировка и монтаж клеевых деталей	182

Глава 12. Склеивание скорлупных судовых конструкций

§ 59. Изготовление скорлуп	185
§ 60. Механизированные способы изготовления скорлуп	189

Глава 13. Фанера и древесные пластики

§ 61. Изготовление и свойства фанеры	194
§ 62. Изготовление и свойства древесных слоистых пластиков	199

Глава 14. Изготовление клееной судовой мебели

Глава 15. Техника безопасности при работе с клеями

Использованная литература	213
-------------------------------------	-----