

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

**В.М. Вдовин, В.Н. Карпов**

**ПОЛНОСБОРНЫЙ ДЕРЕВЯННЫЙ ДОМ  
ИЗ КРУПНЫХ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ПАНЕЛЕЙ**

Пенза 2015

УДК 69.05:728:674(035.3)

ББК 38.7:38.55

В25

Рецензенты: генеральный директор ООО «Технострой-проект», кандидат технических наук, профессор В.С. Абрашитов;  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции» Б.В. Миряев (ПГУАС)

**Вдовин В.М.**

В25 Полносорборный деревянный дом из крупных индустриальных панелей: моногр. / В.М. Вдовин, В.Н. Карпов. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 148 с.  
**ISBN 978-5-9282-1326-8**

Рассмотрены вопросы современного состояния деревянного домостроения в отечественном и зарубежном строительстве, показаны основные преимущества полносорборного домостроения из крупных индустриальных панелей, даются рекомендации по проектированию, расчету и изготовлению панельных конструкций, состоящих из деревянного каркаса и двух обшивочных элементов из древесно-плитных материалов и указаны пути совершенствования этих конструкций с учетом оптимизации.

Описаны конструктивные и архитектурные возможности индустриального домостроения на основе предлагаемой Номенклатуры унифицированных панельных конструкций из древесины и древесно-стружечных плит.

Предназначена для специалистов, занимающихся вопросами проектирования, расчета и строительства индустриальных полносорборных деревянных домов, а также может быть полезна студентам (бакалаврам и магистрам), обучающимся по направлению 08.03.01 и 08.04.01 «Строительство»

**ISBN 978-5-9282-1326-8**

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2015

© Вдовин В.М., Карпов В.Н., 2015

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Деревянное малоэтажное домостроение вносит существенный вклад в разрешение жилищной проблемы в нашей стране. Если раньше малоэтажное строительство велось преимущественно на селе или в районных населенных пунктах, то последние годы показали острую необходимость его осуществления как в больших, так и в малых городах.

Отечественный и зарубежный опыт жилищного строительства свидетельствует, что наиболее перспективной является застройка полносборными домами полной заводской готовности. Этим условиям в первую очередь удовлетворяют крупнопанельные деревянные дома, технология возведения которых может быть поставлена на непрерывный поток с относительно малыми затратами на изготовление, транспортировку и монтаж.

Учитывая сравнительно недостаточный отечественный опыт производства панельных деревянных домов в 70-х – 80-х годах в нашей стране были построены комбинаты по производству полносборных домов на базе зарубежных технологических линий. Панельные конструкции одного из этих комбинатов (р.п. Чаадаевка Пензенской области) были подвергнуты всесторонним исследованиям. На протяжении 15 лет проводились натурные испытания кратковременными и длительными нагрузками всех конструктивных элементов дома (панели стен, перекрытий, крыши), велись систематические наблюдения за состоянием дома при различных климатических воздействиях и микроклимате помещений, а также проводились регулярные обследования целых поселков, застроенных домами из этих конструкций.

Результаты указанных экспериментально-теоретических исследований и натурных испытаний легли в основу настоящей монографии. Издание будет способствовать повышению качества и надежности, а также улучшению технологичности, снижению стоимости и трудоемкости изготовления полносборных деревянных домов и их конструктивных элементов, производство которых должно расширяться и в перспективе должно превратиться в отдельную отрасль промышленности, как это имеет место в таких странах, как Швеция, Финляндия, Германия, Канада, США и др.

## ВВЕДЕНИЕ

За последние годы в области строительной индустрии и решения жилищной проблемы в нашей стране все большее внимание уделяется деревянному домостроению. Такая тенденция вполне объяснима, хотя бы по следующим мотивам:

Во-первых, дерево является самым «здоровым» материалом для строительства дома. Древесина как строительный материал обеспечивает человеку максимальный физический комфорт, поскольку, как в народе говорят «древесина дышит», т.е. обменивается влагой с окружающей средой, обладает высокой теплоемкостью, позволяющей экономить значительные средства при обогреве помещений.

Во-вторых, в XXI веке в жилищном строительстве предпочтение будет отдано строительству (и восстановлению) домов из вторичного и доступного сырья. В наибольшей степени этому требованию отвечает деревянное домостроение.

В-третьих, архиважным фактором является то, что на долю России приходится почти четверть мирового лесного запаса, что делает древесину одним из самых доступных строительных материалов. Кроме того, несмотря на огромные лесные запасы (около 82 млрд. м<sup>3</sup>) лес является живым строительным материалом, ежегодный прирост составляет более 600 млн м<sup>3</sup>, хотя в среднем по стране осваивается менее 130 млн м<sup>3</sup> древесины, или около 22 % от объема расчетной лесосеки. Учитывая активные попытки государства повысить лесозаготовку и в то же время ограничить вывоз за границу круглого леса, доступность древесного сырья существенно возрастет.

В-четвертых, деревянное домостроение позволяет строить дома значительно быстрее, чем при возведении железобетонных или кирпичных зданий. Себестоимость таких зданий, как правило, значительно ниже.

Создание мощной индустрии деревянного домостроения на качественно новом технологическом уровне жизненно необходимо для российской экономики. Однако сегодня отечественный лесопромышленный комплекс не в состоянии обеспечить потребности в дешевой и качественной продукции в виде жилых индустриальных домов прежде всего из-за низкого технологического уровня производственных мощностей.

По официальным данным Федерального агентства по строительству и ЖКХ (Росстрой), для удовлетворения потребности населения Российской Федерации в жилье необходимо ввести в эксплуатацию около 1,5 млрд м<sup>2</sup> жилья. К сожалению, годовой объем вводимого жилья сегодня составляет 41–44 млн м<sup>2</sup>. Сегодня средняя обеспеченность жильем в России составляет 19,7 м<sup>2</sup> на 1 человека. Для сравнения: в Японии этот показатель в 1,55 раза больше, в США – в 3,25 раза, а в Норвегии – в 3,7 раза больше.

В приводимых цифрах не весь объем жилого фонда составляет деревянное домостроение, но как было и в предыдущие времена, значительная его часть отводится домам деревянным в виде коттеджей, сельских, малоэтажных и мансардных домов. В строительной промышленности для возведения зданий в нашей стране древесных материалов применяют  $0,03 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ м}^2$  жилья, в то время, как в странах Скандинавии, Северной Америки, Австралии этот показатель составляет  $0,5\text{--}0,7 \text{ м}^3$ .

В конструктивном, а в равной степени и в технологическом отношении можно выделить в основном три типа деревянных домов:

- 1) дома, изготовленные из массивной древесины (из цельных бревен ручной рубки, оцилиндрованного бревна, клеёного бруса);
- 2) дома, изготовленные из заводских панелей;
- 3) каркасные дома.

Применение того или иного типа деревянного дома зависит от многих факторов, куда можно отнести особенности конкретного места строительства, наличие и оснащенность технологических возможностей изготовления, наличие индустриальной и сырьевой базы, социальный статус заказчика и др. Сложившееся на сегодня распределение объемов применяемых домов по отмеченным особенностям выглядит следующим образом:

- домостроение из массива –  $35\text{--}40 \%$ ;
- панельное домостроение –  $50\text{--}55 \%$ ;
- каркасное домостроение –  $5\text{--}15 \%$ .

Указанные цифры наглядно показывают наше отставание в деревянном домостроении с использованием передовой современной технологии деревообработки и переработки и с основным креном на использование массивной древесины.

Технология изготовления домов из массивной древесины (из бревен естественных и оцилиндрованных или клеёных брусьев) осуществляется как в индустриальных масштабах, так и в единичных – так называемая «ручная рубка» с помощью топора и пилы. Эта самая дорогая и продолжительная работа. Качество и цена конечного изделия очень существенно зависит от профессионализма порядочности мастеров. Практика ручной рубки показывает большие нарушения технологии, что ведет к снижению долговечности эксплуатационных качеств всего дома, да и сроки возведения дома нельзя назвать короткими.

Применение клеёного бруса становится в последнее время популярным, поскольку в отличие от «ручной рубки» имеют место существенные преимущества: малая усадка, высокое качество поверхности, стабильность размеров и прочность соединений. Дома, собранные из клеёного бруса, имеют меньшее время ввода в эксплуатацию.

Однако, по прогнозам, которые можно встретить в различной специализированной литературе, в ближайшие 10 лет доля домостроения из

массива сохранится, а объемы каркасного и панельного домостроения сравниваются.

Стены деревянного дома панельной или каркасной конструкции представляют собой сэндвич, состоящий из несущего каркаса и двух обшивок. Между обшивками укладывается утеплитель, которым служит минеральная вата или любой другой, желательнее не горючий, материал, обеспечивающий высокий уровень сопротивления теплопередаче. В качестве несущего каркаса могут быть использованы доски, бруски, LVL, клеёные бруски, а в качестве обшивочных элементов – фанера, древесно-стружечная плита, OSB, твердая древесно-волокнистая плита, цементно-стружечная плита и др.

Благодаря применению эффективного утеплителя стена такого дома толщиной 200 мм по сопротивлению теплопередаче сравнима с кирпичной стеной толщиной 2 м.

В России панельные дома изготавливаются по отечественной, финской, немецкой, австрийской, американской и другим технологиям. Но по сравнению с зарубежными производителями у наших есть существенное отставание в реальной производительности, качестве и применении инновационных технологий и оборудования.

Особое место в общем развитии деревянного домостроения занимает полносборное домостроение. Полносборное строительство – это обобщенное название современных наиболее совершенных методов строительства зданий и сооружений из крупноразмерных сборных конструкций и изделий, изготовленных на заводах строительной индустрии и имеющих полную заводскую готовность, включая проектную отделку и встроенные инженерные коммуникации.

Степень заводской готовности сборных элементов и здания в целом характеризуется соотношением затрат труда, связанных с изготовлением конструкций на заводе и общих затрат (на заводе и на стройке). Чем выше доля заводских затрат, тем больше экономический эффект. В полносборном строительстве все виды работ, включая полную отделку, выполняются в заводских условиях, поэтому можно достичь наибольшего экономического эффекта.

Какому же способу изготовления домов следует отдать предпочтение?

Сейчас наш рынок деревянного домостроения развивается в двух направлениях. Первое – это строительство элитных загородных деревянных домов для обеспеченных граждан, которые могут позволить жить в комфортных, экологических и благоприятных для здоровья условиях. При изготовлении таких домов используют передовые технологии и высококачественные материалы на основе массива из дерева. В основном это оцилиндрованное бревно или клеёный брус. Дома такой конструкции – единичные, индивидуальные с достаточно большим сроком ввода в

эксплуатацию. Второе направление – экономичное жилье, для широкой массы людей, самые дешевые и доступные по цене. Дома этого класса изготовлены по панельной или каркасной технологии на основе унифицированных конструкций. Дома панельные и каркасные по своим физическим свойствам практически ничем не уступают бревенчатым и брусчатым, а также кирпичным или бетонным. Поэтому если решать жилищную проблему по обеспечению населения жильем, то ее необходимо реализовывать путем строительства домов панельной или каркасной системы. Выпуск домов такой конструкции, поставленный на поточные технологические линии, позволит быстро и качественно обеспечить людей, нуждающихся в улучшении условий жизни, дешевым жильем и, особенно в тех случаях, когда территориальные районы нашей страны попадают под стихийные бедствия или природные катаклизмы.

Настоящая монография затрагивает вопросы полносборного деревянного домостроения, в наилучшей степени решающего проблемы крупномасштабного строительства по обеспечению качественным и доступным жильем основную часть населения. Ведь современные передовые технологии позволяют изготовить в сутки несколько панельных домов, полностью готовых к эксплуатации.

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И СОСТОЯНИЕ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ БАЗЫ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ

## 1.1. Конструктивные и технологические особенности индустриального деревянного домостроения

В практике деревянного домостроения различают в основном три технологии строительства и, естественно, конструктивных различия деревянного индустриального дома:

- дома из массивной древесины (бревенчатые или брусчатые);
- дома панельные;
- каркасные дома.

Разделение каркасной и панельной технологии является традиционным лишь для российского деревянного домостроения. Конструктивно такие дома выполнены идентично, т.е. деревянный каркас обшивается листовыми материалами (типа OSB, ДСП, ЦСП, ГКЛ и др.), между которыми укладывается пароизоляционный слой и утеплитель. Технологическая разница заключается лишь в том, что в панельных конструкциях соединения обшивок и каркаса осуществляется на заводе, а в домах каркасных эта операция выполняется на строительной площадке в процессе строительства дома. В Канаде, США и др. распространена объединенная технология каркасно-панельного строительства. В Германии и странах Скандинавии предпочтение отдается панельному строительству, когда на стройке осуществляется лишь монтаж готовых панелей, что требует меньше времени на установку на месте строительства. Такой же технологии предпочитают придерживаться и наши строители.

Встречающееся у нас выражение «щитовые дома» или «панельно-щитовые» является синонимом термина «каркасно-панельные дома». Это означает, что щитовым домом может называться дом, построенный как по панельной, так и по каркасной технологии.

С конструктивно-технологическими особенностями и отличиями домов, изготовленных по указанным технологиям, можно ознакомиться во многих литературных источниках, например [3, 5, 6, 8, 9, 11, 13] и др. Частично о них сказано ниже.

Все три технологии возведения деревянного дома могут осуществляться с применением в той или иной степени заводских методов труда, т.е. дома могут считаться индустриальными, только одни используют индустриальность частичную (дома из оцилиндрованных или строганных бревен и из клеёных брусьев), а другие – полную индустриализацию (полносорные панельные дома).

В практике отечественного строительства сегодня преобладают преимущественно дома панельной технологии и срубовые. Однако в перспективе предполагается значительное развитие каркасного деревянного домостроения с доведением его объема до 25–30 %. Такая положительная тенденция развития каркасного деревянного домостроения связана с мнением отечественных производителей, которые отмечают высокую эффективность их заводского изготовления и сравнительно пониженную стоимость. По оценкам специалистов стоимость заводского изготовления 1 м<sup>2</sup> общей площади каркасного дома меньше на 30–40 % стоимости 1 м<sup>2</sup> панельного дома. Отмечаются также и другие достоинства таких домов, а именно простота конструктивного решения и технологии строительства, позволяющей возвести дом силами индивидуального застройщика без применения средств механизации, что в сочетании с невысокой стоимостью заводского комплекта деревянных деталей делает этот вид наиболее доступным для семей с низким и средним уровнем доходов. Кроме того, каркасный дом по сравнению с панельным имеет более высокое эксплуатационное качество за счет исключения стыков между панелями.

В силу этих причин каркасное деревянное домостроение, по мнению экспертов, может стать основным видом, обеспечивающим массовое производство качественных и дешевых домов. Однако для нашей страны возможны все виды конструктивно-технологических решений деревянного домостроения, поскольку каждый из них обладает комплексом положительных и отрицательных качеств.

Конструкции домов из массива дерева выполняются из бревен или бруса с различной степенью обработки. Различают бревно оцилиндрованное и бревно ручной рубки. Независимо от вида обработки срубовые дома считаются древесиной-ёмкими, поскольку диаметр бревен, исходя из требований теплопередачи и условий строительства, составляет 200–300 мм.

Однако, несмотря на большую материалоемкость такие дома все же пользуются хорошим спросом, особенно у людей с высоким материальным достатком. Такие дома считаются более долговечными и надежными, а при хорошей обработке и более эстетическими, не требующими дополнительной отделки. При ручной обработке (более трудоемкой) сохраняется защитный слой древесины (заболонь), что улучшает эксплуатационные показатели срубового дома. Преимуществами оцилиндрованных бревен является высокая точность их производства, поскольку выполняется в заводских условиях, что способствует ускорению процесса сборки срубового дома.

К достоинствам оцилиндрованных бревен можно отнести то, что весь комплект сруба состоит из бревен одного диаметра и проектной длины, пазы и чаши в них выполнены с высокой точностью. Такое исполнение позволяет обеспечить плотное прилегание бревен друг к другу, что ускоряет

время сборки сруба. Благодаря высокой чистоте поверхности оцилиндрованных бревен имеется возможность отказаться от дополнительной отделки, сохранив естественную текстуру дерева.

В брусом строительстве выделяется также два типа материала – цельный брус и клеёный. Цельный брус получают путем срезания канта с бревна, как правило, с 4-х сторон, поэтому брус получают 4-кантный. Большим спросом пользуется профилированный брус, когда материалу придается в заводских условиях специальный профиль, позволяющий улучшить стыковку брусков между собой. Профилированный брус имеет прямоугольное сечение, у которого с одной стороны располагается паз, а с противоположной стороны – гребень. Такой стык четко фиксирует положение венцов друг относительно друга, упрощает сборку сруба. Преимуществами такого дома является быстрая сборка и сокращение этапа отделки или полное ее отсутствие.

В последнее время при строительстве элитных домов все более популярным становится клеёный брус, состоящий из нескольких склеенных между собою досок толщиной не более 42 мм.

Большим недостатком обычного или профилированного цельного бруса является то, что в результате большого объема его становится очень затруднительным его сушка и уменьшение влажности древесины, а повышенная влажность может привести к загниванию и к поражению грибками и гнилью. В отличие от цельного бруса или бревна просушить доски значительно проще, поэтому, используя сухие доски (с влажностью  $W < 15 \%$ ) в процессе склейки, можно получить клеёный брус нужных размеров, учитывая монолитные качества клеевых швов. Кроме того, в процессе склеивания можно удалить скрытые в древесине дефекты, получив с помощью шиповых стыкованных соединений дощатую ленту непрерывной длины и повышенного качества. Между собой доски склеиваются высокопрочными водостойкими клеями, образуя монолитный деревянный брус.

После получения готового клеёного бруса ему придают профиль при помощи четырехсторонних станков. Профиль обычно представляет соответствующее чередование гребня и паза, которые при укладке бруса в сруб образуют венцы. Последними этапами изготовления клеёного профилированного бруса является торцевание, нарезка по длине, вырезание венцовых чашек и сверление отверстий под нагели.

Сборка сруба из клеёного профилированного бруса не требует квалифицированного персонала, так как все основные операции уже выполнены на заводе, требуется лишь установка брусьев «на место».

К преимуществам домов из клеёных брусьев можно отнести: малую осадку после сборки, высокие показатели теплоизоляции, огнестойкости и долговечности, малые трудозатраты при сборке.

Панельные дома представляют собой более упрощенную технологию быстровозводимого здания. Технологию панельного домостроения можно назвать каркасной технологией высокой заводской готовности, поскольку конструктивная основа панелей полностью соответствует составу каркасной стены.

Основными элементами панельной конструкции стен и перекрытий являются каркас и две обшивки, между которыми уложены пароизоляция и утеплитель. Такая конструктивная система позволяет проектировать стены и перекрытия панельного дома с различной несущей способностью, удовлетворять различным физико-техническим, архитектурным и эстетическим требованиям, путем изменения вида материалов (обшивок и ребер), размеров поперечных сечений всех трех составных элементов панелей. Это дает основание считать панельное домостроение наиболее гибким во всех отношениях по сравнению с другими технологиями. А если учесть еще, что все операции по изготовлению частей панельного дома выполняются в заводских условиях, то можно в полной мере считать, что панельное домостроение является наиболее эффективным для массовой застройки.

Важным технологическим процессом при производстве панельных конструкций является способ соединения обшивочных материалов с каркасными. Вид используемого при этом способа говорит о степени прогрессивности всей технологии панельного домостроения. Так, если обшивки соединяются с деревянным каркасом с помощью гвоздей или шурупов, то такая технология ассоциируется у специалистов с устаревшим методом, поскольку изготовление конструкций достаточно трудоемкое и требует значительного времени и ручного труда. Гвоздевые соединения обладают податливостью, и применение их при изготовлении панельных конструкций не позволяет добиться совместной работы элементов панелей обшивок и ребер при восприятии действующих нагрузок. Вследствие этого приходится расходовать больше материалов за счет увеличенных размеров поперечных сечений обшивок и каркаса.

Использование непрерывной технологии изготовления панельных конструкций в заводских условиях с применением клеевых соединений позволит не только повысить производительность комбината, но также добиться значительной экономии материалов обшивок и каркаса за счет учета совместной их работы в комбинированной клеёной конструкции. С другой стороны, применение клеевых соединений, особенно если они осуществляются в поле токов высокой частоты (ТВЧ) (для ускорения времени отверждения) потребует специального оборудования и технологии, что естественно накладывает финансовые и технические трудности.

Существующие отечественные и зарубежные комбинаты по изготовлению панельных конструкций применяют технологии как с использованием клеевых соединений, так и гвоздевых и на шурупах. Так, Тамбовский

комбинат использует для крепления обшивок из листов цементно-стружечных плит к деревянным ребрам соединения на шурупах, а Пензенский комбинат полносборного домостроения (р.п. Чаадаевка Пензенская область) многие годы использовал для крепления обшивок из древесно-стружечной плиты к несущим ребрам каркаса клеевые соединения, отверждающие в поле токов высокой частоты. Нетрудно заметить и разницу в производительности этих двух комбинатов: Тамбовский ЭКПД выпускает 250–300 домов в год, Пензенский КПД – 1300 домов в год.

Панельное домостроение может развиваться по двум направлениям:

- путем изготовления панелей мелких и средних размеров;
- путем изготовления крупных, размером на дом, панелей.

Кроме того, заводская готовность панелей может быть на уровне сборки составных частей панели и на уровне полной отделки ее с укладкой элементов инженерных коммуникаций. Дома, собираемые из панелей полной заводской готовности, называют полносборными. В таких домах после монтажа на строительной площадке не требуются какие-либо внутренние работы (за исключением сборочных операций по инженерным коммуникациям) и вводятся в полную эксплуатацию в течение 4–5 дней после монтажа панелей дома (требуются лишь работы по подключению к наружным сетям водопровода, канализации, электроосвещения и др.).

Быстрота строительства полносборных домов существенно увеличивается, если дом собирается из крупных панелей размером «на дом», поэтому решение жилищной проблемы для широкого круга населения лежит прежде всего на пути развития полносборного деревянного строительства домов из крупных панелей заводского изготовления, о чем и будет говориться ниже в данной монографии.

## 1.2. Основные достоинства полносборного деревянного домостроения.

### Опыт отечественного и зарубежного строительства

Об особенностях и преимуществах деревянного домостроения можно говорить много, отмечая как достоинства (положительные качества), так и недостатки, имеющие место в настоящее время. С одной стороны, Россия – самая великая лесная страна мира, где сосредоточена четвертая часть мировых лесных запасов леса. С другой стороны, мы почти не строим из дерева по сравнению со многими странами мира, особенно индустриальным, дешевым и качественным образом. Древесина и дерево у нас превратились в экспортное сырье, нужное за границей, но не нам.

У дерева как строительного материала имеется множество преимуществ по сравнению с другими строительными материалами, причем эти преимущества общеизвестны, но мы продолжаем убеждать всех, какие

хорошие и важные эти преимущества, и в то же время упорно отставать от многих зарубежных стран в масштабности объемов применения дерева, особенно в части индустриального строительства и в реализации проектов массового деревянного домостроения.

Не раскрывая всех достоинств дерева, отметим лишь наиболее важные особенности, которыми обладает деревянное индустриальное домостроение:

- экологичность – дерево не только считается самым «здоровым» строительным материалом для дома, но и наиболее комфортным в плане создания физического и психологического комфорта для человека;
- высокая теплоемкость – правильно спроектированный деревянный дом позволяет сэкономить средства на обогреве помещения;
- потенциальная доступность древесины как сырьевой базы, благодаря обширным ресурсам страны и программе государственного развития отрасли;
- короткий срок строительства зданий, по сравнению с железобетонными и кирпичными домами.

Это наиболее значимые достоинства деревянного дома и количество достоинств его можно было бы продолжить, учитывая большое разнообразие как архитектурных, так и конструктивных решений деревянных домов. Обычно в таких случаях встает остро такой вопрос. Чему же отдать предпочтение в выборе конструктивного решения малоэтажного дома? Многие ратуют за простоту и доступность, другие за стоимость и быстроту возведения, много еще говорят об эстетическом эксплуатационном и технологическом достоинствах того или иного деревянного дома. Каждый из домов, выполненных с применением древесины, обладает определенной совокупностью достоинств, очевидно, что это и породило их большую конструктивную вариантность.

Поднимая жилищную проблему на селе или в городе, либо решая коммерческие вопросы предпринимательства в области жилищного строительства, необходимо вопросы домостроения ставить не в рамки индивидуального, а в масштабе индустриального строительства с широкой гаммой их разнообразия в архитектурном и конструктивном исполнении. Дома, движущиеся по потоку и сходящие с технологического конвейера ежедневно способны обеспечить и нуждающихся в жилье и принести существенную прибыль производству. Дерево и деревянные конструкции в наилучшей степени отвечают поточности изготовления на автоматизированных технологических линиях (аналогично поточным линиям в автомобильной сфере), о чем говорит опыт передовых в этом отношении стран (Германии, Швеции, Финляндии, США и др.).

В Великобритании, Швеции, Дании налажена «Система строительства домов с деревянным каркасом». При этом дома строят повышенной этаж-

ности (4–5 этажей). Шведские фирмы «Сканска АБ», «Седра Тимбер АБ» имеют заказы на строительство деревянных домов не только во многих городах Швеции, но и в других странах. Особенностью поставляемых ими домов является то, что в архитектурном решении фасадов деревянных домов применяется штукатурка, что характерно для стиля неоклассицизма.

Промышленное производство деревянных домов в Финляндии имеет многолетние традиции. В нашей терминологии уже давно бытует фраза «финские дома». Дополнением к этому сегодня можно отнести то, что на рынке финского жилья появились деревянные дома повышенной этажности (до 5-ти этажей). Индустрия деревянного домостроения в Финляндии такова, что систему, степень промышленной готовности, вид отделки и многие другие параметры дома можно выбирать в соответствии с типом объекта и имеющимися рабочими ресурсами. Заказчику представляются варианты выбора типа дома в виде легких, удобно транспортируемых элементов и деталей или укрупненных панелей и конструкций. Кроме типа дома при выборе системы принимается во внимание технология его монтажа. Каркас здания сооружается на строительной площадке из конструкций заводского изготовления. Деревянный каркас обшивают гипсокартонными или гипсоволоконными плитами в сочетании с минеральной ватой, что повышает огнестойкость конструкций и создает необходимые теплозащитные свойства.

Самой низкой степенью готовности считается поставка унифицированных деталей дома на строительную площадку с последующей их сборкой. Самой высокой степенью готовности обладают окрашенные крупноформатные панели с уже смонтированной электропроводкой. В этом случае на строительной площадке осуществляется лишь монтаж панелей, доводка отделки, дополнительная изоляция и подводка внешних коммуникаций.

Типовые деревянные конструкции пригодны не только при строительстве жилых домов, но и объектов социальной сферы.

В Финляндии вопросы технологии древесины и жилищного строительства поставлены на уровень правительственной программы, так как древесина является местным сырьевым материалом, а деревообрабатывающие предприятия являются источником национального дохода и обеспечения населения рабочими местами. Благодаря высокой механизации лесной промышленности и повышенной степени заводской обработки деревянных изделий на основе передовой современной технологии существенно возрос экспорт деревянных конструкций и домов из Финляндии во многие страны мира.

Наряду с поиском новых архитектурно-конструктивных решений домов, разработкой более совершенных деревянных конструкций, деталей, отделочных материалов не снимаются проблемы пожарной безопасности и звукоизоляции. Эти проблемы решаются как с использованием традицион-

ных конструктивных и химических мер защиты деревянных конструкций, так и с применением технических достижений (например, монтаж сплинкерных систем, установка дымовых датчиков и т.п.). Особое внимание обращается также на влагозащиту деревянных конструкций. В конструкциях стен и перекрытий устраиваются пароизоляционные слои, в помещениях и местах с повышенной влажностью – гидроизоляционные слои из высококачественной мастики.

Применение скандинавских и канадских систем строительства домов с деревянным каркасом позволяет существенно уменьшить затраты на строительство, сократить его сроки и наряду с этим улучшить внутренний дизайн помещений, повысить комфортность проживания и снизить затраты на содержание и эксплуатацию дома.

К сожалению, несмотря на огромные лесосырьевые ресурсы и на то, что в ряде регионов нашей страны лес является местным строительным материалом, сегодня мы не можем что-либо противопоставить мощному развитию индустриального деревянного домостроения в рассмотренных выше странах. Можно отметить лишь некоторые сдвиги в освоении возведения малоэтажных зданий по каркасно-платформенному методу, используемому в Канаде и скандинавских странах. В качестве примеров можно привести дома, построенные при участии специалистов Канады в Твери, Кимрах, Аввакумове. «Канадские» дома в наших отечественных условиях оказались экономичнее, чем обычные здания из кирпича и бетона, их можно реконструировать и модернизировать, лишь переставляя перегородки. С учетом морального старения (25–30 лет) можно без нарушения деревянного каркаса изменить обшивку, использовать другой утеплитель, выполнить новую отделку, продолжая жить в реконструируемом доме, т.е. такие дома более ремонтпригодные.

Основные тенденции перспективного развития жилищного строительства связаны с созданием домостроительной базы, т.е. увеличением числа предприятий с новейшей технологией и прогрессивными материалами для конструкций и отделки, увеличением объема выпускаемых домов и их архитектурного многообразия.

Комплексное решение задачи, включающее в себя масштабность строительства, индивидуальность и архитектурную выразительность, унификацию и индустриальность изделий, высокое качество и низкие цены, доступность приобретения домов различным уровнем населения, исходя из форм поставки, и многие другие факторы могут быть осуществлены только путем создания индустриальной базы домостроения.

Особое место должны занимать домостроительные комбинаты по производству домов полносборных и из объемных блоков.

Опыт отечественного строительства 80–90-х годов показал, что среди индустриальных деревянных домов преимущественное место занимают

полнооборные деревянные дома с применением древесины и древесно-плитных материалов, отличающихся легкостью, транспортабельностью и быстротой возведения (монтажа). Ярким примером этому могут служить два домостроительных комбината: Пензенский и Тамбовский, почти в одно время построенные и получившие свое развитие. Пензенский комбинат (р.п. Чаадаевка Пензенской области) использовал технологические линии шведской фирмы «Черс», а Тамбовский – линии германской фирмы «Штрайф». Несмотря на принципиально различные технологические основы изготовления полнооборных домов и высокую конкурентность эти два комбината были образцом домостроительной индустрии и очень много сделали для повышения престижа отечественного деревянного домостроения.

В основе технологии Пензенского ЭКПД лежит непрерывный (конвейерный) процесс изготовления крупных (размером «на дом») клеёных панелей, склеенных из древесины и древесно-стружечных плит. В основе всех технологических линий изготовления панелей дома широко использовалась механизация и автоматизация всех процессов – от раскроя заготовок, нанесения клея до окончательной стадии. При этом склеивание осуществлялось в поле токов высокой частоты в специальном прессе, что позволяло изготовить крупногабаритную панель за считанные минуты.

В отличие от Пензенского ЭКПД Тамбовский комбинат ориентирован на изготовление панелей средних размеров по габаритам обшивочного материала. В качестве обшивки деревянного каркаса используются цементно-стружечные плиты, а средством соединения их служат шурупы и гвозди. Меньшие размеры панелей, гвоздевая забивка вместо клея несколько снижают эффективность этих домов, однако они, в свою очередь, обладают своими приоритетными показателями, о чем говорит тот факт, что спрос на дома комбината имеется и сегодня.

Конструктивную основу панелей домов, выпускаемых названными комбинатами, составляет ребристая система, состоящая из деревянных несущих ребер и древесно-плитных обшивок. Внутренняя полость панелей заполняется негорючим утеплителем в виде минераловатных плит или прошивных матов.

Внедрение Государственной Программы развития деревянного сборного домостроения на этих комбинатах с разными по сути технологиями способствовало снижению остроты проблемы отставания в этом направлении от передовых зарубежных стран и ускоренному развитию отечественного деревянного домостроения на базе передовой технологии. Считалось, что приобретение такого комбината в нашей стране довольно быстро решит проблему выпуска качественных и добротных домов, сделав доступным жильё для населения страны.

Однако фактически это не получилось. Ярким примером может служить приобретение комбината по изготовлению полнооборных деревянных

домов шведской фирмы «Черс-Машинер». Проектная мощность комбината ожидалась в 2000 домов в год. В первый же год после пуска комбинат изготовил только около 200 домов, к тому же домов с низкими эксплуатационными качествами и недостаточной надежностью. Пришлось подключать к решению многих производственных задач научный потенциал отечественных вузов, в том числе и Пензенского инженерно-строительного института, и организаций. При этом прежде всего потребовалось перестроить и переучить отечественного производителя, адаптировав его к новой технологии, основанной на механизации и автоматизации многих процессов конвейерного производства по изготовлению домов, где все виды работ связаны между собой и требуют строгого своевременного выполнения.

Надо отдать должное руководству комбината, что была намечена комплексная программа по решению многих проблем, связанных с увеличением мощности комбината, с доведением ее до проектной, и повышением надежности всех конструктивных элементов дома.

В частности, были решены такие проблемы:

- отработаны путем проведения натуральных испытаний, исследований и соответствующих расчетов надежные сечения несущих элементов панелей стен, перекрытий и кровельных щитов;
- решены вопросы физико-механических требований к древесно-стружечным плитам и налажено производство такой плиты в количествах, необходимых для массового изготовления домов;
- предложены надежные стыки обшивочных листов из древесно-стружечных плит, увязанные с непрерывной конвейерной технологией изготовления панельных конструкций;
- устранена дефицитность крупноразмерных сечений пиломатериалов повышенного сорта, идущего на изготовление несущих ребер панелей путем соответствующей замены их на комбинированные сечения;
- отлажена технология выполнения качественных клеевых швов, с применением процессов склеивания в поле токов высокой частоты;
- налажена технологическая цепочка по пооперационному контролю качества, а также создана лаборатория проведения натуральных испытаний по оценке фактической надежности несущих конструкций дома с разработкой методики проведения испытаний;
- на протяжении нескольких лет велись постоянные методические исследования по снижению токсичности древесно-стружечных плит, что в итоге сказалось на положительных результатах исследуемого вопроса;
- разработаны рекомендации по повышению долговечности, эксплуатационной надежности, проектированию и изготовлению полносборных деревянных домов;

- на основе положительного опыта разработаны и предложены рабочие проекты нескольких серий полносборных деревянных домов, что было отмечено медалями ВДНХ.

Здесь отмечены лишь несколько значимых проблем, которые пришлось решать совместными усилиями производителей и ученых. При этом следует отметить, что мощность комбината из года в год увеличивалась и достигла почти 5–6 домов в сутки (1300 домов в год). Если учесть, что монтаж дома производился за 1 световой день, то, естественно, что постоянно через 4–5 дней люди поучали добротный комфортабельный дом.

Как видно из вышесказанного, ориентироваться полностью на зарубежные технологии не следует. Любые условия труда и тем более технология требует соответствующей адаптации в новых производственных условиях и в трудовых коллективах.

Известно, что главным тормозом в снижении производительности домостроительных комбинатов является отсутствие унификации и типизации выпускаемых изделий. Этот же фактор, как ни странно, является сдерживающим в решении вопросов архитектурной выразительности, индивидуальности домов при массовом их строительстве. Взаимозаменяемость выпускаемых панелей позволяет менять объемно-планировочные решения и архитектурный облик дома. Это, в свою очередь, дает возможность комбинатам добиваться инвариантности выпускаемой продукции без дополнительных затрат на переналадку оборудования и программ.

Поэтому одним из главных вопросов, который нужно будет решить индустрии деревянных конструкций, – это, прежде всего, разработка состава номенклатуры индустриальных изделий и панелей, из которых собирается дом с учетом их технологических и конструктивных особенностей.

Номенклатура изделий и панелей позволит комбинату выйти на открытую технологию изготовления домов, т.е. на выпуск только определенного типа панелей, из которых можно собирать дома различного архитектурного исполнения.

Некоторые методологические аспекты в решении этого вопроса представлены ниже.

## 2. ОБЩАЯ КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ДЕРЕВЯННОГО ДОМА

Индустриальный крупнопанельный дом собирается из небольшого количества панелей размером «на дом». Общая схема такого дома представлена на рис. 2.1. Некоторые серии построенных по этому принципу полносборных деревянных домов см. на рис. 2.2–2.11.

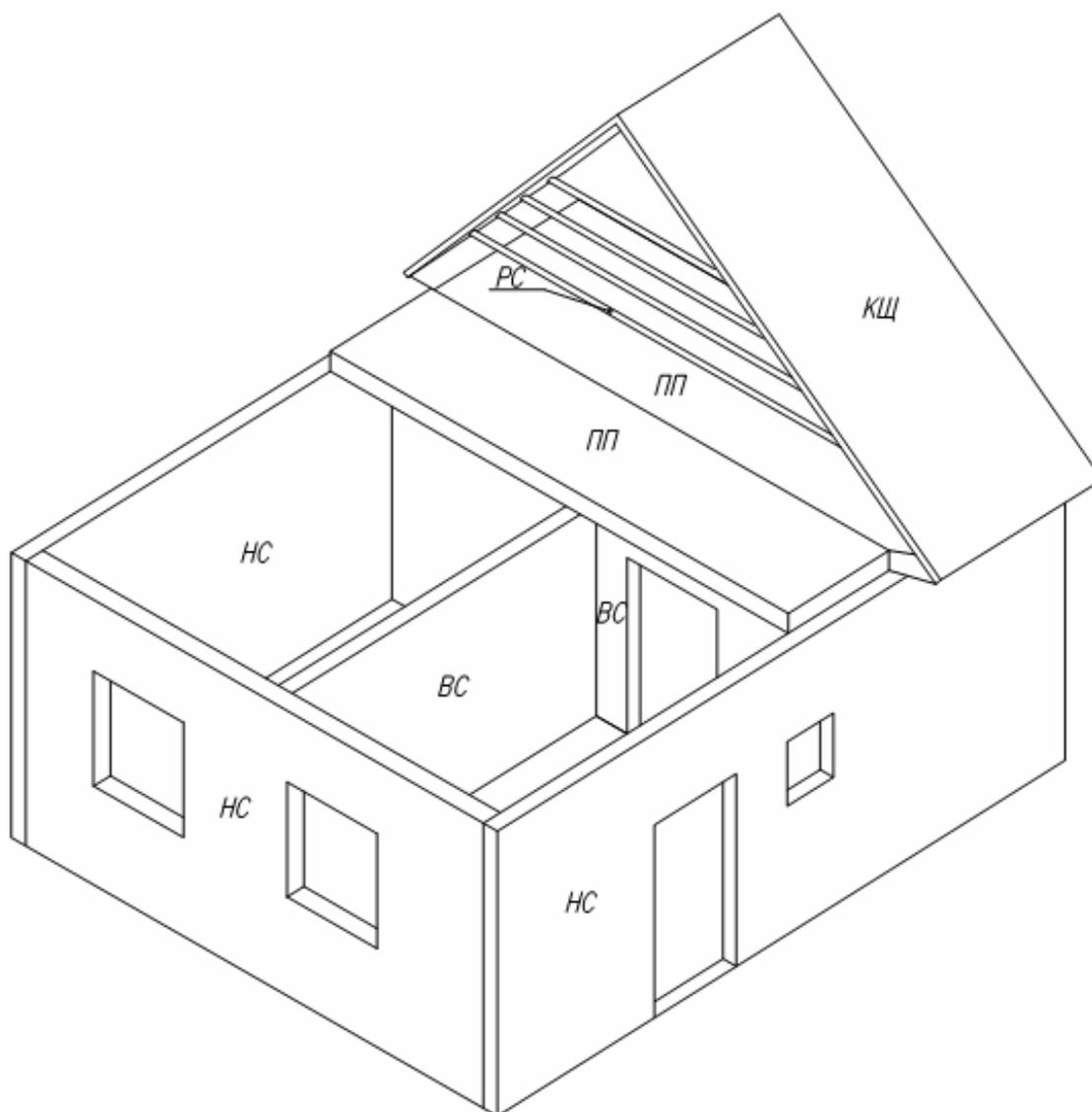


Рис. 2.1. Общая конструктивная схема полносборного крупнопанельного дома: HC – наружная стеновая панель; BC – внутренняя стеновая панель; PP – панель перекрытия; PC – ригель-распорка; KШ – кровельный щит

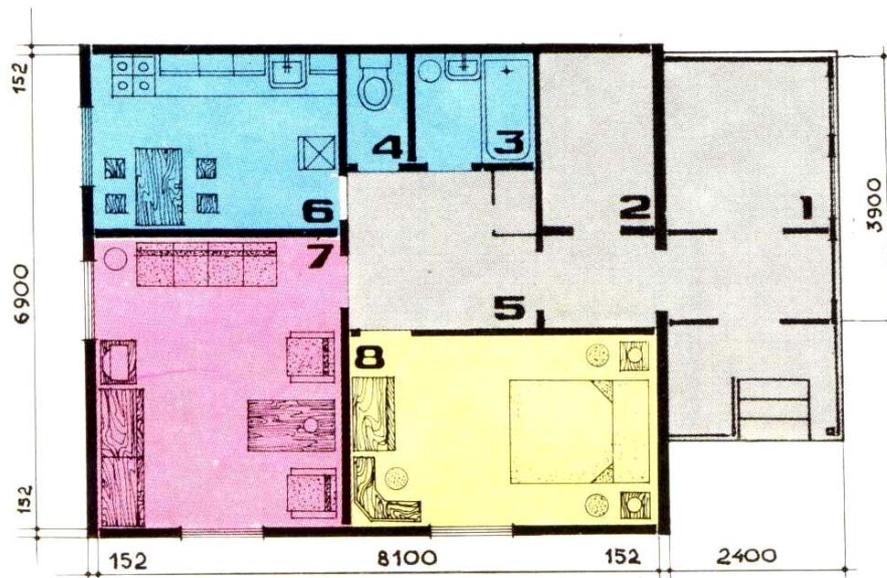


Рис. 2.2. Одноэтажный многоквартирный двухкомнатный жилой дом 101-1-2П

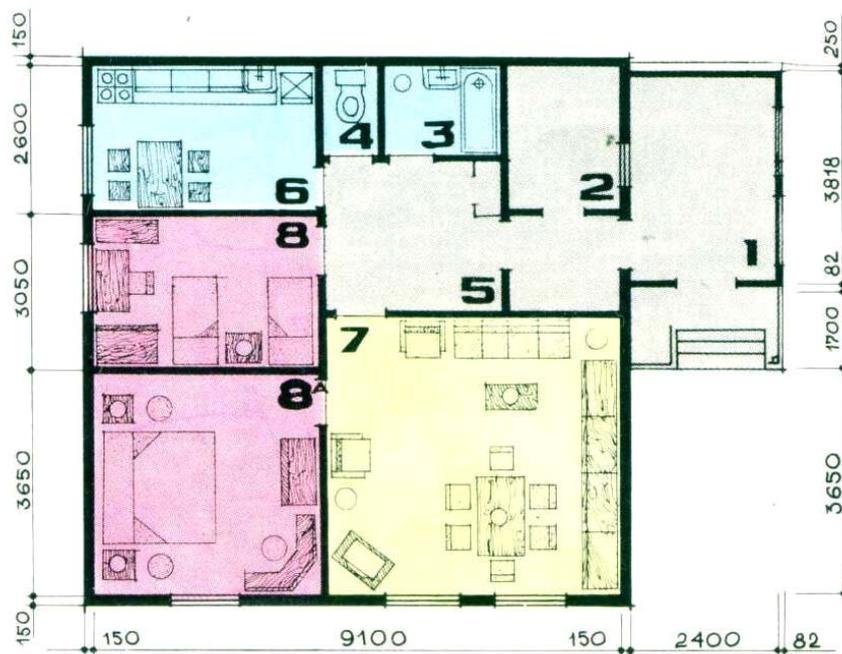
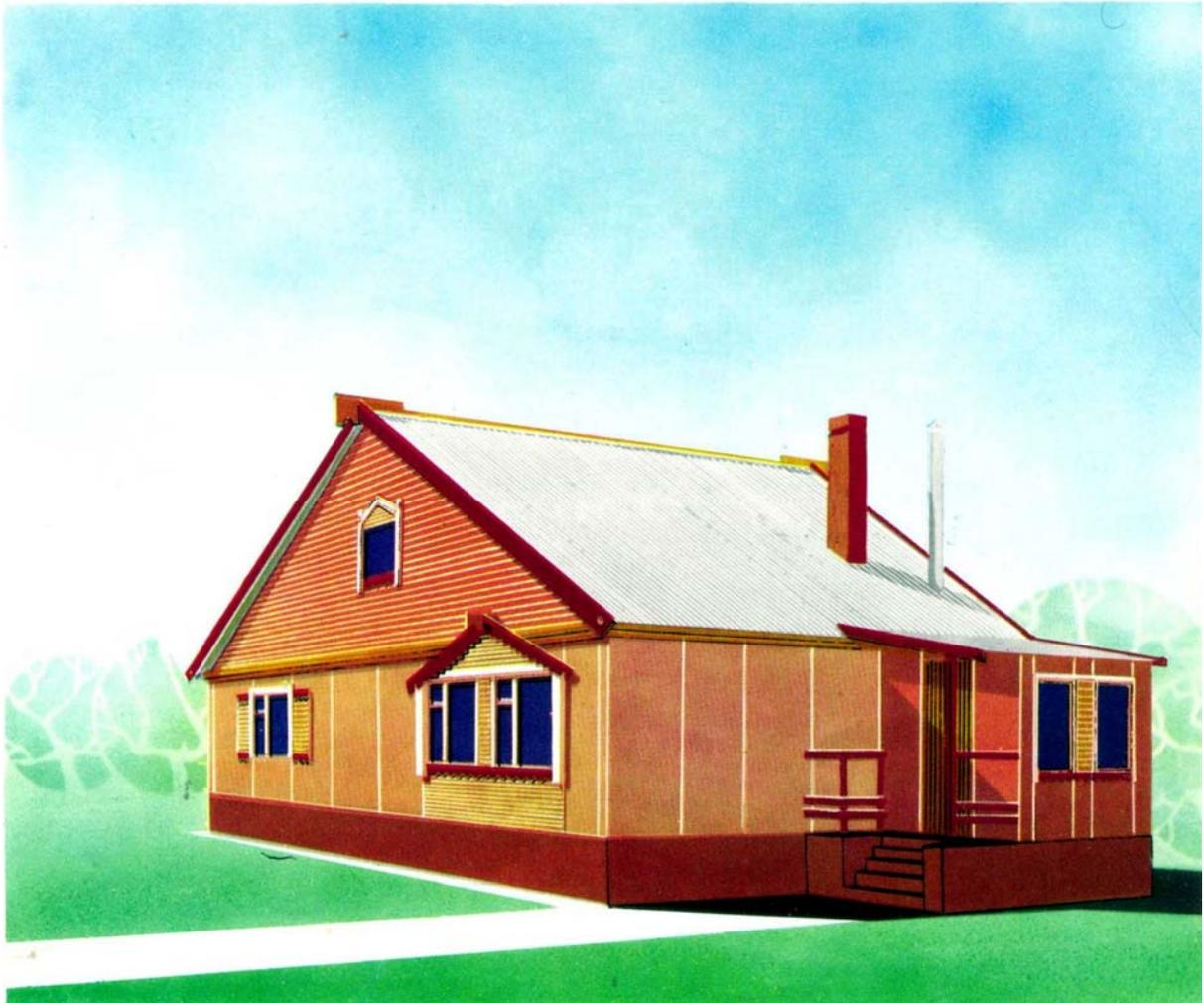


Рис. 2.3. Одноэтажный многоквартирный трехкомнатный жилой дом ТП 101-1-3П

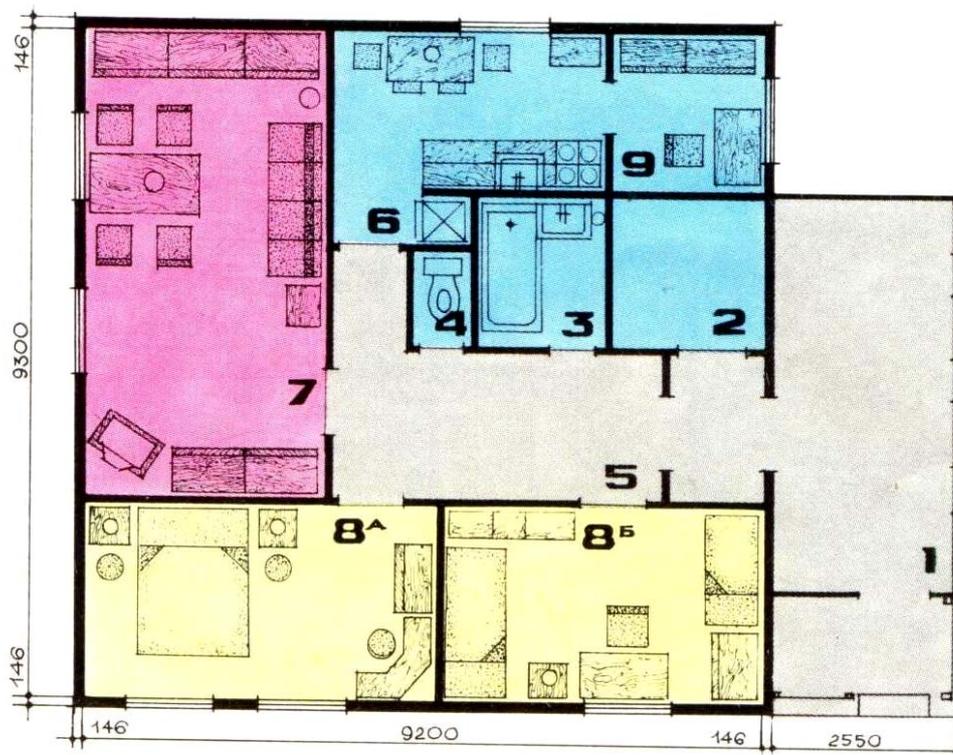


Рис. 2.4. Одноэтажный одноквартирный трехкомнатный жилой дом ТП 101-1-3Д

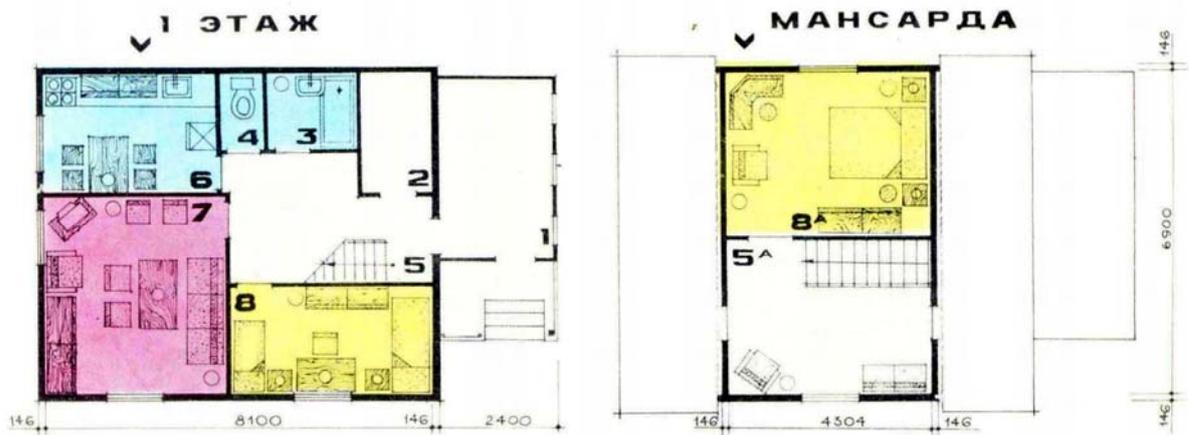
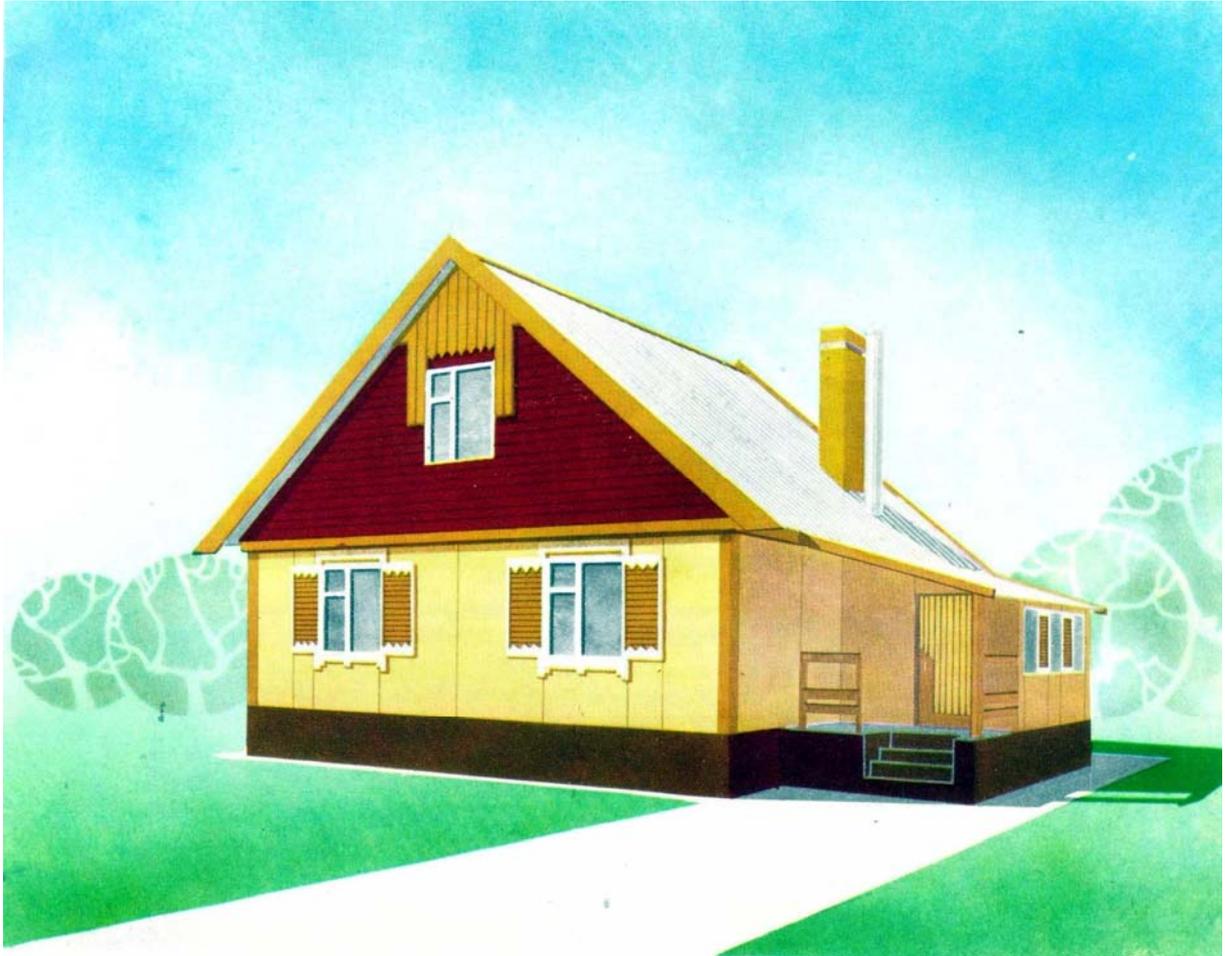


Рис. 2.5. Одноквартирный мансардный трехкомнатный жилой дом ТП 101-1-3МП

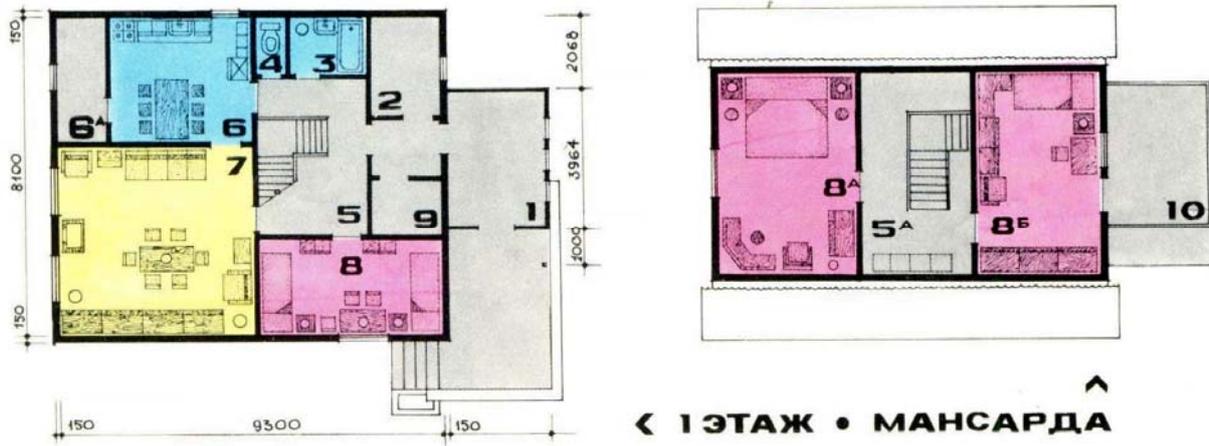
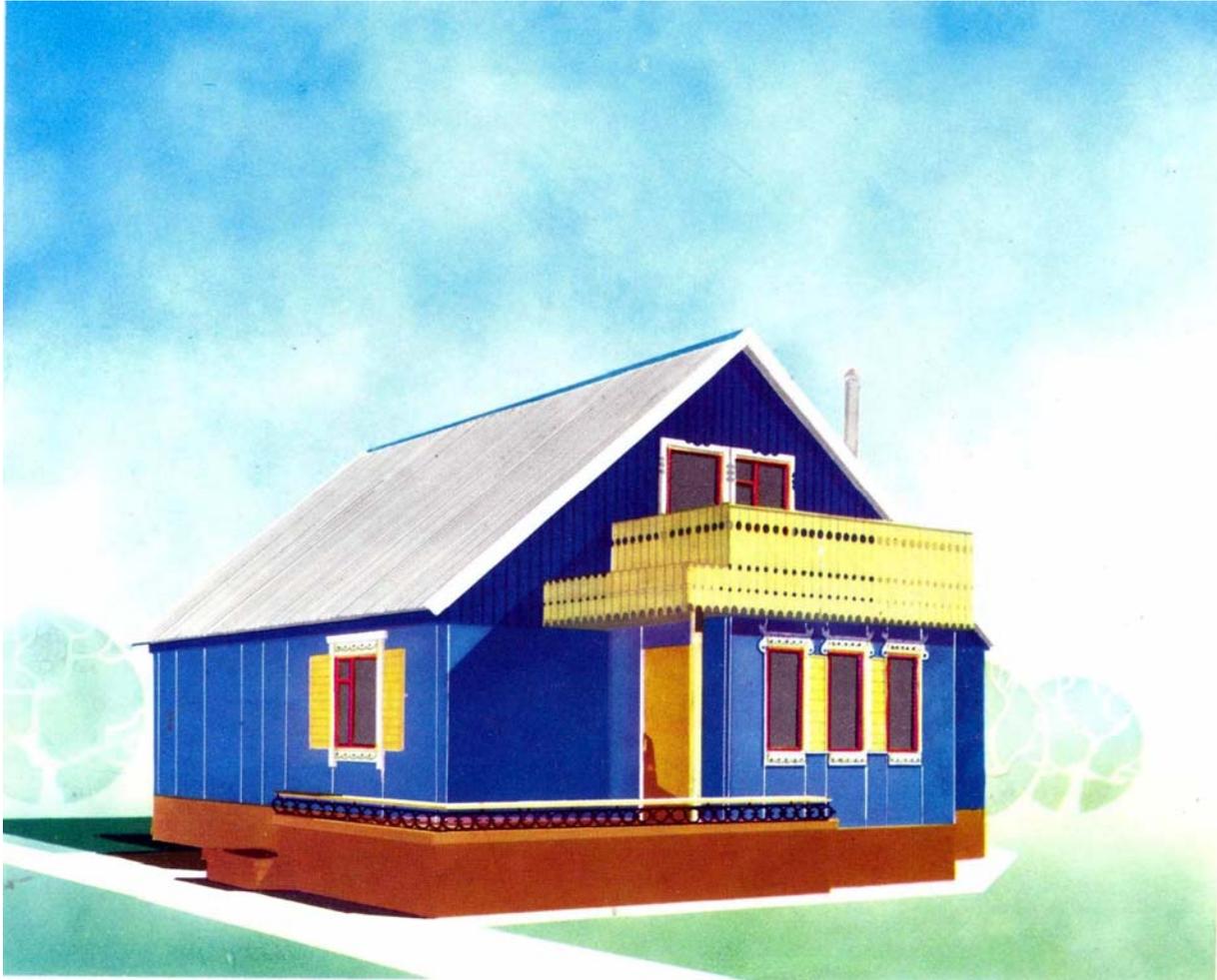


Рис. 2.6. Одноэтажный одноквартирный четырехкомнатный жилой дом ТП 101-1-4МП

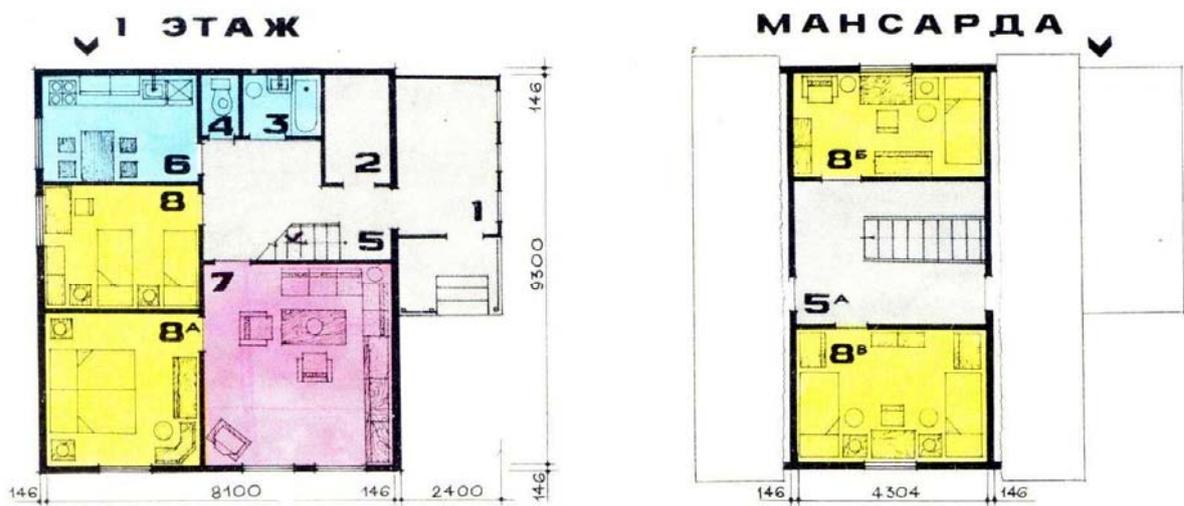


Рис. 2.7. Одноквартирный мансардный пятикомнатный жилой дом ТП 101-1-5МП

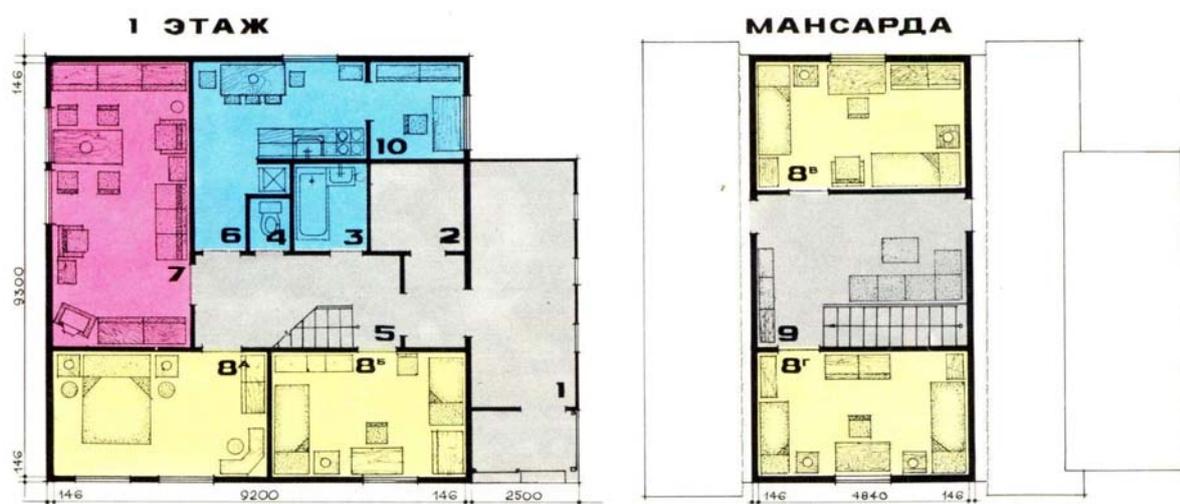


Рис. 2.8. Одноквартирный пятикомнатный мансардный жилой дом ТП 101-1-5МД

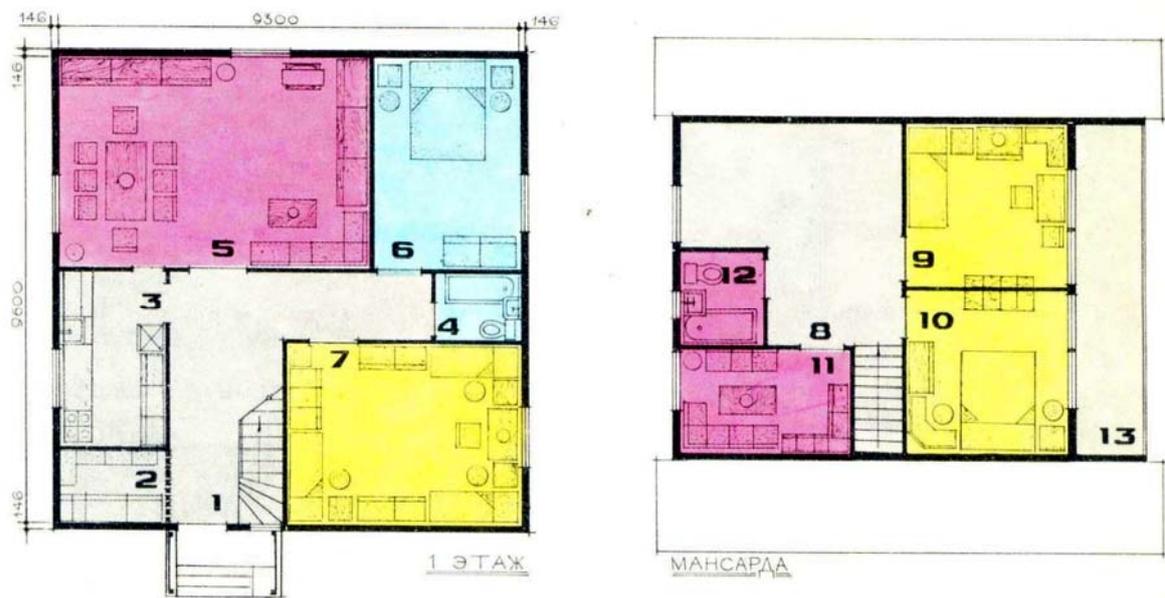


Рис. 2.9. Одноквартирный мансардный жилой дом ТП 101-1-5МПЭ

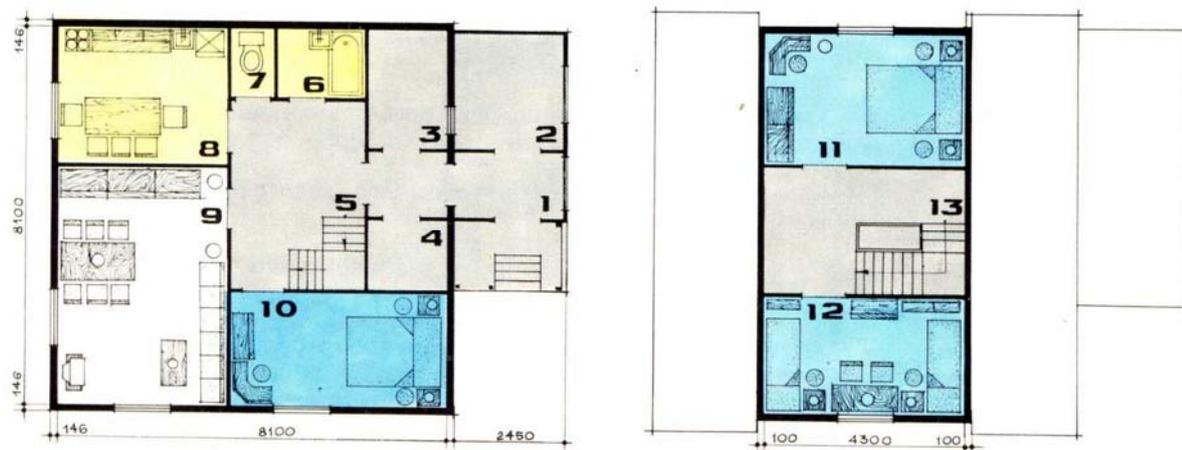


Рис. 2.10. Мансардный одноквартирный четырехкомнатный жилой дом ТП 101-1-4МПЭ

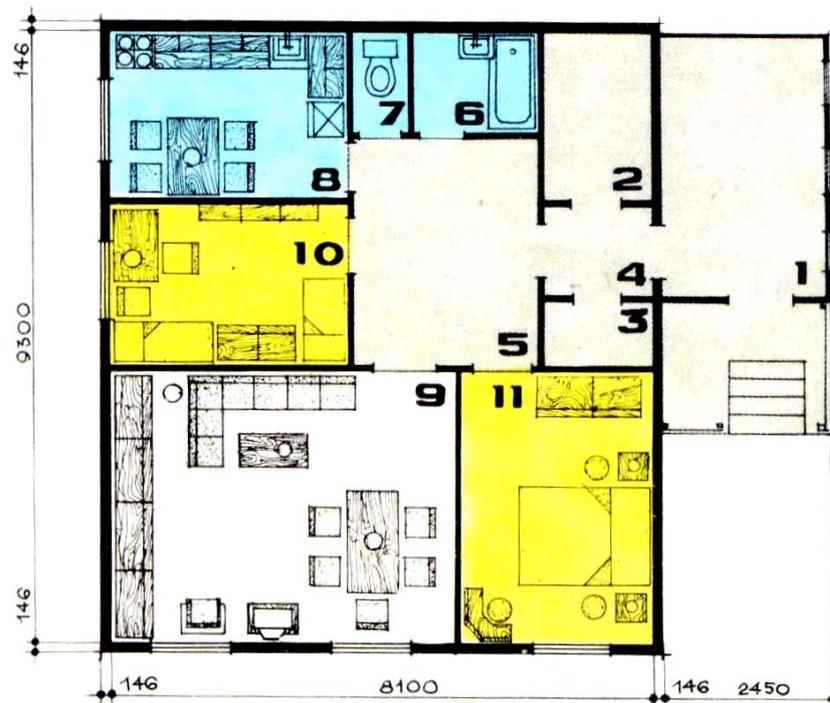
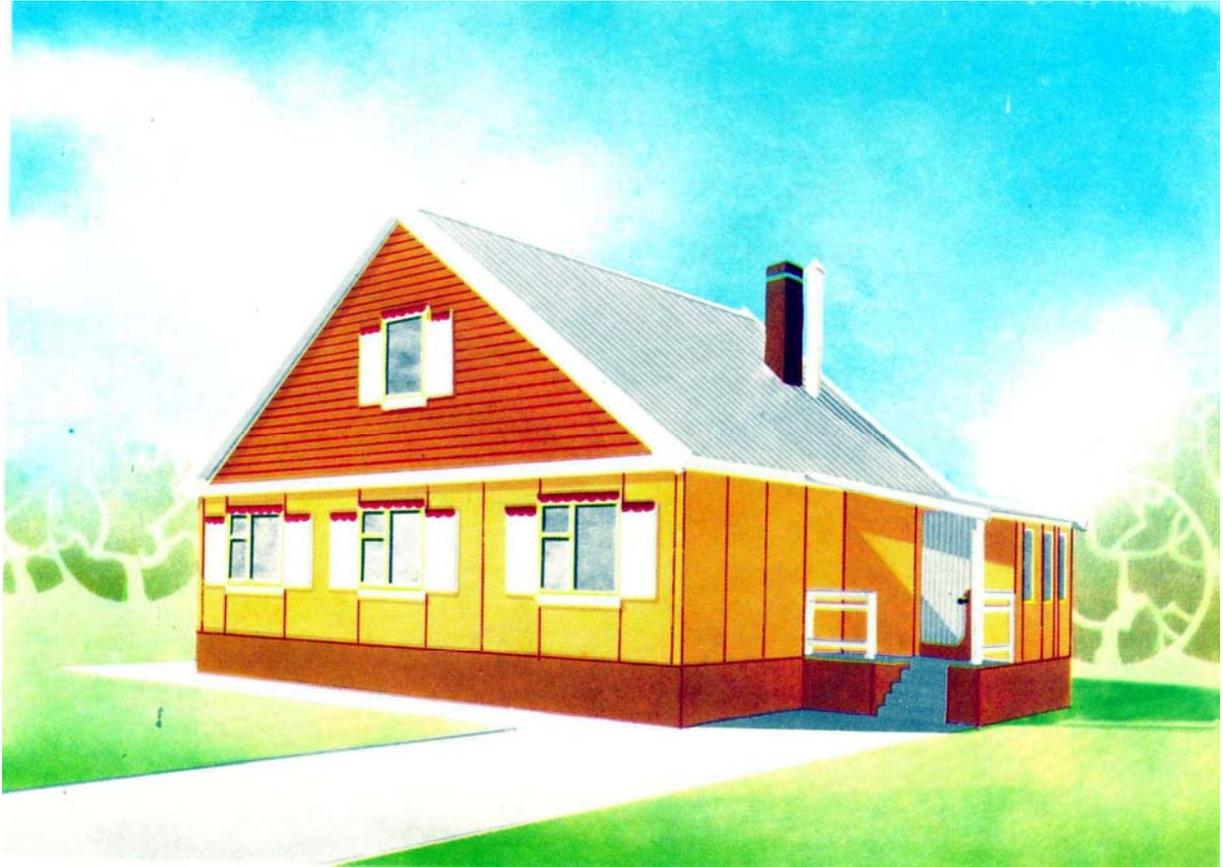


Рис. 2.11. Одноэтажный одноквартирный трехкомнатный жилой дом ТП 101-1-3ПР

Наружные стены НС по длине и высоте соответствуют габаритным размерам дома. Одна из внутренних панелей ВС тоже имеет размер, равный расстоянию между наружными стенами. Естественно, что все другие внутренние стены ВС в зависимости от планировочного решения дома не будут иметь размер на ширину или длину дома. Однако в процессе изготовления такие панели ВС объединяются в заготовку длиной, равной размеру дома, в процессе изготовления такая заготовка снабжается предварительным разрезом и небольшим участком непропила обшивки, который удаляется после склеивания всей заготовки, разделяя заготовку на отдельные панели ВС.

Кровельные щиты (КЩ) изготавливаются цельными на всю длину, так что два наклонно поставленных щита образуют участок крыши на ширину щита, а несколько пар щитов КЩ, уложенных по длине здания, образуют всю крышу.

Таким образом, на весь дом необходимо иметь крупные панели, из них:

НС – 4 штуки;

ПП – 4 штуки;

КЩ –  $2 \times 4 = 8$  штук;

ВС – в зависимости от планового решения дома от 8 до 12 штук (по плановым габаритам).

Кроме указанных панелей необходимо еще иметь несколько доборных «мелких» элементов, без которых невозможна полная отделка дома (карнизные, фронтоновые и др. части дома).

На установку (монтаж) указанных панелей бригаде в 4–6 человек требуется один световой день. Все панели имеют полную заводскую отделку и все необходимые монтажные замки для соединения их между собой.

Весь дом собирается на фундаментной плите из крупных панелей полной заводской готовности, включая внутреннюю и наружную отделку, электропроводку, слаботочные сети, инженерные коммуникации и т.п.

Соединение панелей между собой осуществляется на стальных болтах, пропускаемых в заранее просверленные отверстия. Выборка отверстий под болты и отверстий другого назначения (монтажные, под электропроводку и др.) производится на специальном станке, снабженном программным устройством, что обеспечивает высокую точность их установки. Последнее является важным условием нормального проведения монтажных работ при строительстве дома.

Указанные раскрепления панелей позволяют считать узловые соединения их между собой как шарнирные, препятствующие только линейным перемещениям точек в местах взаимного сопряжения панелей.

Поскольку панели дома «крупные», имеют по своей длине дополнительные раскрепления в местах взаимного их пересечения, то ряд панелей дома работают как неразрезные системы.

Неразрезность панелей приводит к повышению «сборности», но вызывает повышенную чувствительность панелей к неточностям изготовления и монтажа, а также к кратковременному или длительному воздействию температур и влажности. Эти факторы подчас являются решающими при работе панелей и оказывают прямое действие на эксплуатационные свойства панелей и всего дома.

Высокая точность изготовления панелей требует и высокого качества (точности) выполнения общестроительных работ, особенно при устройстве фундаментов. Несоблюдение единого уровня фундамента или просадка его (по каким-либо причинам) может привести к увеличению расчетных усилий в панелях в несколько раз (иногда в 4 или более раза).

Фундамент под дом выполняется ленточным в виде сборных железобетонных блоков, уложенных по периметру наружных стен. Поверх блоков устраивается сборная или монолитная железобетонная плита. В случае применения сборных плит размером по длине меньше, чем длина дома, внутри устраивается ленточный фундамент, служащий промежуточной опорой для плит в месте их стыкования по длине.

Уровень фундаментной плиты должен быть тщательно выверен с помощью геодезических инструментов. Для устранения недостатков, отмеченных выше, перепад в высотных отметках отдельных точек фундаментной плиты должен быть минимальным, но не более чем 4 мм (величина перемещения, которую может дать податливость болтового соединения панелей).

Панели наружных стен устанавливаются на фундаментную плиту через направляющие рейки, выполненные из антисептированных досок толщиной не более 25 мм. Применение более толстых досок не рекомендуется ввиду отрицательного проявления деформаций усушки и разбухания древесины на работу панелей и всего дома.

Между стеновыми панелями и фундаментной плитой должна быть проложена гидроизоляция.

Для отвода внешних вод по периметру дома устраивается отмостка, позволяющая избежать случайного попадания влаги в опорные части наружных стен.

Для защиты наружных стен от атмосферных воздействий снаружи (на внешней стороне) панелей выполняется защитный экран из плоских асбестоцементных листов, прибиваемых гвоздями. Между экраном и наружной обшивкой панели оставляется зазор, равный, примерно, 20 мм, с целью обеспечения свободного проветривания панелей.

Защитный экран из асбестоцементных листов может быть заменен на кирпичную обкладку дома толщиной в полкирпича (120 мм) или обшивку сайдингом.

В конструктивном отношении все панели дома выполняются в виде ребристой системы, имеющей две обшивки (внутреннюю и наружную) и

ребра. Очень важно сохранить единый модуль расстановки несущих ребер во всех панелях. Исключение могут составить лишь панели перекрытий, в которых, вследствие нецелесообразности увеличения высоты панели, для увеличения несущей способности шаг несущих ребер может быть кратно уменьшен (в 2 или 3 раза), так как нагрузки на перекрытия, как правило, более значительные, нежели на другие конструктивные элементы дома.

На технологических линиях заводов фирмы «Черс» шаг ребер принят равным:

- для панелей стен и щитов покрытия – 600 мм;
- для панелей перекрытия – 300 мм.

Основной модуль (равный 600 мм) удачно сочетается с архитектурно-планировочными требованиями для жилых зданий.

При едином конструктивном решении все панели могут выполнять несущие функции в доме, поэтому очень важно обеспечивать точность изготовления и монтажа их. Вовлечение как можно большего числа панелей для восприятия той или иной нагрузки приводит к перераспределению усилий, а следовательно, и к снижению их расчетной величины. В противном случае ряд панелей может оказаться перегруженными, а некоторые панели недогруженными, что приведет к преждевременному выходу некоторых панелей из работы, а затем, к снижению эксплуатационных свойств, всего дома.

Для выполнения вышеотмеченных условий необходимо обеспечивать пространственную жесткость здания, которая достигается тем, что все панели в местах взаимного пересечения должны соединяться монтажными связями.

Для большей надежности и долговечности рекомендуется в качестве монтажных связей использовать стальные болты диаметром 8–12 мм, защищенных от коррозии и снабженных металлическими квадратными шайбами размером не менее 45×45×4 мм.

Крыша дома выполняется из укрупненных индустриальных щитов. В целях повышения сборности желательно проектировать щиты неразрезными на всю длину от опоры до конька, при этом несущие и ограждающие функции могут быть совмещены путем надежного соединения продольных несущих элементов (стропильных ног) и защитного настила. Уклон крыши определяется видом кровельного материала и необходимостью размещения мансарды (2-го этажа). Рекомендуемый уклон крыши 40°–50°.

Наклонно поставленные щиты, соединенные в коньке крыши, понизу создают распор, для восприятия которого необходимо:

- 1) постановка затяжек;
- 2) создание упоров в панелях перекрытия, с помощью которых распор передается на панель.

Второй вариант предпочтительнее, так как в этом случае отпадает необходимость в постановке дополнительных конструктивных элементов (затяжек), упрощается монтаж крыши, а эксцентричная передача распора на панель перекрытия способствует возникновению дополнительных изгибающих моментов, имеющих обратный знак по сравнению с моментами от эксплуатационных нагрузок, что в целом приводит к уменьшению расчетных изгибающих моментов в панелях перекрытия.

Опирающие кровельные щиты на панели перекрытий осуществляется через опорные бруски (доски), которые позволяют более равномерно передавать вертикальное давление и распор от щитов на панели перекрытия.

Для выполнения чисто ограждающих функций обшивка панелей должна быть выполнена из листовых материалов. Применение досок для этих целей менее целесообразно. В деревянных домах в качестве листовых материалов могут быть использованы различные древесно-плитные материалы: древесно-стружечные плиты (ДСП), древесно-волокнистые плиты (ДВП), плиты OSB, цементно-стружечные плиты (ЦСП), фанера и др. В данной монографии содержится информация о применении в качестве обшивок панелей дома древесно-стружечных плит. Древесно-стружечные плиты при определенном их качестве могут выполнять функции не только ограждающие, но и несущие.

Как показали многочисленные исследования, тяжелая древесно-стружечная плита обладает достаточно высокими механическими характеристиками (предел прочности, модуль упругости и др.), вполне сопоставимыми (особенно при действии кратковременных нагрузок) с аналогичными характеристиками для древесины. Учитывая это, в конструктивном отношении несущие панели с применением древесно-стружечных плит могут быть двух типов:

- панели безкаркасные, в которых основную долю усилий воспринимают обшивки, а ребра в основном служат соединительными элементами, обеспечивающие совместную работу обшивок;
- панели каркасные, в которых основная доля усилий воспринимается несущими ребрами.

В домах, где эксплуатационные нагрузки сравнительно небольшие, преимущественно могут применяться панели безкаркасные, т.е. целиком выполненные из древесно-стружечных плит. В этом случае важным условием надежности панели в работе является достаточно высокое качество древесно-стружечных плит, их стыков и клеевых швов, соединяющих ребра и обшивки.

При больших усилиях в панелях или сравнительно большой их протяженности предпочтительнее каркасная система, в которых обшивки могут быть «работающими» или «неработающими». В первом случае в восприятии усилий участвуют и обшивки, и ребра, а во втором – только одни

ребра. В целях экономии материалов и повышения эксплуатационных свойств панелей целесообразен первый тип каркасных панелей. При этом должны быть предъявлены повышенные требования к качеству клеевых швов, соединяющих обшивки и ребра.

В качестве несущего каркаса панелей может быть использована древесина, как в цельном виде (в виде цельного пиломатериала), так и клеёном или в виде комбинированных элементов, т.е. склеенной из древесины в сочетании с древесно-плитными материалами.

### 3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ, РАСЧЕТУ И ИЗГОТОВЛЕНИЮ ПАНЕЛЕЙ ПОЛНОСБОРНОГО ДОМА

#### 3.1. Проектирование панелей

##### 3.1.1. Панели перекрытий (ПП)

3.1. В основу конструктивного решения панелей перекрытия положена ребристая система (рис. 3.1), как наиболее удачно отвечающая требованиям непрерывного поточного изготовления на технологических линиях комбинатов.

Обшивки таких панелей выполнены из достаточно прочного листового материала способного выполнять функции и ограждающие, и несущие. Кроме того, материал обшивок должен быть дешевым, не дефицитным, и содержать минимальное количество стыковых соединений листов по длине панели. Этим условиям на заводах с непрерывной технологией изготовления отвечает древесно-стружечная плита.

3.2. Обшивки панелей перекрытий рекомендуется выполнять из тяжелой древесно-стружечной плиты. Основные требования к плите описаны в [7]. Целесообразно использовать древесно-стружечные плиты длиной на всю панель, что исключает затраты труда и материалов на изготовление стыков. Кроме того, отсутствие стыков позволяет лучше использовать прочностные свойства плиты. Однако при отсутствии длиномерных листов допускается использовать древесно-стружечные плиты размером меньше, чем панель. До начала изготовления панелей, в таких случаях, листы древесно-стружечных плит стыкуются.

3.3. Стыки обшивок приводят к существенному (более 50 %) снижению прочности их. Основные требования к стыкам древесно-стружечных плит, используемых в качестве обшивок панелей, описаны ниже.

3.4. Для изготовления несущих (продольных) ребер в панелях перекрытия могут быть использованы такие материалы, как древесно-стружечные плиты и древесина.

Рекомендуемые типы несущих ребер приведены на рис. 3.2. Все эти ребра прошли экспериментальную проверку и показали положительные результаты за исключением панелей с ребрами типа 3а и 3б. Результаты испытаний панелей с рекомендуемыми ребрами отмечены в работе [4].

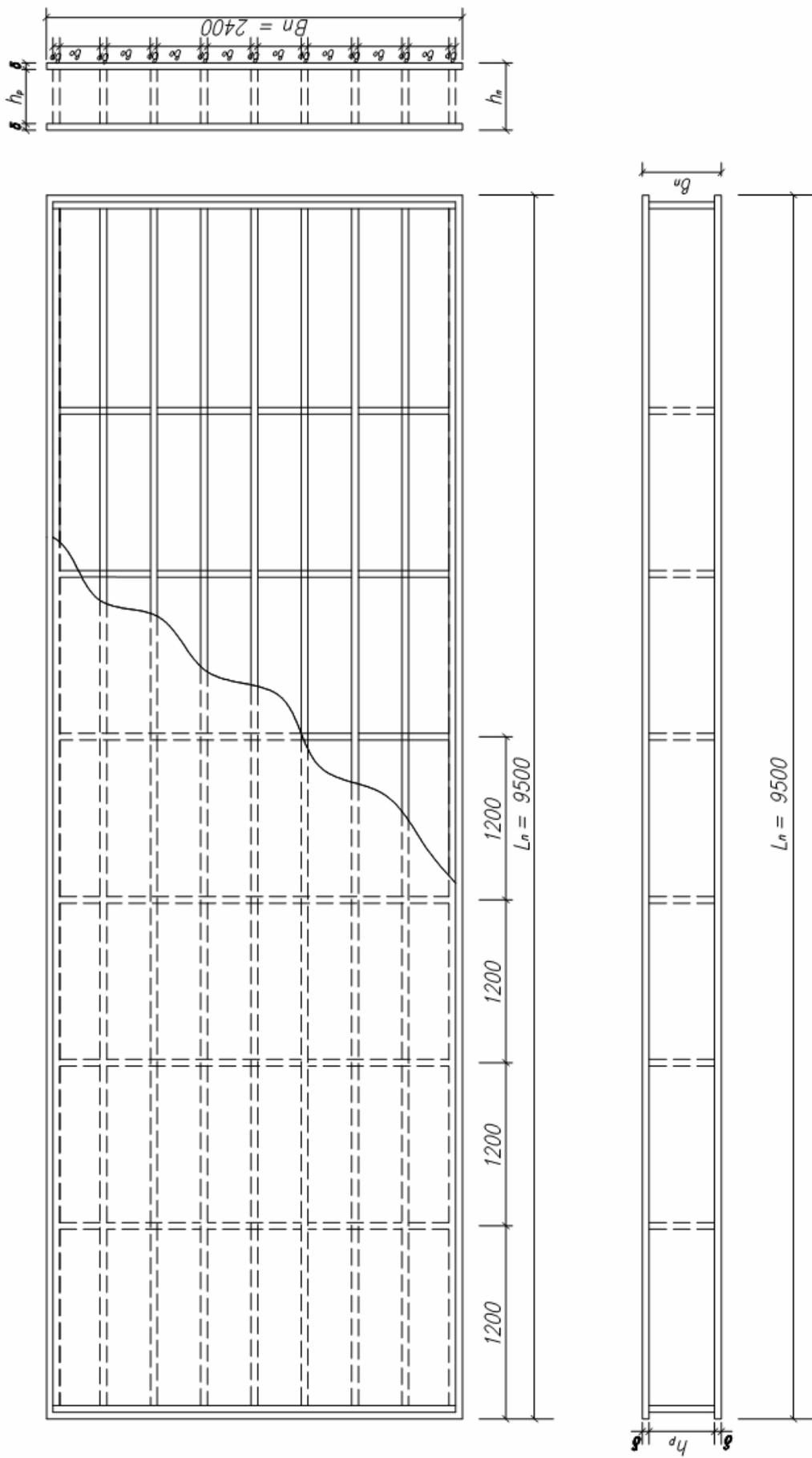


Рис. 3.1.1. Конструктивная схема панели перекрытия

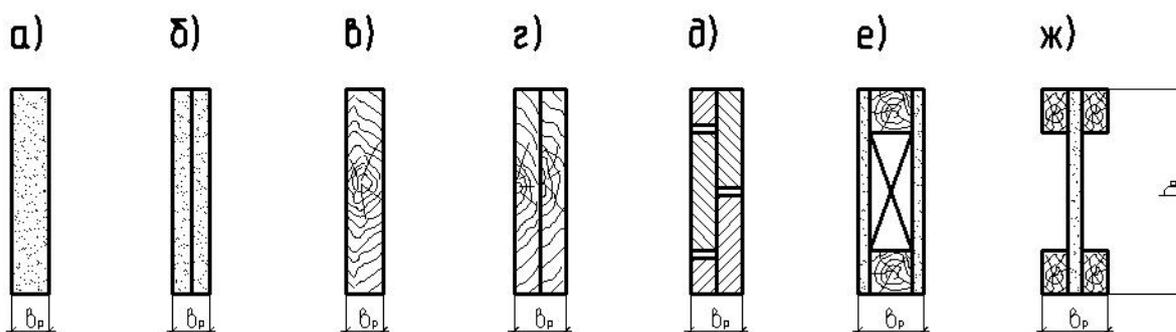


Рис. 3.2. Рекомендуемые типы несущих ребер для панелей перекрытия:  
 а – из одного слоя древесно-стружечной плиты (ПС); б – из двух слоев ПС;  
 в – из цельной доски; г – из спаренных (склеенных между собой) досок;  
 д – из клеёного щита; е – комбинированное ребро коробчатого сечения из ПС  
 и деревянных брусков; ж – комбинированное ребро двутаврового сечения из ПС  
 и деревянных брусков

Ребра типа 3в, 3г (рис. 3.2) выполняются из строганных досок стандартных размеров в соответствии с сортаментом пиломатериалов по ГОСТ 24454-80 «Пиломатериалы хвойных пород. Размеры». Все остальные типы ребер получают путем распиловки предварительно склеенных заготовок необходимых размеров.

Предпочтение следует отдавать ригелям, комбинированным коробчатого сечения из древесно-стружечных плит и деревянных брусков, как более технологичным в изготовлении, экономичным в расходе материалов (особенно древесины) и более надежным в работе панелей.

3.5. Шаг несущих ребер назначается из условия прочности обшивки при местном изгибе, а также необходимости создания требуемой жесткости и несущей способности панели.

При назначении шага несущих ребер необходимо учитывать также единый модуль расстановки несущих ребер для всех панелей дома. Поскольку панели перекрытий воспринимают большие нагрузки (особенно в доме с мансардой), чем все другие панели, допускается применять шаг расстановки несущих ребер в них уменьшенный в целое число раз по отношению к основному модулю для других панелей.

3.6. Соединение обшивок и ребер должно выполняться на клею. В этом случае и обшивки, и ребра совместно участвуют в восприятии нормальных напряжений при изгибе панели. Клеевой шов при этом должен быть достаточно прочным, чтобы воспринимать касательные напряжения при изгибе. В противном случае поперечное сечение панели нельзя считать

монолитным, обшивка будет выполнять только ограждающие функции, а все усилия будут восприниматься только несущими ребрами.

3.7. Качество клеевых швов, соединяющих обшивки и несущие ребра, и надежная работа несущих ребер существенно зависят от отношения  $h_p/b_p$  ( $h_p$  – высота ребра,  $b_p$  – ширина его) и непосредственно от ширины  $b_p$ . При этом необходимо выполнять условия, чтобы  $h_p/b_p \leq 4,5$ , а ширина ребра была не менее 32 мм (после фрезерования).

3.8. Учитывая большие трудности в быстром разрешении проблемы качественных стыков обшивок, повышение несущей способности панелей следует искать в перераспределении усилий по сечению панели с обшивок на ребра, т.е. необходимо так конструировать панель, чтобы основную долю усилий воспринимали несущие ребра. Этому условию отвечает конструкция панели, несущие ребра в которой выполнены из материала с более высоким модулем упругости по сравнению с модулем упругости древесно-стружечных плит. В таких панелях в меньшей степени сказывается ослабление обшивки стыком, так как основную долю напряжений воспринимают ребра и значительно меньшую – обшивки.

3.9. В длинномерных панелях продольные несущие ребра стыкуются по длине. Стыки в дощатых ребрах выполняются впритык с перекрытием стыка парными дощатыми накладками (за исключением крайних ребер, где ставится одна накладка) на клею.

В комбинированных ребрах стыкование каждого элемента (стенки и поясов) необходимо осуществлять «в разбежку». При этом дощатые элементы стыкуются «на зубчатый шип», а стенка из древесно-стружечной плиты – «в косой стык» («клином», «на ус») или «в шпунт».

3.10. Стыки приводят к снижению прочности несущих ребер и всей панели в целом. Необходимо уделять самое серьезное внимание качеству стыков и их месторасположению по длине и ширине панели.

Рациональным решением является такое, когда стыки ребер располагаются в менее напряженных зонах, т.е. в сечениях с минимальным (а лучше с нулевым) изгибающими моментами.

При симметричном нагружении панели и работе ее как неразрезной двухпролетной балки такие сечения находятся на расстояниях, равных, примерно,  $(0,12 - 0,15)\ell$  ( $\ell$  – пролет балки) от средней (промежуточной) опоры. Независимо от этого стыки ребер по ширине панели должны располагаться в разбежку (через одно ребро), т.е. при расположении стыков в слабонапряженных зонах количество застыкованных ребер в одном сечении должно быть не более 50 %.

Если же по ряду причин не удастся осуществить стыки ребер в сечениях с минимальными изгибающими моментами, то стыки необходимо

выполнять в разбежку и по длине, и по ширине панели, причем в каждом сечении должно быть застыковано не более 25 % общего количества несущих ребер. В любом случае необходимо избегать расположения стыков в сечениях с максимальными изгибающими моментами (для рассмотренного случая – в середине длины ребра, т.е. над средней опорой).

3.11. В комбинированных ребрах коробчатого сечения месторасположение стыков стенки и поясов не нормируется. Однако следует избегать выполнения стыков всех элементов ребра в одном и том же сечении. Расстояние между ближайшими стыками поясных брусков по длине должно быть не менее  $20\delta$  ( $\delta$  – толщина бруска).

3.12. Прочность и жесткость панели перекрытия в основном придают продольные несущие ребра и обшивки. Однако в тех случаях, когда панель работает как плита (например, при точном выполнении всех строительномонтажных работ панель может иметь несколько линий опирания на стеновые панели) важную роль для улучшения работы панели играют поперечные ребра.

Поперечные ребра целесообразно выполнять из древесно-стружечных плит. Они обеспечивают совместную работу обшивок в плоскости перпендикулярной основному пролету, повышают ее жесткость, что очень важно при работе панели по схеме плиты. Поперечные ребра собираются из отдельных вставок длиной, равной расстоянию «в свету» между продольными несущими ребрами. Они должны быть надежно прикреплены (приклеены) к обшивкам. Шаг поперечных ребер должен назначаться не менее 1200 мм.

3.13. Панели при использовании их в качестве чердачного перекрытия с мансардой или без нее должны быть утеплены. Эффективные утеплители с точки зрения эксплуатационных свойств и противопожарных норм, а также основные требования к ним описаны в пп. 3.14, 3.15, 3.16, 3.17.

3.14. В качестве утеплителя для каркасных ребристых панелей рекомендуются эффективные теплоизоляционные материалы с коэффициентом теплопроводности не более  $0,06$  ккал/м.ч. $^{\circ}$ С, например:

- полужесткие, жесткие минераловатные и стекловатные плиты и прошивные маты с объемной массой  $75$ – $150$  кг/м $^3$ ;
- безусадочные виды заливочных резольно-фенолоформальдегидных пенопластов.

3.15. Плотность материала утеплителя по толщине должна быть равномерной. Наличие на его верхней поверхности материала с повышенными значениями плотности и сопротивления паропроницанию по сравнению с материалом среднего слоя может привести к конденсации влаги в утеплителе и ухудшению теплозащитных качеств конструкции.

3.16. Утеплитель из минераловатных плит должен быть уложен сплошным слоем – без зазоров между отдельными его плитами и элементами каркаса. Верхняя поверхность утеплителя должна быть ровной. Отдельные отклонения толщин утеплителя от основной плоскости его поверхности не должны превышать  $\pm 5$  мм. При укладке утеплителя в ячейки ребристой панели не допускать наличия его на верхних кромках каркаса, так как это приводит к снижению прочности клеевых швов между каркасом и верхней (в процессе изготовления) обшивкой.

Укладка минераловатных плит, имеющих влажность выше максимальной сорбционной, не допускается.

3.17. Резольно-фенолформальдегидные пенопласты желательно применять в виде заливочной массы, вспениваемой в полостях панели и приклеиваемой к внутренним поверхностям обшивок и ребер в процессе отвердевания вспененной массы.

3.18. Для повышения долговечности в панелях должна быть выполнена пароизоляция. Рекомендуется использовать обмазочную пароизоляцию, как наиболее отвечающую технологическим и техническим требованиям для рассматриваемых конструкций панелей. Основные положения по выполнению пароизоляции в панелях приведены в пп. 3.72–3.77.

3.19. Подъем панелей при транспортировке и монтаже должен осуществляться не менее чем за три точки по длине, т.е. по схеме работы ее, близкой к расчетной от эксплуатационных нагрузок. В противном случае панель может разрушиться под собственным весом. Для подъема должны использоваться специальные траверсы, позволяющие перемещать панель (по вертикали и горизонтали) без перекосов, толчков, с равномерной загрузкой всех рабочих стропов траверс.

Допускается подъем панели за две точки по ее длине при обязательном расчете прочности на действие монтажной нагрузки (собственного веса) по принятой схеме строповки.

3.20. В целях обеспечения жесткости всего перекрытия, состоящего из нескольких панелей, необходимо следить за качественным выполнением стыков панелей. Рекомендуемые типы стыков приведены на рис. 3.3. Надежность стыков способствует обеспечению совместной работы всех панелей, устраняет перегрузку отдельных панелей и способствует перераспределению усилий между ними. Поэтому в процессе монтажа необходимо следить за правильным и качественным выполнением стыков панелей в соответствии с проектом. Практика показала, что более предпочтительным стыком панелей является стык на рис. 3.3в.

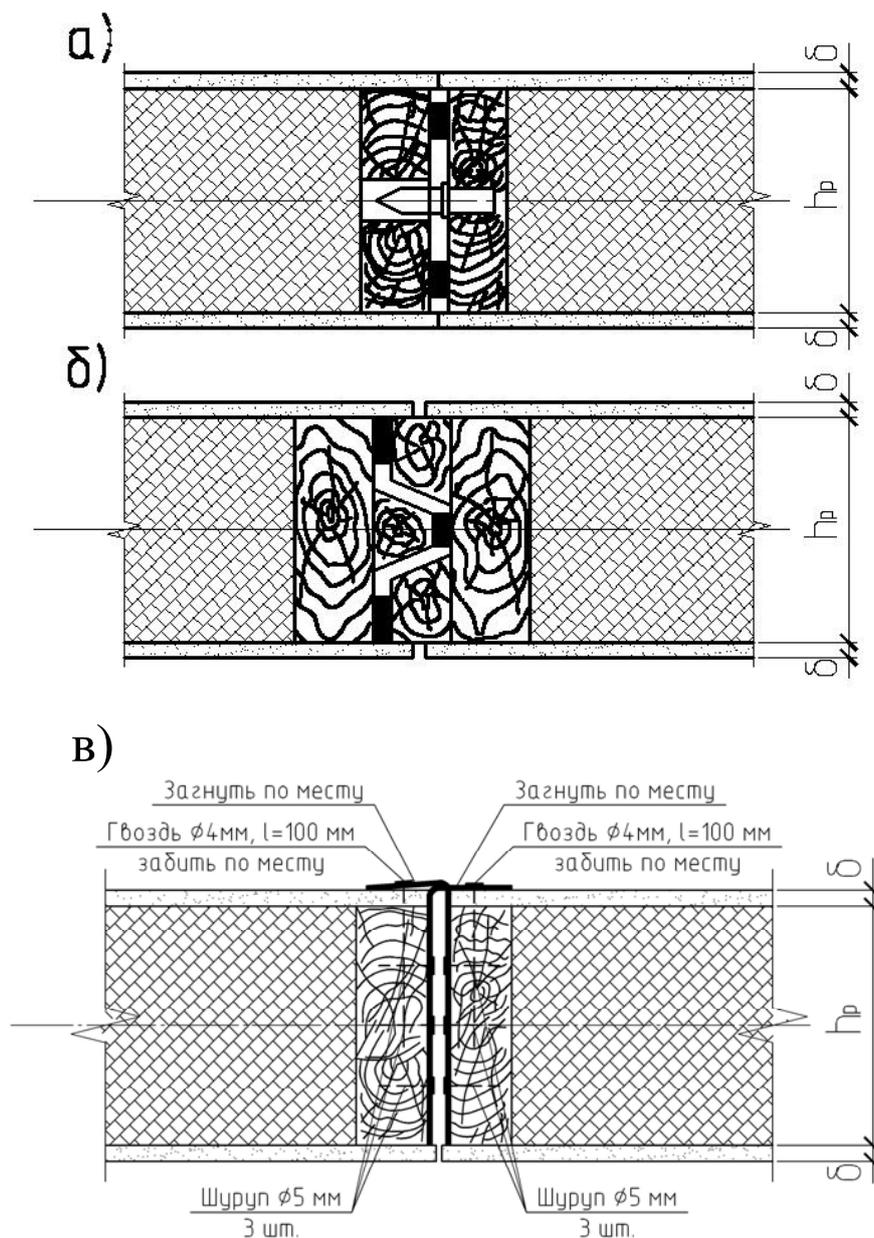


Рис. 3.3. Стыки панелей перекрытий

### 3.1.2. Панели наружных стен (НС)

3.21. Все панели наружных стен выполняются по единому конструктивному решению и состоят из двух обшивок, вертикальных несущих ребер и двух горизонтальных обвязочных ригелей, располагающихся по нижней и верхней продольным кромкам панели (рис. 3.4). В малоэтажных домах панели выполняют не только ограждающие, но и несущие функции, воспринимая довольно большие вертикальные и горизонтальные нагрузки, а также усилия от температурных воздействий.

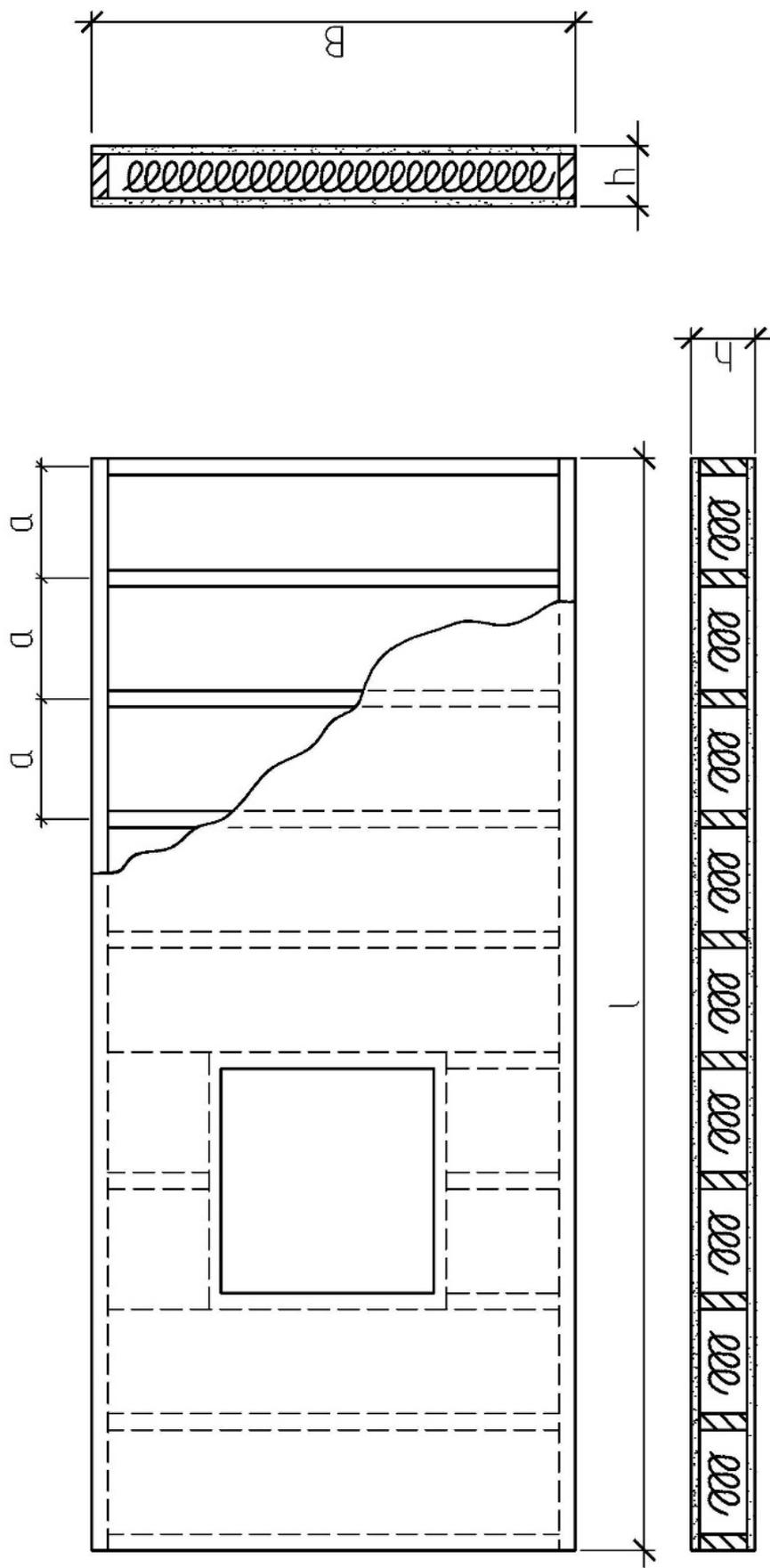


Рис. 3.4. Конструктивная схема панели наружной стены

Панель каждой наружной стены дома чаще всего является неразрезной конструкцией, на работу которой существенно влияют изменения влажности и перепады температур. Результаты обследования показывают, что это влияние настолько существенно, что приводит даже к появлению вертикальных трещин во внутренних обшивках панелей в процессе эксплуатации дома. Для уменьшения температурно-влажностных деформаций обычно рекомендуется разрезать панель по длине на отдельные участки с устройством компенсационных швов. Однако это приводит фактически к увеличению монтажных элементов для наружных стен и появлению большого числа стыков панелей. Устройство же локальных компенсационных швов только в одной внутренней обшивке затрудняет безопасную транспортировку и монтаж панелей.

3.22. Для сохранения несущих свойств стеновых панелей при появлении в обшивках вертикальных трещин от резких колебаний температуры и влажности целесообразно иметь достаточно жесткий несущий каркас, который мог бы воспринимать на себя дополнительную нагрузку при выходе обшивок из нормальной работы.

3.23. В качестве несущего каркаса могут быть использованы деревянные или комбинированные ребра, изображенные на рис. 3.2.

3.24. Допускается стыковать несущие ребра по длине. Для ребер, выполненных из цельных или попарно склеенных досок, стыкование выполнять «на зубчатый шип». При использовании маломерного пиломатериала необходимо, чтобы длина склеиваемых досок была не менее  $20\delta$  (где  $\delta$  – толщина доски).

Для комбинированных ребер стыки поясных досок и древесностружечной плиты выполняются в разбежку аналогично стыкам в комбинированных ребрах для панелей перекрытий (см. п. 3.9).

3.25. В качестве утеплителя для панелей наружных стен могут быть использованы минераловатные плиты, прошивные маты или фенольный пенопласт в виде готовых блоков или вспениваемого в полостях панели. Основные требования к материалам утеплителя указаны в пп. 3.14–3.17.

С целью сокращения ручных операций по укладке минваты в полости панели желательно произвести предварительное укрупнение минераловатных плит в готовые блоки по размеру ячеек полостей. Однако эта операция имеет наибольший эффект в тех случаях, когда соблюдается единый шаг между несущими ребрами, а следовательно, имеет место унификация размеров ячеек полостей. В наилучшей степени этого можно добиться, используя ребра коробчатого сечения.

3.26. Толщина панелей чаще всего определяется теплотехническим расчетом, вследствие чего несущая способность их, как правило, получается завышенной. Особенно это относится к панелям с деревянными несущими ребрами сечением  $44 \times 118$  мм (из стандартной доски  $50 \times 125$  мм).

Однако независимо от расчета, при окончательном назначении размеров поперечного сечения ребра, и особенно его толщины, не следует принимать слишком узкие ребра ввиду опасности преждевременного разрушения клеевых швов, соединяющих ребра и обшивки (см. п. 3.29).

3.27. Независимо от наличия жесткого несущего каркаса при проектировании и изготовлении панели необходимо стремиться к тому, чтобы обеспечить совместную работу обшивок и несущих ребер. Это достигается путем надежного склеивания их между собой в процессе изготовления панелей.

3.28. Основные требования к клеям и технологическим операциям по склеиванию панелей приведены в п. 3.3.

При надлежащем качестве клеевых швов обшивки и ребра совместно участвуют в восприятии усилий, возникающих в панели при действии вертикальных и горизонтальных нагрузок. В противном случае обшивка выполняет только ограждающие функции.

3.29. Качество клеевых швов, соединяющих несущий каркас и обшивки, существенно зависит от ширины ребер каркаса. С увеличением ширины прочность швов повышается не только за счет абсолютного увеличения площади шва, но и за счет повышения качества приклейки. Поэтому, исходя из этих условий, необходимо ширину несущих ребер назначать не менее 35 мм.

3.30. Шаг несущих ребер в панелях стен назначается исходя из требований единой модульной системы при расстановке ребер во всех других конструктивных элементах дома. Расстояние между ребрами «в свету» дополнительно проверяется на местную устойчивость при сжатии панели вертикальной нагрузкой.

Желательно шаг несущих ребер в панелях сохранять постоянным, независимо от наличия оконных и дверных проемов, а также мест примыкания к ним внутренних стен.

3.31. В целях снижения трудоемкости, материалоемкости, повышения качества клеевых швов, а также лучшего соблюдения единой модульной расстановки несущих ребер по длине панели для широкого применения рекомендуется комбинированные ребра коробчатого сечения (рис. 3.2). Указанные ребра не требуют пиломатериалов повышенных сечений, а общий объем древесины в них уменьшается.

3.32. По длинным сторонам стеновых панелей укладываются продольные кромочные ригели. Эти ригели не являются несущими, с точки зрения работы самой панели, однако они способствуют более равномерному перераспределению вертикальной нагрузки на основные несущие ребра и, тем самым, разгружают клеевые швы между обшивками и ребрами. Для лучшего выполнения перераспределительных функций эти ригели должны иметь достаточно большую жесткость. Целесообразно принимать кромочный ригель из доски толщиной не менее 44 мм (до острожки 50 мм).

3.33. В целях повышения долговечности панелей наружных стен и всех других конструктивных элементов деревянных домов при воздействии на них микроклимата зданий и атмосферных факторов необходимо при проектировании учитывать рекомендации пп. 3.71 – 3.79.

### 3.1.3. Панели внутренних стен (ВС)

3.34. Панели внутренних стен рекомендуется выполнять по единой конструктивной схеме. Это вводит полную унификацию в изготовление и монтаж их, а также раскрывает большие возможности в вариации объемно-планировочного решения дома

Для панелей с обшивками из древесно-стружечных плит наиболее предпочтительной является ребристая конструкция с регулярно повторяющимися вертикальными или вертикальными и горизонтальными ребрами. Унифицированность конструкции всех внутренних панелей позволяет изготавливать их в условиях домостроительных комбинатов по непрерывной технологии, путем предварительного склеивания крупных заготовок с последующей распиловкой их на более мелкие панели требуемых размеров.

Единство конструктивного решения для всех панелей позволяет считать их несущими, независимо от расположения в пространственной коробке дома.

Степень включения в работу зависит от месторасположения панели в доме, а также от точности изготовления, монтажа и качества работ по устройству фундамента.

Основная работа панелей внутренних стен – на центральное сжатие. Ввиду сравнительно высокой гибкости панелей необходимо учитывать при этом явление продольного изгиба, т.е. возможность потери устойчивости их из плоскости.

3.35. Рекомендуемые конструктивные схемы панелей внутренних стен приведены на рис. 3.5.

3.36. Все элементы (ребра, кромочные ригели и обшивки) панелей рекомендуется выполнять из древесно-стружечных плит. Эксперименты и расчеты показывают достаточную несущую способность таких панелей в системе одноэтажного дома, а наличие однотипного материала повышает качество клеевых швов между ребрами и обшивками. Требования, предъявляемые к древесно-стружечным плитам, отмечены в работе [4].

3.37. Основными несущими элементами панелей являются обшивки. Ребра (как горизонтальные, так и вертикальные) служат лишь соединительными элементами, обеспечивающие совместность работы обшивок и способствующие, главным образом, повышению жесткости всей панели. Последнее достигается лишь при условии надлежащей прочности клеевых швов, соединяющих ребра и обшивки.

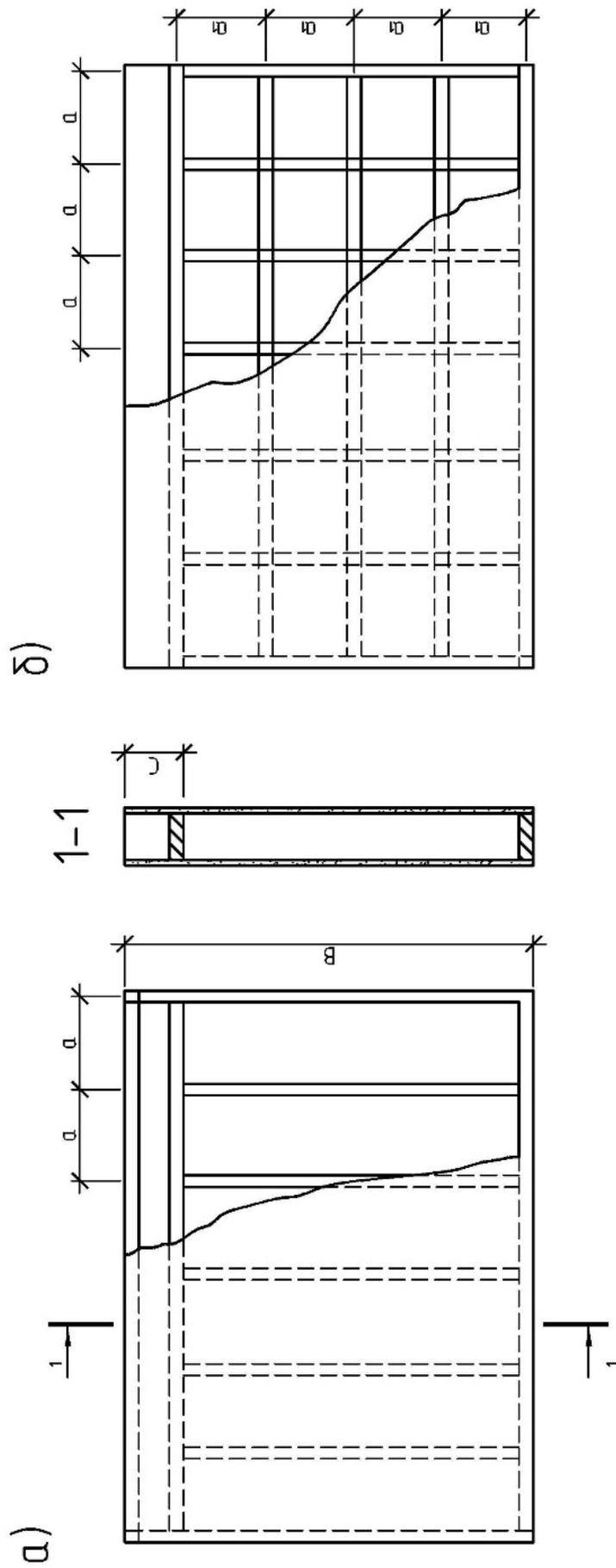


Рис. 3.5. Конструктивные схемы панелей внутренних стен из ДСП:  
 а – с вертикальными ребрами; б – с вертикальными и горизонтальными ребрами

3.38. Рекомендуется ставить в панелях взаимоортогональные ребра, т.е. и вертикальные, и горизонтальные (см. рис. 3.5б). Это способствует повышению устойчивости панели (а, следовательно, и несущей способности), т.к. наличие горизонтальных ребер повышает жесткость панели в направлении этих ребер, вследствие чего она работает в двух направлениях как пластина, опертая по четырем сторонам. Кроме того, горизонтальные ребра, при всех прочих одинаковых условиях, повышают прочность клеевых швов, соединяющих обшивки и ребра, что очень важно для обеспечения совместности работы обшивок. Горизонтальные ребра выполняют также функции соединительных накладок для стыковых соединений листов древесно-стружечных плит, если таковые имеются в обшивках. Наконец, создание герметических отсеков в панели повышает огнестойкость их, т.к. в таких случаях затрудняется горение.

3.39. Для лучшего сопряжения горизонтальных и вертикальных ребер (кроме контурных) целесообразно их выполнять в виде «гребенки», с прорезями в местах их взаимного пересечения. Толщина всех промежуточных ребер может быть принята равной толщине древесно-стружечной плиты, из которой изготавливается панель.

3.40. Кромочные (по всему контуру панели) ригели рекомендуется выполнять удвоенной толщины по сравнению с ребрами промежуточными. Это повышает надежность работы панели, т.к. эксперименты показывают, что разрушение панелей происходит сразу же после отрыва обшивок от контурных кромочных ригелей.

3.41. Для укладки электропроводки в верхней части панелей могут быть оставлены каналы. Обшивка панелей на этих участках работает на местную устойчивость по консольной схеме. Эксперименты показали, что наличие консольных участков обшивки приводит к снижению несущей способности панели.

В целях повышения устойчивости консольных участков панели и снижения их влияния на работу всей панели в целом необходимо увеличить жесткость (или уменьшить гибкость) консольных участков. Это может быть достигнуто либо путем уменьшения длины консольных участков до минимально возможной величины из условия укладки электропроводки в канале с доведением ее до 100–120 мм, либо путем утолщения консольных участков с помощью дополнительно приклеенных полос из древесно-стружечной плиты, либо постановкой ребер жесткости (с отверстиями под проводку) в местах расположения вертикальных ребер в панели. Первый вариант предпочтительнее, так как не требует введения каких-либо дополнительных технологических операций.

### 3.1.4. Кровельные щиты (КЩ)

3.42. В полносборных деревянных домах вся крыша должна собираться из небольшого числа крупных индустриальных элементов (щитов). На комбинатах, выпускающих дома с применением древесно-стружечных плит, кровельные щиты целесообразно выполнять тоже с использованием древесно-стружечных плит.

Комбинированная конструкция кровельного щита, применяемого в деревянных полносборных домах, приведена на рис. 3.6.

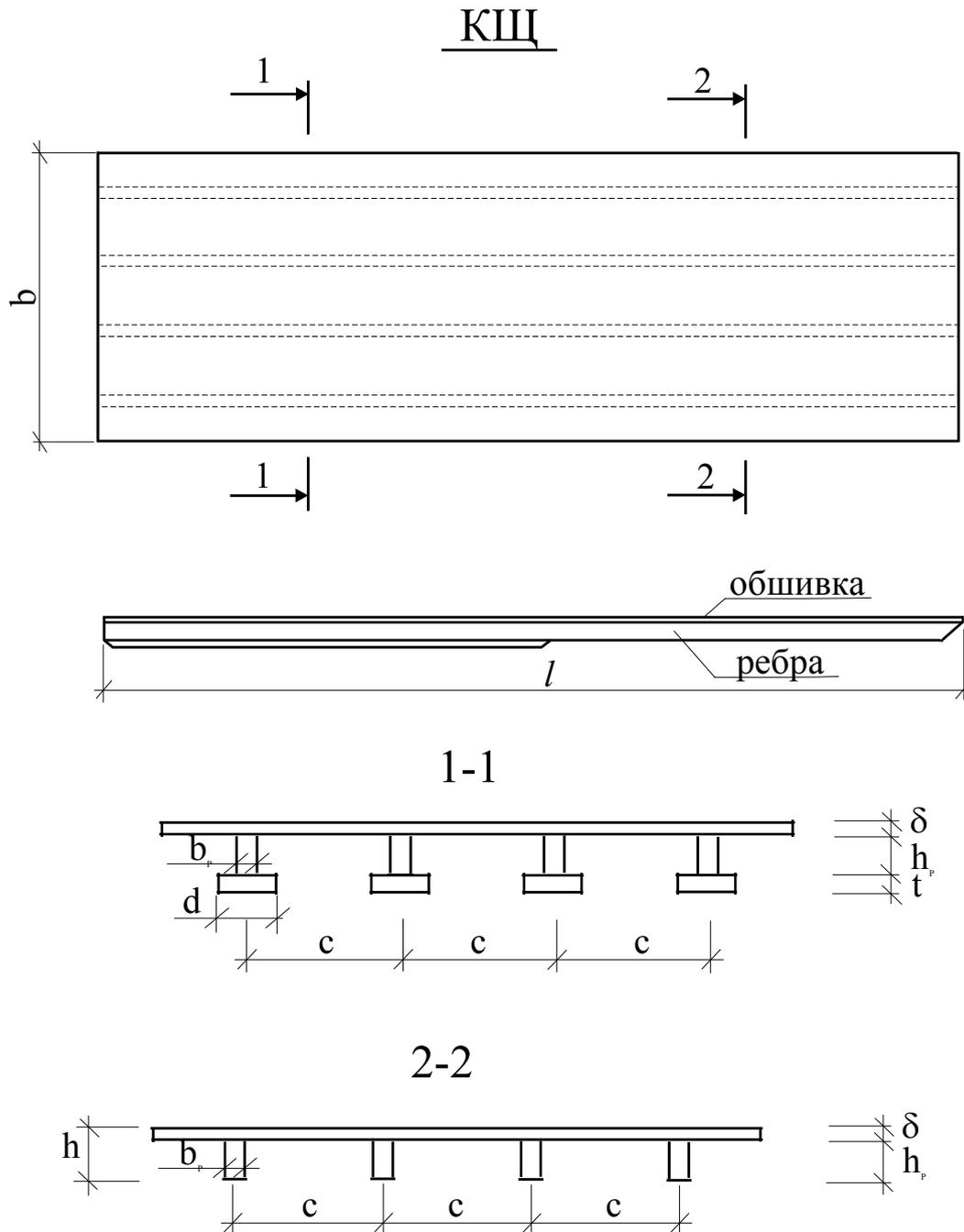


Рис. 3.6. Кровельный щит

Ниже даны рекомендации по проектированию щитов комбинированных конструктивных решений, т.е. имеющих несущие деревянные ребра (стропильные ноги) и обшивку из древесно-стружечных плит.

3.43. Принципы изготовления кровельных щитов, изображенных на рис. 3.6, аналогичны таковым для панелей наружных стен. Они достаточно хорошо вписываются в непрерывную технологию изготовления клеёных панелей полносборных деревянных домов.

3.44. Крыша дома получается путем наклонной постановки кровельных щитов с передачей распора на упоры-пластины, приклеенные к панелям перекрытия. В коньковом узле щиты взаимно упираются друг в друга. По высоте крыши щиты дополнительно соединяются ригелями-схватками, служащим как бы распорками в общей стропильной системе дома.

3.45. Кровельные щиты могут образовывать крышу дома с различными уклонами ската в зависимости от вида кровельного материала, наличия (или отсутствия) мансарды и архитектурных соображений.

Для дома с мансардой уклон щитов к горизонту рекомендуется применять не менее  $40^\circ$ , а при отсутствии мансарды уклон может быть уменьшен до  $30^\circ$  (под асбестоцементную кровлю). Целесообразность уменьшения уклона крыши для дома без мансарды должна быть подкреплена архитектурными соображениями и технико-экономическими расчетами, т.к. при этом меняется расход материалов, идущих на изготовление щитов, и понижается эксплуатационная надежность и архитектурная выразительность крыши дома.

3.46. Обшивка и стропильные ноги соединяются между собой с помощью клея. При достаточно качественном клеевом шве обшивка и стропильные ноги работают совместно. Это может привести к уменьшению расхода древесины на изготовление стропильных ног. Однако совместную работу обшивки и стропильных ног можно учитывать лишь тогда, когда они соединены между собой с помощью водостойкого клея. На имеющихся предприятиях склеивание производится карбомидными клеями горячим способом, что может привести к преждевременному разрушению клеевых швов, вследствие повышенного увлажнения крыши при атмосферных осадках. Последнее не дает основания учитывать при проектировании щитов совместную работу обшивки и стропильных ног.

3.47. На основании п. 3.46 следует считать, что обшивка щитов служит лишь ограждающим элементом, хотя и повышает в целом жесткость щита при транспортировке, монтаже и в начальной стадии работы дома. Несущая способность крыши обеспечивается стропильными ногами, поэтому они должны полностью воспринимать горизонтальные и вертикальные нагрузки, действующие на крышу дома в процессе эксплуатации.

3.48. Независимо от п. 3.47 необходимо отдавать должное внимание качеству клеевых швов, соединяющих обшивку и стропильные ноги, т.к. это будет способствовать повышению надежности работы всей крыши.

3.49. Стропильные ноги выполняются из досок, поставленных на ребро. Сечение досок определяется расчетом на действие постоянных и временных нагрузок от покрытия, снега и ветра. При необходимости

требуется расчет их и на монтажный груз, хотя при наличии качественных клеевых швов, оговоренных в п. 3.48, этот расчет можно не производить.

Вследствие увеличенных расчетных усилий, а также для решения опорного узла нижняя часть (начиная от распорки) стропильных ног может выполняться усиленной, т.е. таврового сечения (путем приклейки дополнительной доски к существующей)

3.50. Шаг стропильных ног определяется единым модулем расстановки несущих ребер во всех панелях дома, т.е. принимается таким же, как в панелях наружных стен.

3.51. При длине стропильной ноги, превышающей нормальную длину сортамента досок, допускается стыкование их. Стыки необходимо располагать в нижней части стропильной ноги на участке, где к ней наклеивается дополнительная доска. Стыки выполняются с помощью парных стыковых накладок на клею (рис. 3.7а).

Суммарная толщина накладок должна быть не менее толщины стропильной доски. Приклеивание накладок осуществлять водостойким клеем (типа СФЖ, ФР-12, ФР-100). В качестве опрессовки можно использовать гвоздевой прижим.

Допускается выполнять стык стропильной доски «на зубчатый шип» (рис. 3.7б). При этом стык должен располагаться на участке, где к стропильной ноге приклеивается дополнительная горизонтальная доска, качество приклейки которой должно быть достаточно надежным.

Рекомендуемые стыки стропильных ног показаны на рис. 3.7.

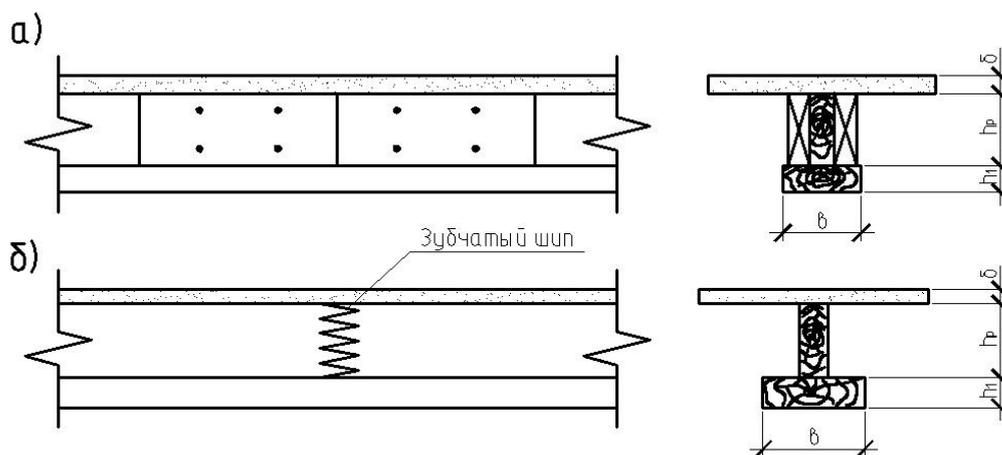


Рис. 3.7. Виды стыков стропильных ног:  
а – с накладками на клею; б – «на зубчатый шип»

3.52. Качество древесины, применяемой при изготовлении стропильных ног, должно отвечать требованиям не ниже 2-го сорта.

3.53. Ригель распорка служит промежуточной опорой кровельных щитов. При действии на крышу вертикальных нагрузок она работает на сжатие, поэтому определяющим для нее является возможная потеря устой-

чивости. Необходимо, чтобы гибкость ее не превышала предельную, равную  $\lambda = 150$ .

Поперечные сечения распорки показаны на рис. 3.8.

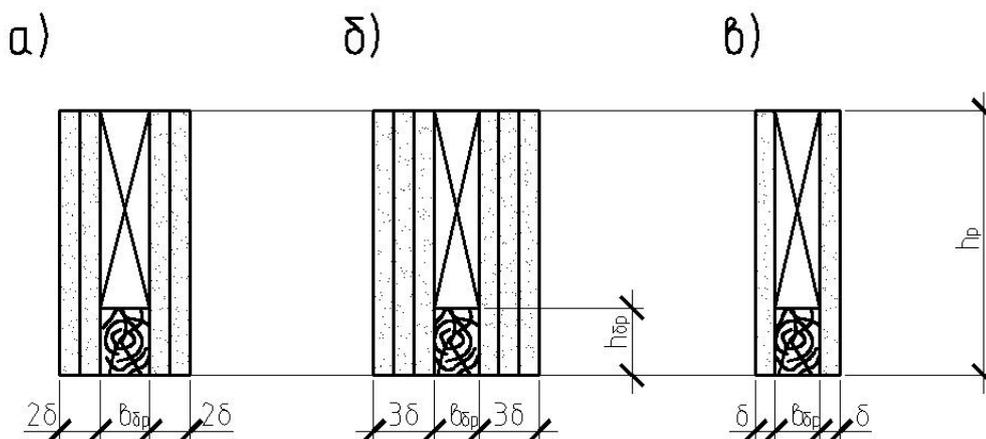


Рис. 3.8. Поперечные сечения ригеля-распорки

В основу сечений, изображенных на рис. 3.8, положены деревянный брусок размером  $b_{бр} \times h_{бр}$  и несколько слоев древесно-стружечных плит. Толщина бруска  $b_{бр}$  должна быть равна толщине вертикальной доски стропильной ноги, так как стропильная нога вводится в паз, имеющийся вверху распорки на ее концах.

В зависимости от длины распорки (выполняя условие предельной гибкости) с каждой стороны бруска может быть приклеен один, два или три слоя из древесно-стружечных плит.

Уменьшение гибкости распорки из плоскости можно добиться также за счет уменьшения свободной длины путем постановки связей жесткости. В таких случаях связями раскрепляются стропильные ноги одного какого-либо щита, а все другие распорки соединяются по середине своей длины продольным дощатым элементом на гвоздях.

Схема постановки связей показана на рис. 3.9.

3.54. При действии ветровой нагрузки, а также при нагрузках от собственного веса щитов в процессе монтажа, ригель-распорка не служит промежуточной опорой для стропильных ног. Это приводит к значительному увеличению изгибающих моментов в стропильных ногах, а следовательно, может явиться причиной преждевременного разрушения кровельных щитов (особенно при монтаже). Для устранения последнего под кровельные щиты в местах сопряжения ригеля-распорки со стропильными ногами во время монтажа должны быть подведены временные стойки или же несущие стены мансарды (см. поз. 3 на рис. 3.9).

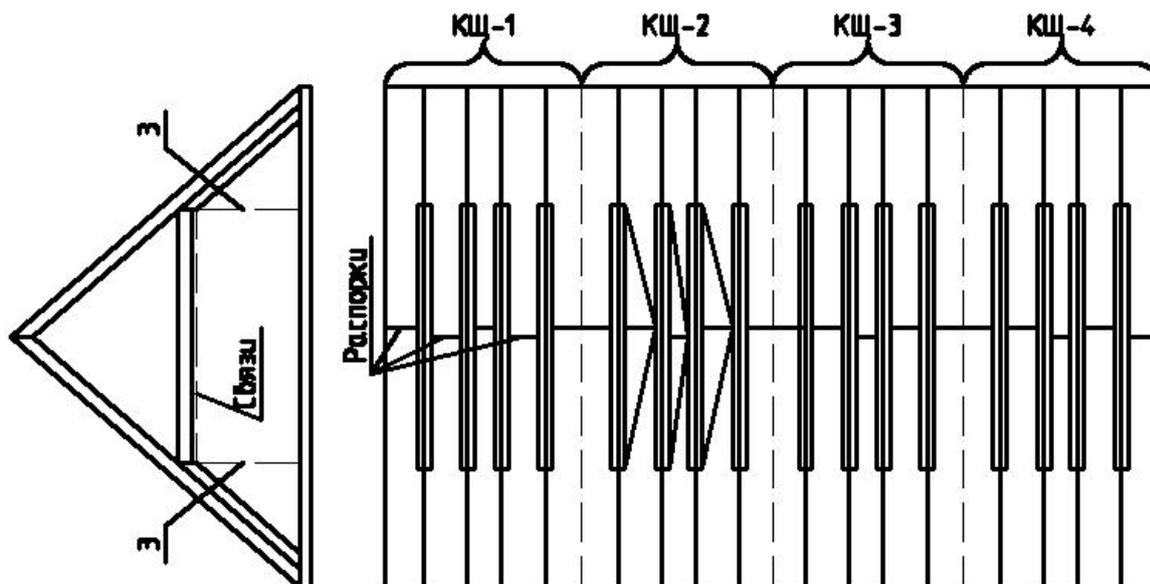


Рис. 3.9. Схема расстановки связей в щитах покрытия

### 3.1.5. Стыки и узлы панелей

3.55. Вертикальные стыки стеновых панелей должны быть тщательным образом заделаны эластичными герметиками или вспененными пенопластами. Конструкция стыка должна обеспечить воздухо- и водонепроницаемость, достаточную теплоизоляцию и свободу линейных (температурных) деформаций панели. Между собой панели должны иметь надежное крепление.

3.56. Крепление панелей наружных и внутренних стен должны обладать необходимой прочностью, быть удобным при монтаже, а также давать возможность свободно деформироваться панелям при температурных и влажностных воздействиях.

3.57. Для полносборных деревянных одноэтажных домов наилучшим образом требованиям пп. 3.55 и 3.56 отвечают крепления панелей при помощи металлических деталей и болтов. Панели в местах крепления снабжаются отверстиями, равными диаметру болта плюс 2–3 мм. Диаметр болтов при этом принимать 8–12 мм. Под головки болтов должны быть поставлены металлические шайбы размером не менее 45×45×4 мм.

3.58. Конструкция стыков панелей наружных с наружными и наружных с внутренними стенами, отвечающие пп. 3.55–3.57, приведены на рис. 3.10.

3.59. При монтаже панелей необходимо добиваться достаточно плотного контакта между панелями наружных и внутренних стен путем подтяжки монтажных болтов. Это необходимо для повышения устойчивости

панелей, так как каждая панель в месте взаимного их пересечения служит своего рода опорой для другой и препятствует общей потере устойчивости.

3.60. Для обеспечения лучшей герметизации стыков необходимо между панелями укладывать упругие прокладки, которые при монтаже должны быть обжаты с помощью подтяжки болтов не менее чем на 30–40 % своего первоначального объема. При этом не следует допускать чрезмерного (более 45 % первоначального объема) обжатия упругих прокладок.

3.61. Крепление панелей внутренних стен между собой в целях повышения сборности и пространственной жесткости всего здания желательно выполнять аналогично изображенным на рис. 3.10, т.е. с применением металлических болтов и деталей.

3.62. Стыкование панелей перекрытия можно осуществлять с помощью металлических глухих нагелей, если сверление отверстий под их установку производится на специализированных станках, обеспечивающих высокую точность их установки. В противном случае стыки целесообразнее выполнять с помощью приклеенных деревянных брусков, образующих паз для взаимного упора панелей по все их длине или с применением металлических полоз.

Общий вид стыков панелей перекрытия показан на рис. 3.3.

3.63. Опираие кровельных щитов на панели перекрытия необходимо производить через опорный деревянный брус (или доску на ребро), который позволяет более равномерно передавать давление со стропильных ног на панели перекрытия по всей длине здания.

С целью обеспечения несущей способности и надежности работы опорного узла необходимо максимально исключить опасную работу древесины стропильных ног на скалывание, раскалывание (местные напряжения отрыва поперек волокон древесины) и, особенно, на совместное их действие. Более благоприятным видом работы древесины при этом является скалывание с прижимом.

3.64. Не рекомендуется делать большие подрезки стропильных ног у опор (например, по рис. 3.11). Резкое изменение поперечного сечения стропильной ноги у опоры приводит к значительной концентрации скалывающих и раскалывающих напряжений в зоне опирания, что в свою очередь, способствует преждевременному разрушению стропильных ног. В соответствии со СНиП II-25-80 величина подрезки изгибаемых элементов прямоугольного сечения на опоре допускается глубиной не более  $0,25h$  ( $h$  – высота элемента) при условии  $A/(bh) \leq 0,4$  МПа (где  $A$  – опорная реакция,  $b$  и  $h$  – размеры сечения элемента).

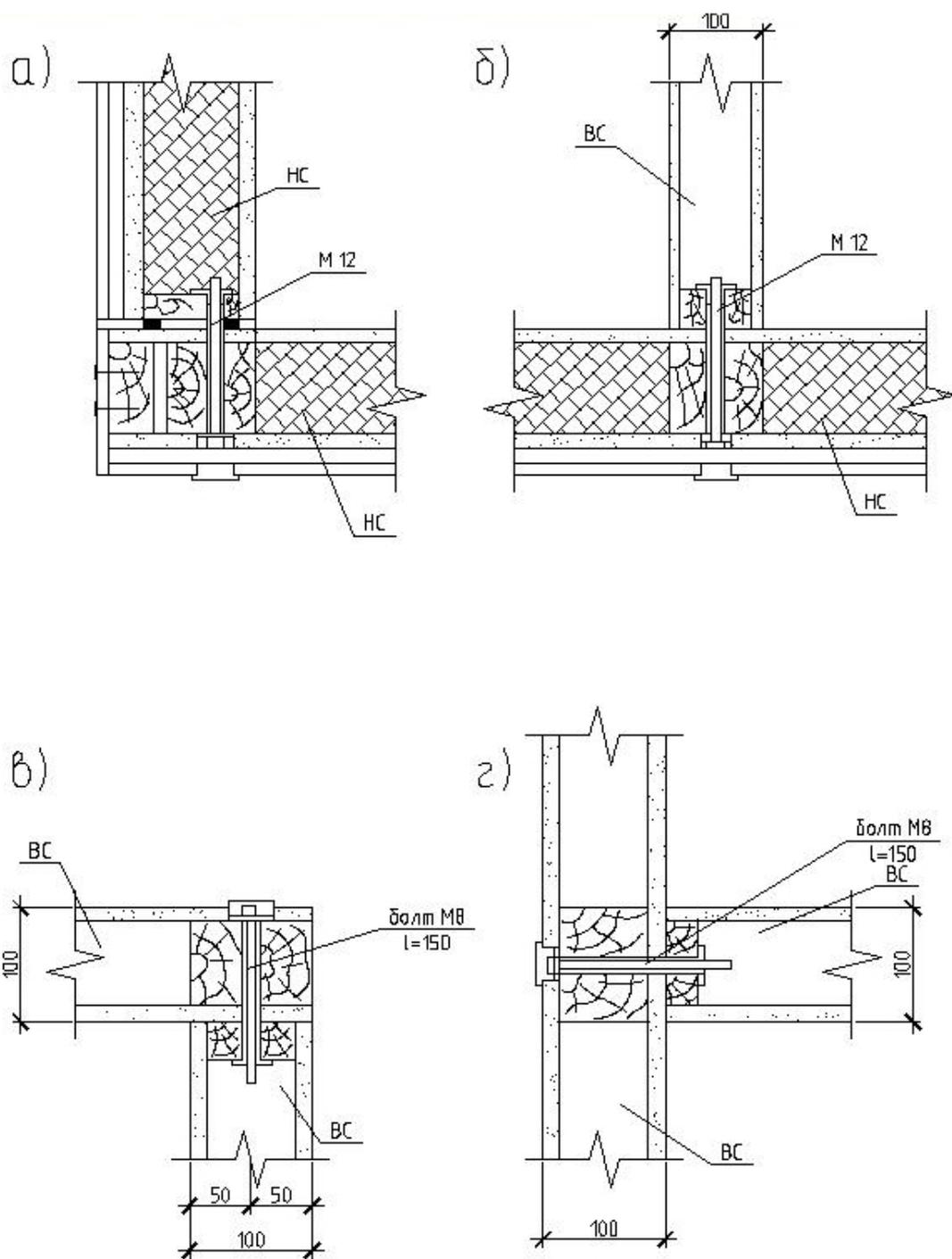


Рис. 3.10. Конструкция стыков панели:  
 а – наружной с наружной; б – наружной с внутренней;  
 в, г – внутренней с внутренней

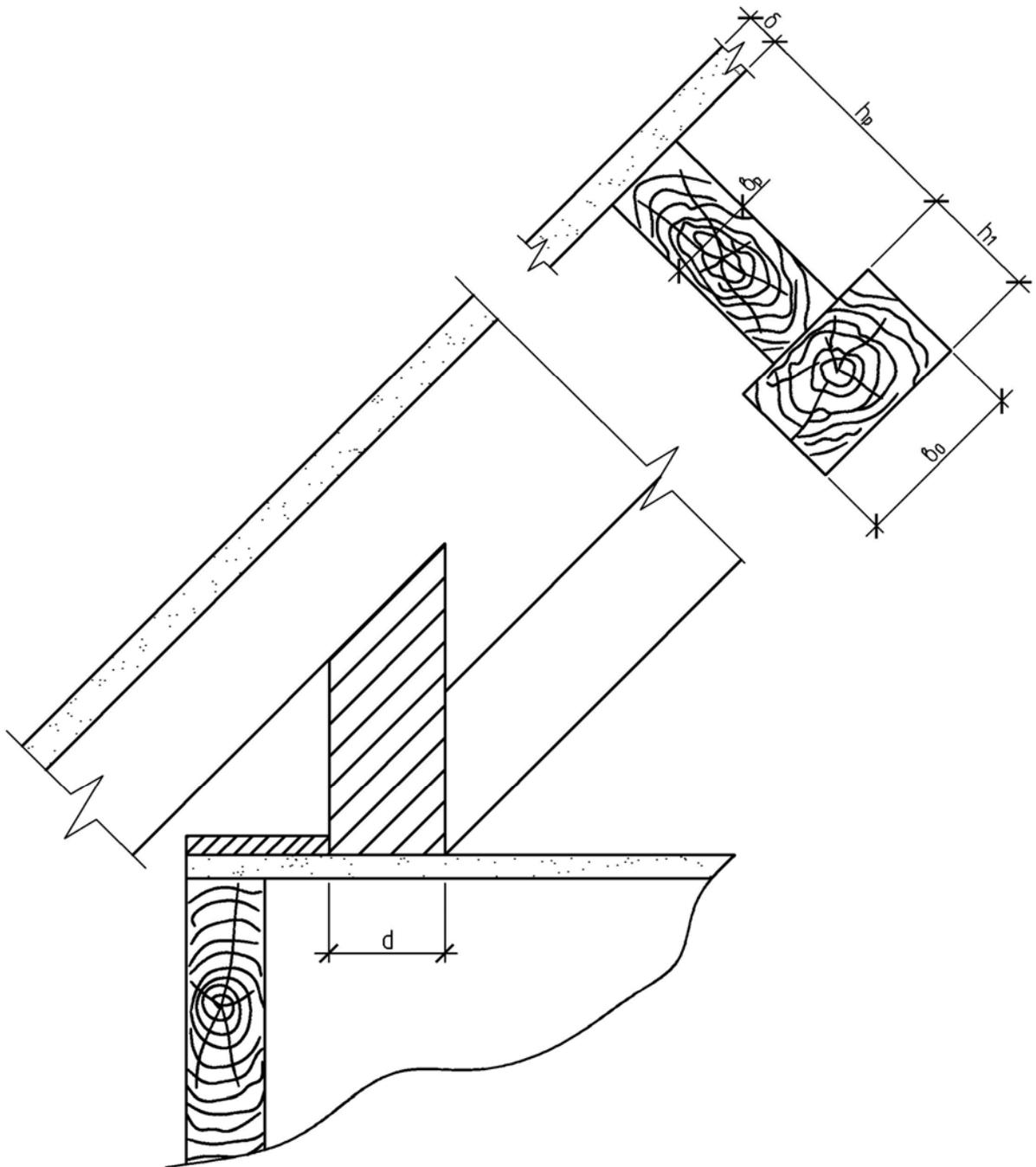


Рис. 3.11. Опорный узел стропильной системы с подрезкой (Шведский вариант)

3.65. Рекомендуемая конструкция опорного узла кровельных щитов с учетом особенностей, отмеченных в пп. 3.63 и 3.64, показана на рис. 3.12.

Поперечный распор стропильных ног передается через опорный брус на деревянную планку (доски), которая приклеивается водостойким синтетическим клеем (марки СФЖ, ФР-12, ФР-100 и т.п.) с дополнительным обжатием шурупами к верхним обшивкам панелей перекрытий. Передача опорных реакций, возникающих в узле, показана на рис. 3.12.

3.66. При передаче опорного давления  $N$  через торец стропильной ноги (рис. 3.12) величина подрезки (для выполнения карнизной части крыши) не имеет какого-либо существенного значения для напряженного состояния опорной части и назначается исходя из конструктивных требований при проектировании карнизного узла. Передача же опорной реакции  $A$  снизу стропильной ноги создает благоприятный прижим нижней части стропилы, улучшающей работу ее на скалывание.

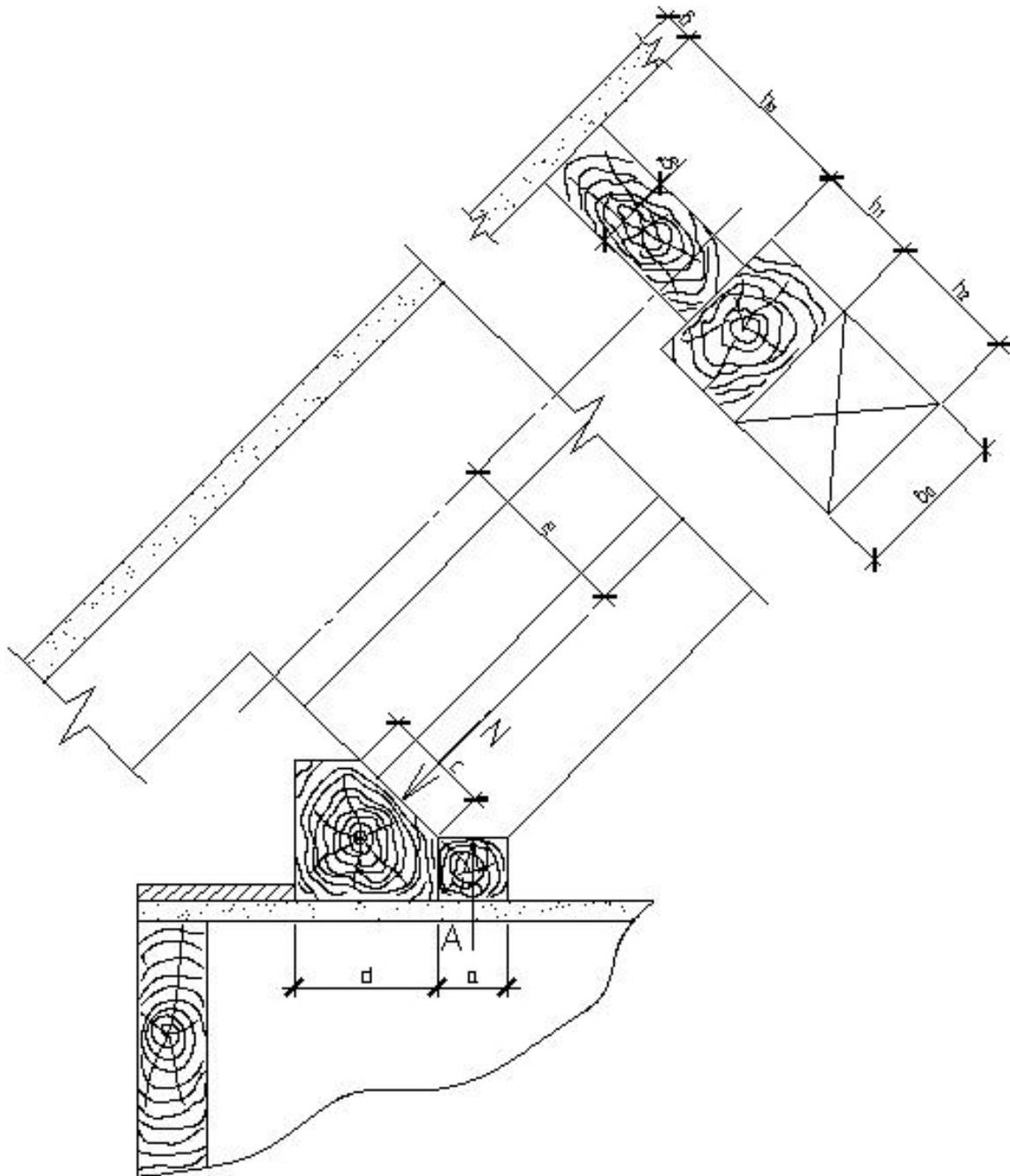


Рис. 3.12. Опорный узел стропильной системы

3.67. Коньковый узел стропильных ног целесообразно выполнять на парных деревянных накладках, соединяющихся со стропилами гвоздями.

3.68. При опирании кровельных щитов в коньке необходимо избегать тех случаев, когда стропильные ноги опираются одна в другую лишь верхней частью сечения. Это приводит к увеличению изгибающих моментов в стропильных ногах и может вызвать откалывание концов стропильных ног. Опирание необходимо производить по всей площади торца или же по нижней части торцевого сечения. Последний случай даже предпочтительнее, так как приведет к разгружающему эффекту, описанному в п. 3.69.

3.69. В целях уменьшения расчетных изгибающих моментов в стропильной ноге опирание ее в коньковом и карнизном узлах разрешается производить лишь нижней частью сечения. Возникающие при этом изгибающие моменты от эксцентричного приложения продольной силы в узлах обратны по знаку моментам от внешних нагрузок, что приводит к уменьшению последних.

Наличие разгружающих изгибающих моментов должно быть обязательно учтено расчетами.

3.70. Для уменьшения изгибающих моментов в кровельных щитах, возникающих при монтаже и от действия ветровых нагрузок, необходимо под узлы сопряжения ригеля-распорки со стропильными ногами подводить деревянные стойки. Опирание стойки на перекрытие производить через опорный продольный брус. В домах с мансардой роль таких стоек могут выполнять продольные стены мансарды.

### 3.1.6. Рекомендации по повышению долговечности конструкций панелей

3.71. Долговечность является важным фактором экономичности конструкций. Для конструкций из древесины и древесных материалов продолжительность эксплуатации определяется соблюдением комплекса мер по защите их от увлажнения, биоразрушения и возгорания. Эти меры должны выполняться для них как на стадии проектирования, так и на стадиях изготовления и эксплуатации.

При поставке конструкций дома потребителю завод-изготовитель должен сопровождать их паспортом с указанием в нем осуществленных мер защиты и параметров микроклимата здания, при которых допускается эксплуатировать конструкции. В противном случае срок нормальной эксплуатации дома может быть значительно занижен.

Не менее важным при этом являются и конструктивные меры защиты ограждающих конструкций от увлажнения и биоразрушения, которые необходимо соблюдать при проектировании и изготовлении панелей.

3.72. В ограждающих конструкциях отапливаемых зданий должно быть исключено влагонакопление. С этой целью в панелях стен и плитах перекрытий предусматривают вентиляционные продухи, сообщаемые с наружным воздухом, а в случаях, предусмотренных теплотехническим расчетом, пароизоляционный слой.

3.73. Стеновые панели должны устанавливаться на фундамент или цокольную панель таким образом, чтобы наружный воздух мог свободно поступать в них снизу через вентиляционные продухи и выходить у карниза. Не допускается устанавливать панели на фундамент без прокладки гидроизоляционного слоя, герметизации и утепления швов между ними (см. рис. 3.13).

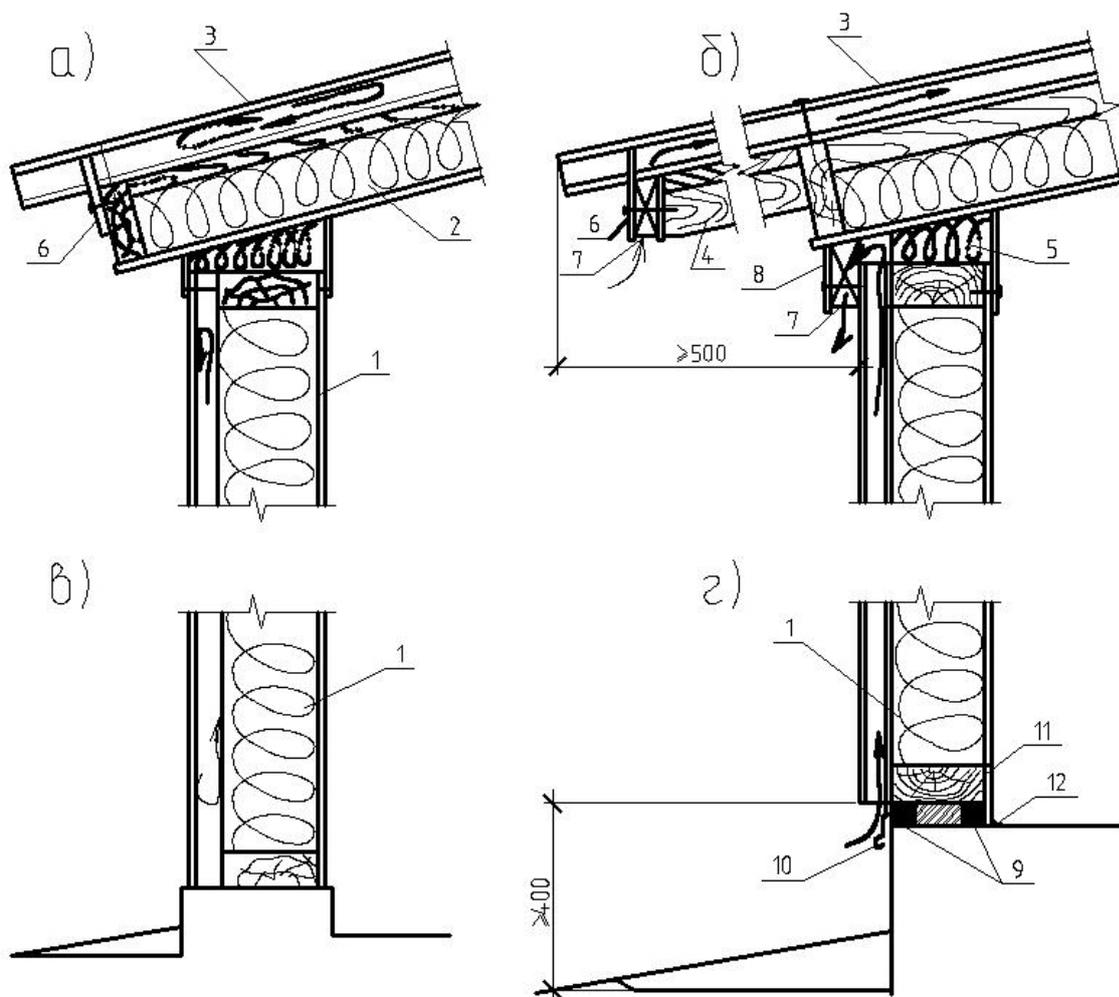


Рис. 3.13. Конструктивные схемы узлов цоколя и карниза

(а, в – неправильно; б, г – правильно):

- 1 – стеновая панель; 2 – панель перекрытия; 3 – асбестоцементный волнистый лист; 4 – карнизный выпуск; 5 – утеплитель; 6 – гребенка из оцинкованной стали; 7 – металлическая сетка; 8 – полоса из плоского асбестоцемента; 9 – эластичный герметик; 10 – фартук из оцинкованной стали; 11 – антисептированная направляющая доска; 12 – гидроизоляция

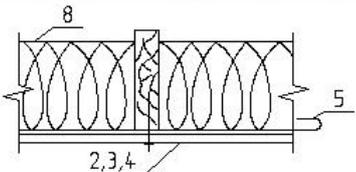
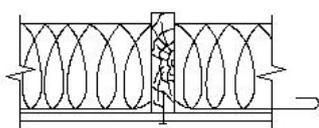
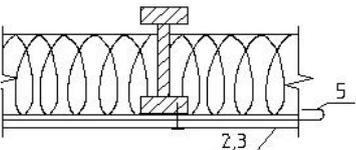
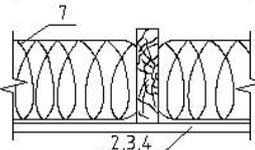
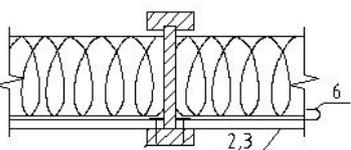
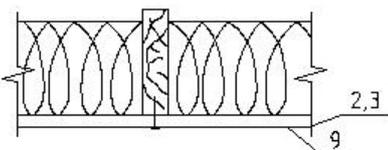
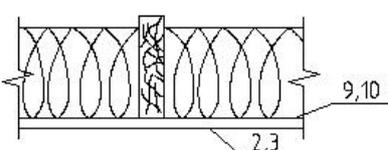
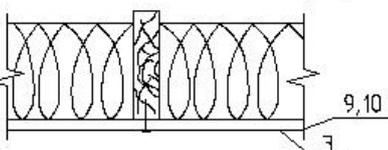
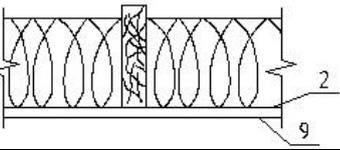
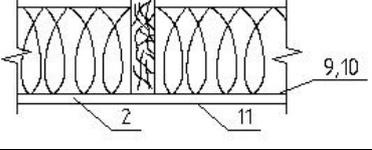
3.74. Расстояние от отмостки до низа панели должно быть не менее 40 см, а вынос карниза при неорганизованном водостоке должен быть не менее 50 см.

3.75. Пароизоляцию ограждающих конструкций следует предусматривать из рулонных и пленочных материалов, окрасочную или обмазочную.

3.76. В плитах и панелях, у которых обшивки соединены с каркасом на гвоздях или шурупах, рекомендуется в качестве пароизоляции применять

стеклорубероид, рубероид, изол, гидроизол или полиэтиленовую пленку, которые должны укладываться в виде сплошного ковра под ребрами каркаса (табл. 3.1, рис. I и IV). Сплошность пароизоляционного слоя из полиэтиленовой пленки обеспечивается сваркой отдельных полотнищ, а из рулонных материалов – склеиванием полотнищ с нахлесткой 100 мм мастикой «Вента», «Лило», «Изол» и др.

Т а б л и ц а 3.1

Тип пароизоляции	Решения	
	рекомендуемые	нерекомендуемые
Пленочная, рулонная	I 	II 
	IV 	III 
	V 	
Окрасочная, обмазочная	VI 	VII 
	VIII 	
	IX 	X 

Принятые обозначения:

1 – ребро каркаса; 2 – обшивка; 3 – обшивка из плоского асбесто-цемента; 4 – обшивка дощатая; 5 – пленочная или рулонная пароизоляция,

укладываемая под ребрами каркаса; 6 – то же, укладываемая отдельными кусками между ребрами каркаса; 7 – пленочная пароизоляция в виде пакетов, в которые заключен утеплитель; 8 – утеплитель; 9 – окрасочная пароизоляция; 10 – обмазочная пароизоляция; 11 – влагозащитное покрытие.

Не допускается укладка рулонной и ленточной пароизоляции между ребрами каркаса с подверткой краев (табл. 3.1, рис. II), а также утеплителя, упакованного в полиэтиленовую пленку (табл. 3.1, рис. III).

3.77. В плитах и панелях с соединением каркаса и обшивок на клею рекомендуется использовать окрасочную или обмазочную пароизоляцию В ограждающих конструкциях с фанерными или им подобными обшивками окрасочный пароизоляционный слой целесообразно размещать на поверхности обшивки, выходящей в помещение (табл. 3.1, рис. IX). Им обеспечивается также защита внутренней обшивки от эксплуатационного увлажнения. В качестве окрасочной пароизоляции рекомендуется покрытия на основе пентафталевых, перхлорвиниловых и уретановых лаков и эмалей толщиной не менее 120 мм.

При наличии на внешней поверхности внутренней обшивки влагоизоляционного покрытия дополнительного пароизоляционного слоя под утеплителем не требуется (см. рис. IX табл. 3.1).

3.78. Стыки между плитами и панелями должны быть хорошо утеплены и герметизированы. Для герметизации стыков следует использовать эластичные прокладки (пороизол, гермит и др.) и мастики («Вента», «Лило», «Изол», тиоколовые и др.). Эластичные прокладки должны быть обжаты в стыке на 30–40 % своего поперечного сечения.

При чрезмерном обжатии прокладки теряют свою эластичность и не могут следовать за деформациями стыка. Если ширина стыка больше проектной величины, то эластичная прокладка получает недостаточное обжатие. То же происходит при использовании прокладок с меньшим, чем необходимо, размерами поперечного сечения. Неплотная герметизация приводит к переувлажнению утеплителя в стыках парами влажного воздуха, проникающего из помещения, и в результате зимой стыки могут промерзнуть.

3.79. Влажность древесины досок, идущих на изготовление ребер и обрамления, должна быть не более 15 % (желательно, чтобы влажность древесины была 9 – 10 %, как для конструкций, работающих в нормальных температурно-влажностных условиях).

## 3.2. Расчет панелей

### 3.2.1. Общие положения по расчету

3.80. При расчете деревянных конструкций необходимо руководствоваться соответствующими главами СНиП II-25-80 Нормы проектирования. Деревянные конструкции (СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция) и другими нормативными документами.

Комбинированные конструкции панелей, в которых обшивки и ребра выполнены из разных материалов и соединены между собою с помощью клея следует рассчитывать с учетом совместной их работы. При этом обязательным условием должно быть наличие надлежащей связи между ребрами и обшивками, обеспечивающей монолитность их соединения и совместность работы под нагрузкой вплоть до разрушения всей конструкции.

3.81. Расчет панелей с применением древесно-стружечных плит при достаточной прочности клеевых швов между обшивками и ребрами следует производить по приведенным геометрическим характеристикам.

Приведенная жесткость составных сечений подсчитывается как сумма жесткостей всех элементов, т.е.

$$\begin{aligned} E_{\text{пр}} \cdot A_{\text{пр}} &= A_{\text{ро}} \cdot E_{\text{ро}} + A_{\text{со}} \cdot E_{\text{со}} + A_{\text{р}} \cdot E_{\text{р}}, \\ E_{\text{пр}} \cdot J_{\text{пр}} &= J_{\text{ро}} \cdot E_{\text{ро}} + J_{\text{со}} \cdot E_{\text{со}} + J_{\text{р}} \cdot E_{\text{р}}, \end{aligned} \quad (3.1)$$

где  $F$  и  $J$  – соответственно площадь и момент инерции сечения;

$E$  – модуль упругости материала;

ро, со, р, пр – индексы, означающие, соответственно, «растянутая обшивка», «сжатая обшивка», «ребра», «приведенный».

Используя выражение (3.1), можно привести геометрические характеристики к материалу любого элемента панели, так, например, при подсчете характеристик, приведенных к материалу ребра, следует вместо  $E_{\text{пр}}$  подставить величину  $E_{\text{р}}$ , тогда получим, что

$$\begin{aligned} A_{\text{пр}} &= A_{\text{ро}} \cdot (E_{\text{ро}}/E_{\text{р}}) + A_{\text{со}} \cdot (E_{\text{со}}/E_{\text{р}}) + A_{\text{р}}; \\ J_{\text{пр}} &= J_{\text{ро}} \cdot (E_{\text{ро}}/E_{\text{р}}) + J_{\text{со}} \cdot (E_{\text{со}}/E_{\text{р}}) + J_{\text{р}}; \end{aligned} \quad (3.2)$$

$$S_{\text{пр}} = S_{\text{ро}} \cdot (E_{\text{ро}}/E_{\text{р}}) + S_{\text{р}} \quad (\text{или } S_{\text{пр}} = S_{\text{со}} \cdot (E_{\text{со}}/E_{\text{р}}) + S_{\text{р}}).$$

Рекомендуется геометрические характеристики приводить к материалу наиболее напряженного элемента (чаще всего таким элементом являются обшивки).

3.82. При подсчете приведенных геометрических характеристик по формулам (3.2) необходимо предварительно определить положение нейтральной линии. Нейтральная линия находится на расстоянии

$$y = S_{пр.x1}/A_{пр} \quad (3.3)$$

от произвольно выбранной оси  $x_1$ .

В формуле (3.3) приняты обозначения:  $S_{пр.x1}$  – приведенный статический момент всего сечения относительно оси  $x_1$ ;  $A_{пр}$  – приведенная площадь всего сечения.

Положение нейтральной линии в панелях с обшивками из древесно-стружечных плит следует определять так же, как и для геометрически симметричных сечений, учитывая то, что модули упругости плит при растяжении и сжатии могут быть не равны друг другу.

3.83. Расчет панелей следует производить в соответствии с требованиями СНиП по двум группам предельных состояний: по несущей способности (проверяется прочность, устойчивость) и по деформациям (проверяются прогибы). При этом для ребристых конструкций необходимо рассматривать вопросы как общей, так и местной потери устойчивости и деформирования.

3.84. Значения расчетных сопротивлений и расчетных модулей упругости материалов обшивок и несущих ребер следует принимать с учетом ползучести, протекающей в материалах с течением времени при неизменных нагрузках. При назначении коэффициентов длительного сопротивления (к расчетным сопротивлениям) и временно деформационных коэффициентов (к расчетному модулю упругости) следует учитывать наиболее вероятную продолжительность действия временных нагрузок, действующих на здание.

Принимая во внимание условие

$$\frac{p + g}{k_{дс}^э} = \frac{p}{k_{дс}} + \frac{g}{k_{дл}},$$

нетрудно получить выражение для эквивалентного коэффициента длительного сопротивления ( $k_{дс}^э$ ) и эквивалентного деформационного коэффициента ( $n_{вр}^э$ ):

$$k_{дс}^э = \frac{(1 + x) \cdot k_{дл}}{x + y};$$

$$n_{дл}^э = \frac{(1 + x) \cdot n_{дл}}{x + y^I},$$

где  $x = g/p$ ;  $y = \frac{k_{дл}}{k_{дс}}$ ;  $y^I = \frac{n_{дл}}{n_{вр}}$ ;

- $p$  – временная нагрузка;  
 $g$  – постоянная нагрузка;  
 $k_{дл}$  и  $n_{дл}$  – соответственно, коэффициент длительности и длительный деформационный коэффициент;  
 $k_{дс}$  и  $n_{вр}$  – соответственно, коэффициент длительного сопротивления и временный деформационный коэффициент.

Для назначения коэффициентов  $k_{дс}^э$  и  $n_{вр}^э$  применительно к конструкциям домов из древесно-стружечных плит предлагаются графики, изображенные на рис. 3.14 и 3.15.

При известных величинах  $k_{дс}^э$  и  $n_{вр}^э$  значения расчетных сопротивлений и модулей упругости материалов панелей будут определять как

$$R = k_{дс}^э \cdot R_{кр}; \quad E = n_{вр}^э \cdot E_{кр}$$

где  $R_{кр}$  и  $E_{кр}$  – значения расчетного сопротивления и модуля упругости при кратковременном действии нагрузки.

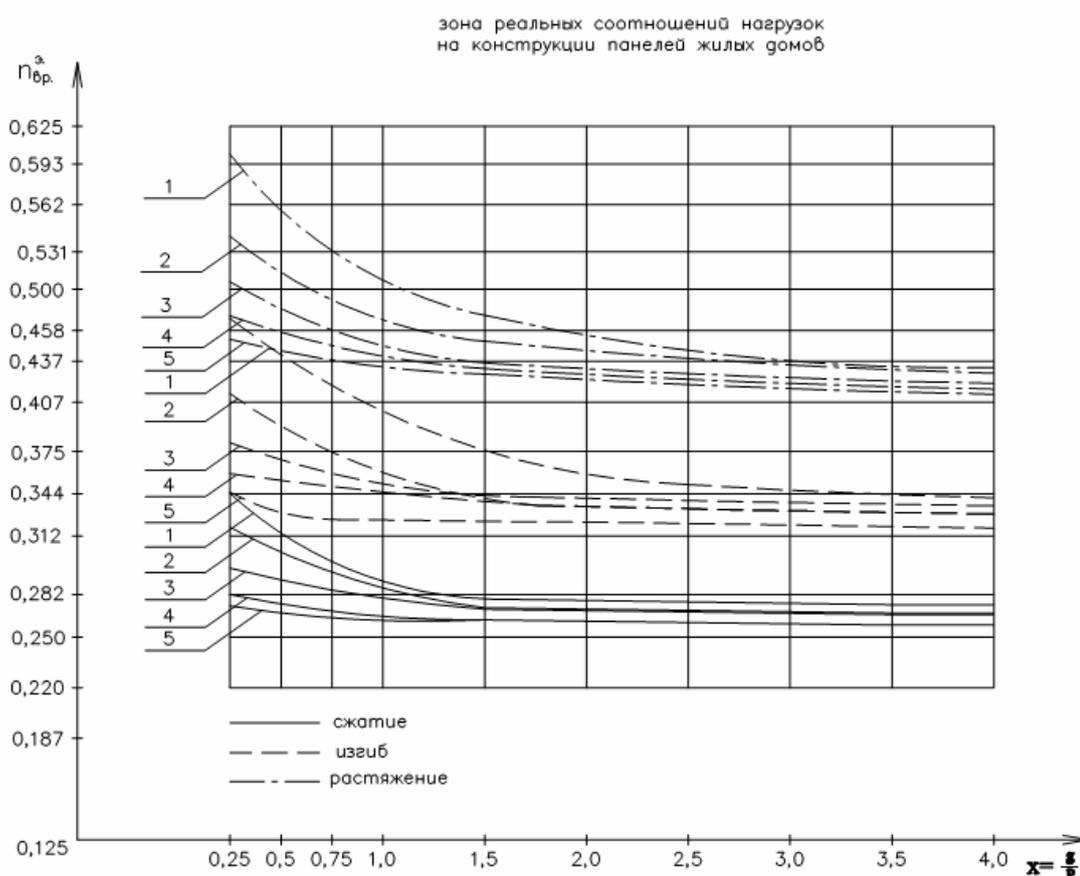


Рис. 3.14. График эквивалентного временного деформационного коэффициента при действии временной нагрузки ( $P$ ):  
 1 – 45 суток; 2 – 90 суток; 3 – 120 суток; 4 – 150 суток; 5 – 180 суток

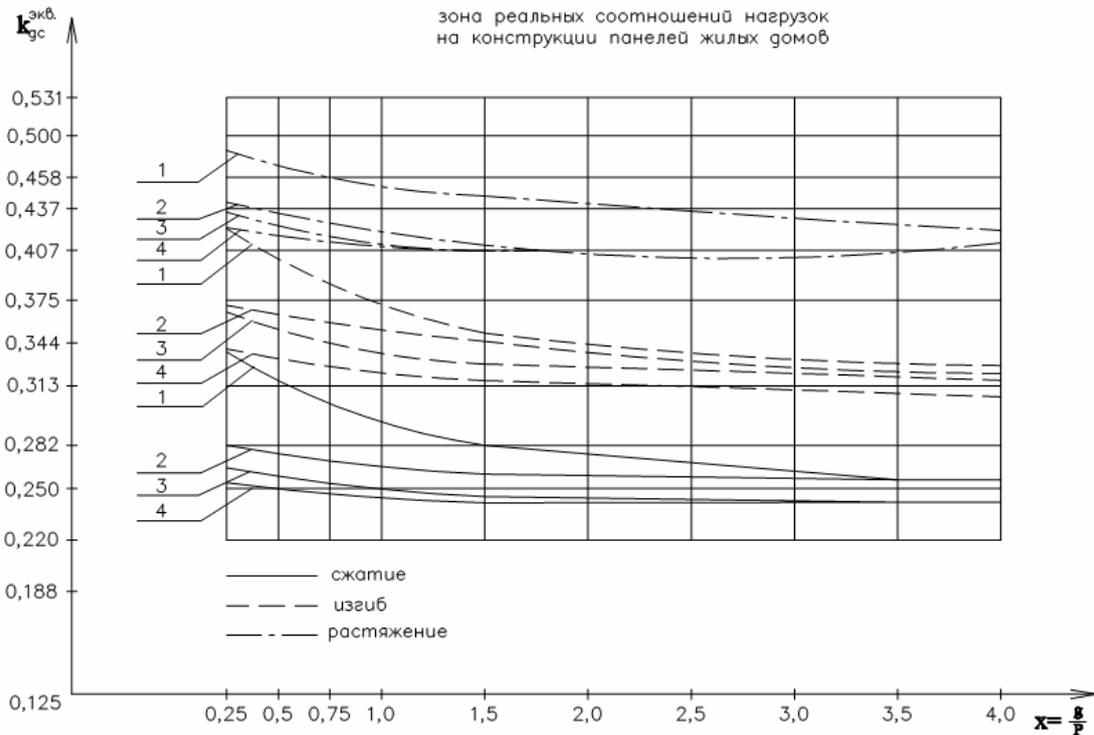


Рис. 3.15. График эквивалентного коэффициента длительного сопротивления при действии временной нагрузки ( $P$ ):  
1 – 45 суток; 2 – 90 суток; 3 – 120 суток; 4 – суток

3.85. Нагрузки, действующие на каждый конструктивный элемент дома, должны подсчитываться в соответствии со СНиП 2.01.07-85\* «Нагрузки и воздействия» (СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция») с учетом требований классификации по характеру их действия (постоянные, временные, кратковременные).

3.86. Расчетные усилия в панелях и их элементах определяются в предположении упругой работы материалов по известным методам строительной механики. Особенности расчета панелей, работающих при различных видах напряженно-деформированного состояния, показаны ниже.

### 3.2.2. Расчет на изгиб (панели ПП)

3.87. К панелям, работающим в системе полносборного дома в основном на изгиб, относятся панели перекрытия (чердачного или междуэтажного при наличии жилой мансарды). В конструкциях домов, где панели перекрытия дополнительно работают на восприятие распора от стропильной системы, необходимо, помимо общего расчета на изгиб, выполнить проверки прочности их как растянуто-изгибаемых элементов. При подсчете изгибающих моментов в таких случаях необходимо учитывать разгружающее действие моментов от эксцентричного приложения сил распора.

3.88. При выборе расчетной схемы панели, а также подсчете нагрузок и усилий, действующих в элементах панели, необходимо учитывать самые

неблагоприятные случаи эксплуатации дома с учетом реальных условий изготовления, монтажа, строительства всех конструктивных частей дома и возможных при этом их отклонений от проектных требований. Наиболее невыгодными схемами для изгибаемых панелей чаще всего оказывается работа их по балочной схеме с минимально возможным количеством промежуточных опор (рис. 3.16).

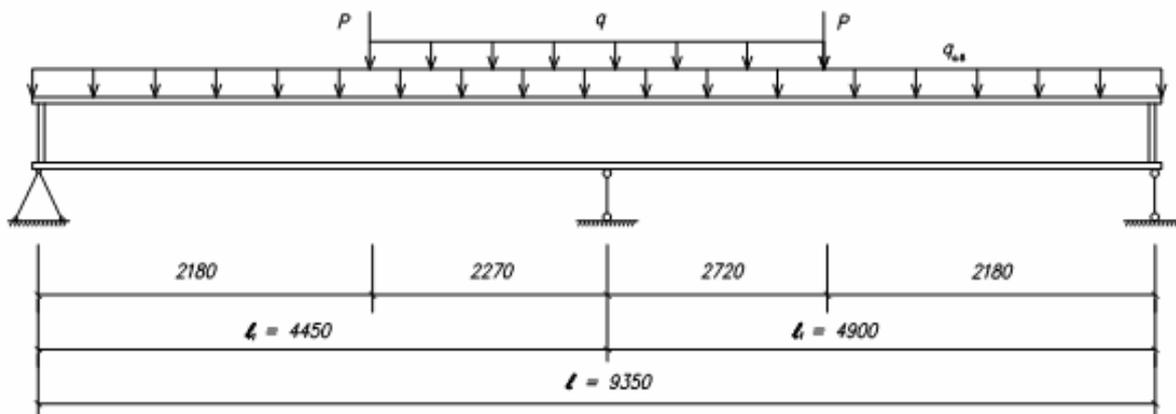


Рис. 3.16. Расчетная схема панели по балочной схеме

Работа панели по схеме опертой плиты является менее опасной даже при близких значениях расчетных максимальных изгибающих моментов, поскольку в этом случае в предельном состоянии проявляется эффект перераспределения максимальных усилий в зону с меньшими их значениями, что приводит к повышенной надежности панели.

3.89. При определении расчетных усилий в панели, работающей по схеме неразрезной балки (см рис. 3.16), можно воспользоваться методами строительной механики или расчетными программами для ЭВМ. Для двухпролетной балки с разными по величине пролетами (наиболее часто встречающийся случай) значения опорных изгибающих моментов могут быть подсчитаны по формулам:

– при действии равномерно-распределенной нагрузки ( $q_1$ )

$$M_{\text{оп}} = \frac{q_1 \cdot (\ell_1^3 + \ell_2^3)}{8 \cdot (\ell_1 + \ell_2)},$$

– при действии двух сосредоточенных сил ( $P$ ), отстоящих от крайних опор на расстоянии, равном  $d$

$$M_{\text{оп}} = -\frac{P \cdot d}{2(\ell_1 + \ell_2)} \left[ \frac{\ell_1^2 - d^2}{\ell_1} + \frac{\ell_2^2 - d^2}{\ell_2} \right],$$

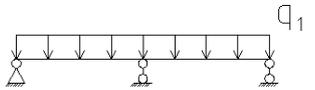
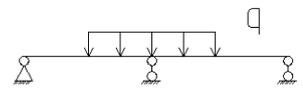
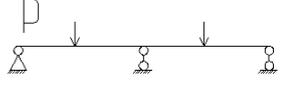
– при действии равномерно-распределенной нагрузки в средней части балки на участке равном  $(\ell_1 - d)$  и  $(\ell_2 - d)$

$$M_{\text{оп}} = \frac{q}{8(\ell_1 + \ell_2)} \left[ \frac{(\ell_1^2 - d^2)^2}{\ell_1} + \frac{(\ell_2^2 - d^2)^2}{\ell_2} \right].$$

Величины изгибающих моментов и поперечных сил для частного случая, когда  $\ell_1/\ell_2 = 0,91$ ;  $d/\ell_1 = 0,49$ ;  $d/\ell_2 = 0,445$  приведены в табл. 3.2.

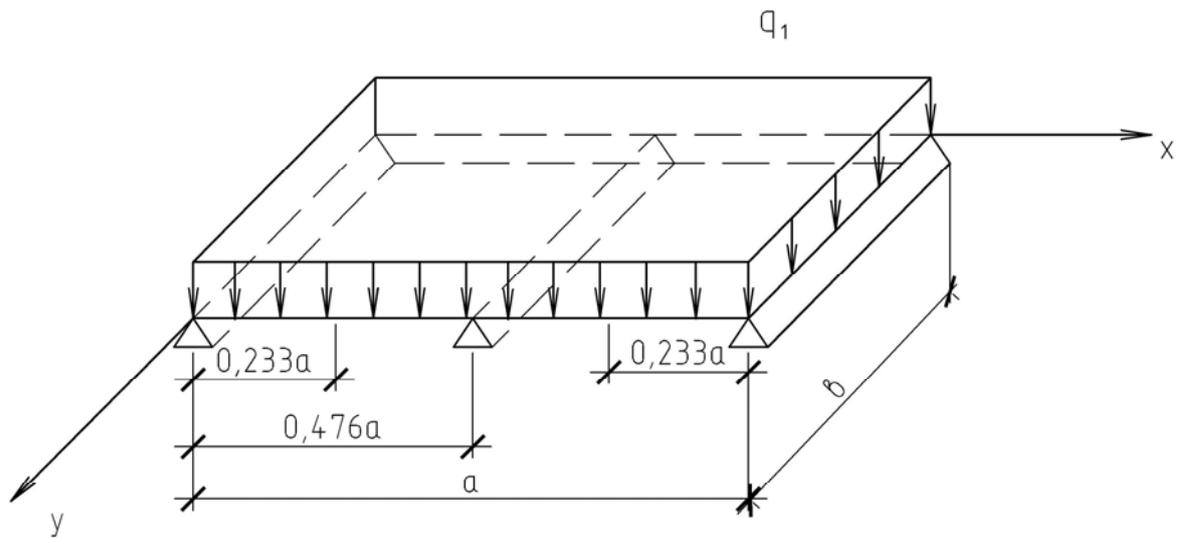
Т а б л и ц а 3.2

Значения изгибающих моментов  $M_x = \alpha \cdot q(p)$   
и поперечных сил  $Q_x = \beta \cdot q(p)$  в двухпролетной балке

Номер сечения	$\frac{x}{\ell}$	Величины коэффициентов при схеме нагрузки					
							
		$\alpha_1$	$\beta_1$	$\alpha_2$	$\beta_2$	$\alpha_3$	$\beta_3$
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,00	0	1,607	0	-0,220	0	0,318
1	0,10	1,066	0,672	0,185	-0,220	0,298	0,318
2	0,20	1,257	-0,263	0,372	-0,220	0,596	0,318
3	0,233	1,128	-0,571	0,433	-0,220	0,694	0,318
4	0,233	1,128	-0,571	0,433	-0,220	0,694	-0,682
5	0,30	0,574	-1,198	0,361	-0,846	0,269	-0,682
6	0,40	-0,986	-2,133	-0,476	-1,781	-0,368	-0,682
7	0,476	-2,751	-2,843	-1,693	-2,490	-0,852	-0,682
8	0,476	-2,751	3,011	-1,693	2,624	-0,852	0,619
9	0,50	-2,100	2,786	-1,199	2,400	-0,713	0,619
10	0,60	0,068	1,851	0,315	1,465	-0,135	0,619
11	0,70	1,362	0,916	0,953	0,539	0,444	0,619
12	0,767	1,741	0,290	0,893	-0,096	0,831	0,619
13	0,767	1,741	0,290	0,893	-0,096	0,831	-0,381
14	0,80	1,782	-0,019	0,766	-0,096	0,713	-0,381
15	0,90	1,328	-0,954	0,383	-0,096	0,356	-0,381
16	1,00	0	-1,889	0	-0,096	0	-0,381

В целях повышения надежности работы панелей необходимо добиваться работы ее по схеме двухпролетной неразрезной плиты. Для случая, рассмотренного выше, значения изгибающих моментов и наибольших прогибов, возникающих в двухпролетной неразрезной плите, шарнирно опертой по трем сторонами и со свободной четвертой стороной для различных нагрузок, приведены в табл. 3.3.

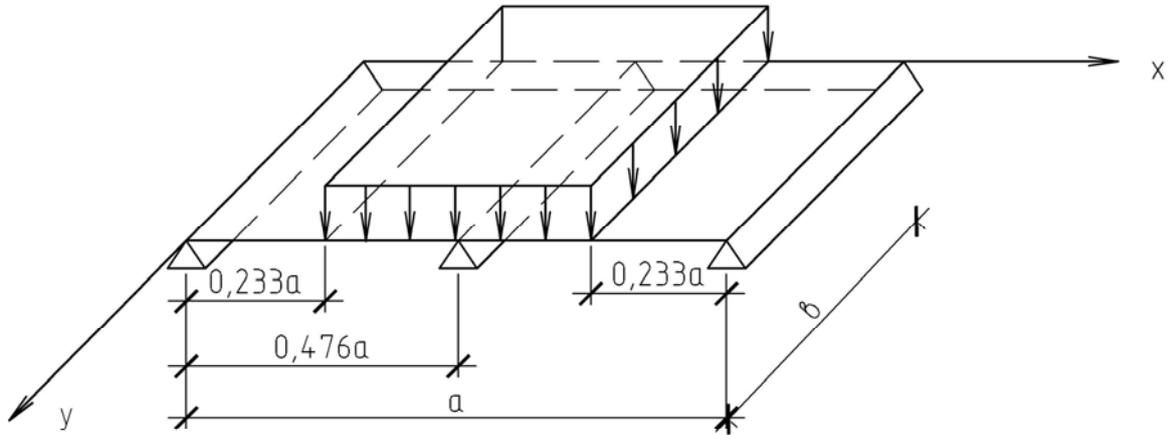
Таблица 3.3



$$M_x = \alpha \cdot 10^{-3} q_1 \cdot a; \quad M_y = \beta \cdot 10^{-4} q_1 \cdot a; \quad W_{\max} = 4,882 \cdot 10^{-4} q_1 \cdot a^4 / D_1; \quad \xi = \frac{x}{a}; \quad \eta = \frac{y}{b}$$

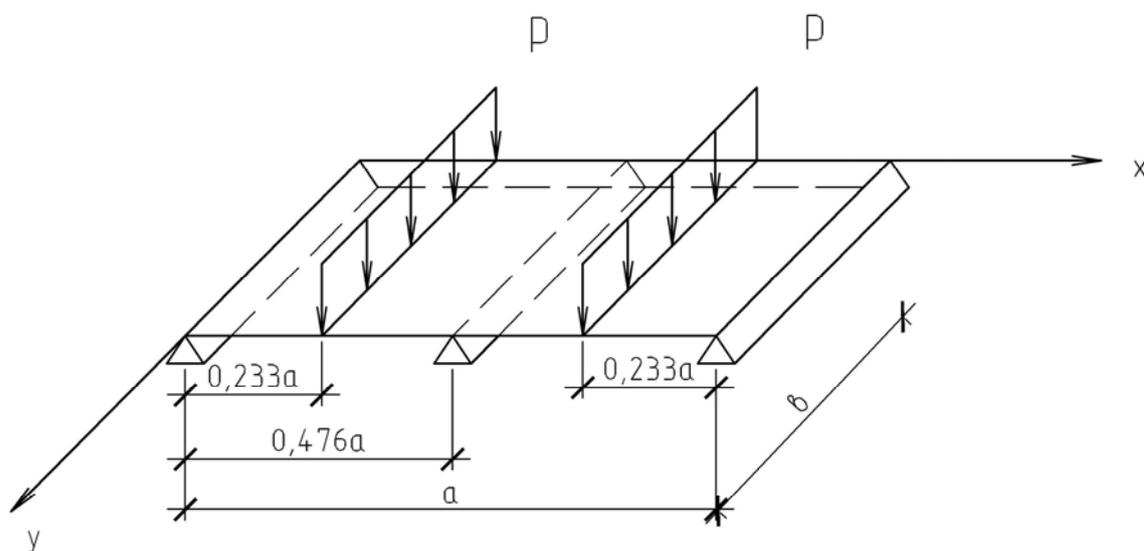
$\eta \setminus \xi$		0,1	0,2	0,3	0,4	0,476	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$\alpha$	0,2	7,5	8,7	5,1	-4,8	-17,2	-15,2	1,3	8,8	11,1	8,6
	0,4	10,8	12,9	6,7	-8,6	-24,8	-22,1	1,0	13,4	17,2	12,9
	0,6	11,9	14,2	6,9	-10,2	-27,4	-24,5	0,8	15,3	19,8	14,7
	0,8	12,1	14,3	6,7	-10,9	-28,5	-25,5	0,8	15,9	20,8	15,4
	1,0	12,9	15,1	6,8	-11,8	-29,5	-26,4	0,7	17,0	22,2	16,5
$\beta$	0,2	23,4	31,2	23,7	3,8	-10,9	-8,5	17,2	34,7	38,5	27,0
	0,4	16,8	22,3	14,3	-3,5	-16,1	-13,8	9,6	27,9	32,0	21,8
	0,6	11,7	14,3	7,9	-3,6	-16,8	-14,7	4,8	18,1	22,2	15,9
	0,8	5,3	5,9	1,7	-8,9	-20,6	-18,5	1,1	7,7	10,3	7,6
	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Продолжение табл. 3.3



$$M_x = \alpha \cdot 10^{-3} q \cdot a; M_y = \beta \cdot 10^{-4} q \cdot a; W_{\max} = 2,555 \cdot 10^{-4} q \cdot a^4 / D_1; \xi = \frac{x}{a}; \eta = \frac{y}{b}$$

$\eta \setminus \xi$		0,1	0,2	0,3	0,4	0,476	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$\alpha$	0,2	0,8	2,4	3,9	-1,8	-11,31	-9,6	2,9	6,8	4,2	1,7
	0,4	1,7	3,9	4,5	-3,9	-15,2	-13,2	3,4	9,6	7,1	3,2
	0,6	2,0	4,2	4,4	-4,7	-16,4	-14,3	3,5	10,7	8,4	4,1
	0,8	2,1	4,2	4,2	-5,1	-16,9	-14,5	3,3	11,1	9,0	4,5
	1,0	2,1	4,3	4,3	-5,6	-17,6	-15,3	3,8	11,9	9,6	4,9
$\beta$	0,2	5,1	11,0	13,5	3,3	-7,2	-5,0	14,5	22,7	16,9	8,0
	0,4	4,8	7,7	6,2	-2,4	-9,9	-8,0	7,6	16,4	15,3	8,5
	0,6	2,4	4,3	4,1	-2,7	-10,2	-8,5	5,1	11,7	10,2	5,7
	0,8	0,7	1,5	1,1	-4,5	-12,1	-10,6	0,8	5,4	4,4	2,4
	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



$$M_x = \alpha \cdot 10^{-3} P \cdot a; M_y = \beta \cdot 10^{-4} P \cdot a; W_{\max} = 1,546 \cdot 10^{-3} P \cdot a^3 / D_1; \xi = \frac{x}{a}; \eta = \frac{y}{b}$$

$\eta \setminus \xi$		0,1	0,2	0,3	0,4	0,476	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$\alpha$	0,2	15,8	43,6	19,1	-20,1	-47,2	-43,4	-8,4	28,6	48,3	18,1
	0,4	27,3	59,4	27,9	-31,2	-73,3	-57,9	-12,1	41,4	68,1	31,5
	0,6	31,4	65,3	29,2	-36,5	-81,7	-75,9	-13,6	46,4	76,4	27,0
	0,8	32,6	65,6	29,2	-38,0	-86,2	-79,8	-13,6	48,5	78,9	39,4
	1,0	34,4	70,1	29,9	-41,4	-88,1	-81,9	-15,4	31,2	84,9	41,9
$\beta$	0,2	65,6	130,3	91,8	9,5	-29,9	-26,7	30,1	110,2	143,1	72,0
	0,4	55,6	89,9	98,9	-7,1	-47,8	-43,2	19,9	84,2	108,4	65,0
	0,6	34,1	64,4	33,6	-19,8	-50,0	-45,9	1,7	55,2	80,7	42,0
	0,8	14,0	29,1	9,1	-30,2	-62,8	-57,8	-11,6	22,7	38,7	19,0
	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.90. При подсчете приведенных геометрических характеристик (см. 3.1 и 3.2) необходимо учитывать неравномерность распределения нормальных напряжений по ширине обшивки, для чего расчет следует вести с учетом приведенной ширины обшивки, определяемой по формуле

$$b_{\text{пр}} = k \cdot b$$

или при достаточно широких ребрах

$$b_{\text{пр}} = \sum b_p + k \sum b_o,$$

где  $b$  – фактическая ширина обшивки;

$\sum b_o$  – суммарное расстояние между ребрами «в свету»;

$\sum b_p$  – суммарная ширина всех ребер;

$k$  – коэффициент, принимаемый по графику (рис. 3.17).

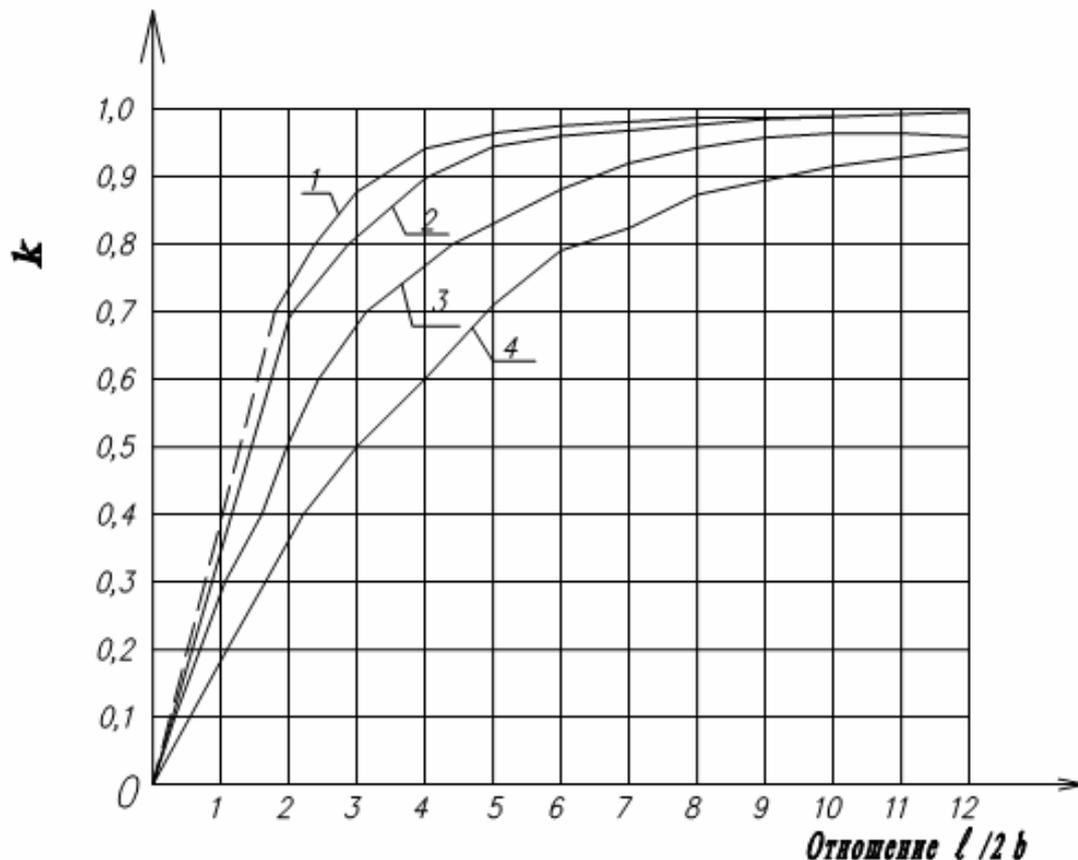


Рис. 3.17. Графики определения коэффициента  $k$ :  
 1 – алюминий и асбестоцемент; 2 – стеклопластик; 3 – фанера;  
 4 – древесно-стружечная плита

Теоретически исследования по определению коэффициента  $k$  для древесно-стружечных плит приведены в работе [4].

3.91. При известных наибольших расчетных усилиях  $M$  (изгибающий момент) и  $Q$  (поперечная сила) необходимо выполнить следующие проверочные расчеты для изгибаемой панели:

а) проверить прочность растянутой обшивки по формуле

$$\sigma_p = \frac{M}{W_{\text{пр}}^p} \leq m_1 \cdot R_p, \quad (3.4)$$

где  $W_{\text{пр}}^p$  – приведенный (к материалу растянутой обшивки) момент сопротивления растянутой обшивки;

$R_p$  – расчетное сопротивление материала обшивки растяжению;  
 $m_1$  – коэффициент условия работы (одновременно может учитывать наличие стыков в растянутой обшивке).

б) проверить прочность сжатой обшивки по формуле

$$\sigma_c = \frac{M}{W_{пр}^c} \leq m_2 \cdot R_c, \quad (3.5)$$

где  $W_{пр}^c$  – приведенный (к материалу сжатой обшивки) момент сопротивления сжатой обшивки;

$R_c$  – расчетное сопротивление материала обшивки сжатию;

$m_2$  – коэффициент условия работы для сжатой обшивки.

в) проверить устойчивость сжатой обшивки по формуле

$$\sigma_c = \frac{M}{W_{пр}^c} \leq \sigma_{кр} = \varphi \cdot R_c, \quad (3.6)$$

где  $\varphi$  – коэффициент продольного изгиба для верхней обшивки;

$\sigma_{кр}$  – критические напряжения, вычисляемые по формуле

$$\sigma_{кр} = k_{кр} \cdot E_{пр} \left( \frac{\delta}{c} \right)^2,$$

где  $\delta$  – толщина обшивки;

$c$  – расстояние между несущими ребрами;

$E_{пр} = \frac{E_{со}}{1 - \mu^2}$  – приведенный модуль упругости при сжатии;

$k_{кр}$  – коэффициент, принимаемый по табл. 3.4 в зависимости от отношения  $b_1/c$  ( $b_1$  – расстояние между поперечными ребрами).

Т а б л и ц а 3.4

Значения коэффициента  $k_{кр}$

$b/c$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8 и более
$k_{кр}$	22,2	6,9	4,2	3,45	3,3	3,4	3,65	3,45	3,3

г) проверить прочность ребра на изгиб по формулам

$$\sigma_{с1р} = \frac{M}{J_{пр}} (y - \delta) \leq R_{и}; \quad (3.7)$$

$$\sigma_{с1р} = \frac{M}{J_{пр}} (h - y - \delta) \leq R_{и}, \quad (3.7a)$$

где  $J_{пр}$  – приведенный (к материалу ребра) момент инерции всего сечения относительно нейтральной оси;

$y$  – расстояние от нижней кромки обшивки до нейтральной линии, подсчитываемое по формуле (3.3);

$h$  – полная высота панели;

$R_{и}$  – расчетное сопротивление материала ребра изгибу.

д) проверить прочность ребер на скалывание по формуле

$$\tau = \frac{Q \cdot S_{пр}}{J_{пр} \cdot \Sigma b_p} \leq R_{ск}, \quad (3.8)$$

где  $S_{пр}$  и  $J_{пр}$  – характеристики, приведенные к материалу ребра (см. выше);

$R_{ск}$  – расчетное сопротивление материала ребра скалыванию.

е) проверить прочность клеевых швов, соединяющих ребра и обшивки, по формуле

$$\tau = \frac{Q \cdot S_{пр}^{об}}{J_{пр} \cdot b_{расч}} \leq R_{ск}^{ш}, \quad (3.9)$$

где  $S_{пр}^{об}$  – приведенный статический момент обшивки относительно нейтральной оси;

$J_{пр}$  – приведенный (к тому же материалу, что и  $S_{пр}^{об}$ ) момент инерции всего сечения;

$b_{расч}$  – расчетная ширина клеевого шва, с учетом возможного непроклея принимается равной  $b_{расч} = 0,5b_p$ ;

$R_{ск}^{ш}$  – расчетное сопротивление клеевого шва скалыванию, в конструкциях из древесины и древесно-стружечных плит принимается как меньшая величина из  $R_{ск}^{ДР}$  и  $R_{ск}^{ДСП}$ .

3.92. Верхняя обшивка панелей дополнительно должна быть рассчитана на местный изгиб на действие полезной равномерно-распределенной и монтажной ( $P = 10,0$  кН с коэффициентом надежности по нагрузке  $\gamma_f = 1,2$ ) нагрузок по схеме защемленной балки с пролетом, равным расстоянию между несущими продольными ребрами ( $a$ ). При отношении  $a/b_1$  ( $b_1/a$ )  $\leq 2$  ( $b_1$  – расстояние между поперечными ребрами) участок обшивки между продольными и поперечными ребрами рассчитывается как плита, опертая по четырем сторонам.

3.93. Проверка прогибов панели производится в соответствии со СНиП [20, 21] по формуле

$$\frac{f}{\ell} \leq \left[ \frac{f}{\ell} \right]. \quad (3.10)$$

При этом величина прогиба  $f$  подсчитывается известными методами строительной механики с учетом приведенного момента инерции.

Максимальные прогибы панели, работающей по схеме плиты при действии некоторых нагрузок, приведены в табл. 3.3.

3.94. В формулах (3.4)–(3.10) расчет ведется по геометрическим характеристикам, приведенным к разным материалам. Для облегчение процесса вычисления рекомендуются формулы (3.11), способствующие более простому переходу от геометрических характеристик, приведенных к одному материалу к геометрическим характеристикам, приведенным к другому материалу, а именно

$$\begin{aligned}
 J_{\text{пр}}^{\text{co}} &= J_{\text{пр}}^{\text{p}} \frac{E_{\text{p}}}{E_{\text{co}}}; & J_{\text{пр}}^{\text{po}} &= J_{\text{пр}}^{\text{p}} \frac{E_{\text{p}}}{E_{\text{po}}}; \\
 W_{\text{пр}}^{\text{co}} &= W_{\text{пр}}^{\text{p}} \frac{E_{\text{p}}}{E_{\text{co}}}; & W_{\text{пр}}^{\text{po}} &= W_{\text{пр}}^{\text{p}} \frac{E_{\text{p}}}{E_{\text{po}}}; \\
 A_{\text{пр}}^{\text{co}} &= A_{\text{пр}}^{\text{p}} \frac{E_{\text{p}}}{E_{\text{co}}}; & A_{\text{пр}}^{\text{po}} &= A_{\text{пр}}^{\text{p}} \frac{E_{\text{p}}}{E_{\text{po}}}.
 \end{aligned}
 \tag{3.11}$$

(В основе этих формул положено условие равенства приведенных жесткостей, т.е.  $J_{\text{пр}}^{\text{p}} \cdot E_{\text{p}} = J_{\text{пр}}^{\text{co}} \cdot E_{\text{co}}$ ;  $A_{\text{пр}}^{\text{p}} \cdot E_{\text{p}} = A_{\text{пр}}^{\text{co}} \cdot E_{\text{co}}$ ).

### 3.2.3. Расчет на центральное сжатие (устойчивость) (панели ВС)

3.95. К центрально-сжатым панелям в системе полносборных домов относятся панели внутренних стен (ВС), воспринимающие в основном вертикальные нагрузки от панелей перекрытия и служащие для них промежуточными опорами.

3.96. Величина вертикальной нагрузки, приходящая на ту или иную внутреннюю панель дома существенно зависит от точности изготовления всех конструктивных частей дома, монтажа панелей и качества общестроительных работ по возведению фундаментов, поэтому все эти факторы должны быть учтены при определении максимальных расчетных усилий в панелях. Усилия во внутренних панелях должны определяться как опорные реакции в промежуточных опорах неразрезной балки, по схеме которой работают панели перекрытия, опирающиеся на рассматриваемые панели внутренних стен. Загружение перекрытия полезными нагрузками при этом должно приниматься наиболее невыгодным.

Допускается определение усилий на внутренние стены по грузовым площадям с учетом полного или частичного включения в работу соседних панелей стен, исходя из допущения о наличии или отсутствии тех или иных дефектов изготовления и строительства дома.

3.97. При передаче вертикальных усилий только на обшивки панели за расчетную площадь сечения принимается площадь одних обшивок. Вертикальные ребра выполняют в таких случаях только соединительные функции и способствуют лишь повышению жесткости панели.

Момент инерции сечения панели подсчитывается как для цельного, с учетом момента инерции ребер. Однако при выполнении ребер из одного слоя древесно-стружечных плит с шагом 600 мм изгибной жесткостью их относительно центральной оси можно пренебречь ввиду ее незначительности (погрешность от этого не превышает 1–3 %).

3.98. Для проверки общей устойчивости панель можно разбить на отдельные простенки, границами которых могут служить места соединения ее со смежными панелями, а также внутренние кромки оконных и дверных проемов. В таких случаях фактически рассчитываются отдельные простенки, воспринимающие свою долю вертикальной нагрузки. При большой ширине «глухого» простенка расчет можно вести на 1 м ширины его.

Проверка общей устойчивости простенка производится по формуле

$$\frac{N}{A} = \varphi \cdot R_c, \quad (3.12)$$

где  $N$  – вертикальное расчетное усилие, приходящее на простенок;

$A$  – расчетная площадь простенка, равная площади двух обшивок его (без учета ребер);

$R_c$  – расчетное сопротивление материала обшивок сжатию;

$\varphi$  – коэффициент продольного изгиба, принимаемый по графику рис. 3.18.

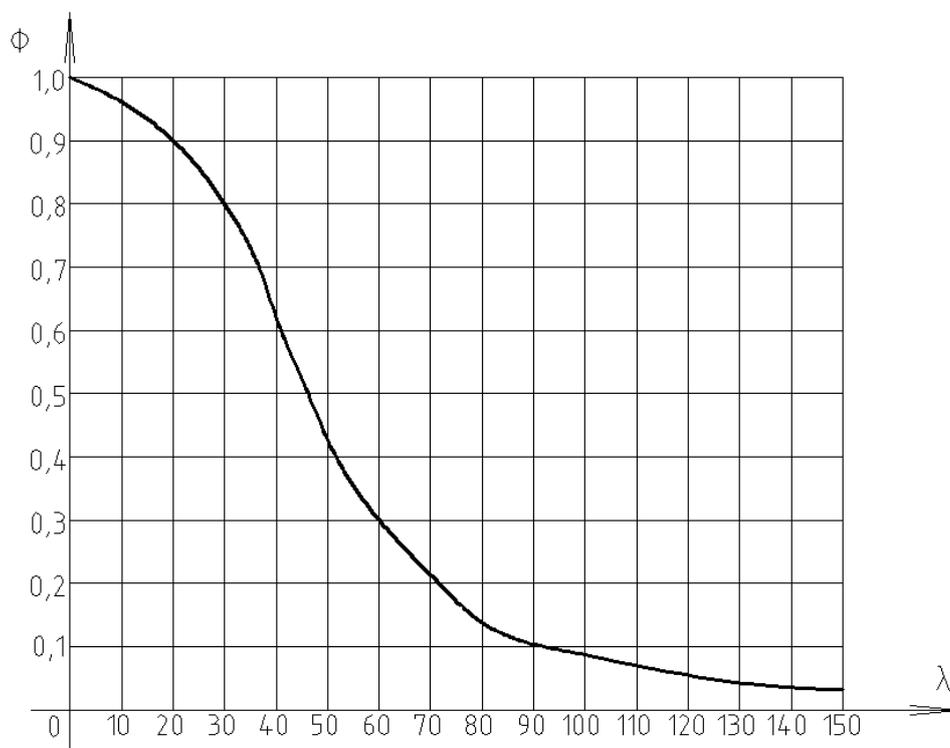


Рис. 3.18. График коэффициента продольного изгиба древесно-стружечной плиты при длительном и кратковременном воздействии нагрузок

Гибкость  $\lambda$  при определении коэффициента  $\varphi$  подсчитывается как

$$\lambda = \frac{\ell_o}{\sqrt{\frac{J}{A}}}, \quad (3.13)$$

где  $\ell_o$  – расчетная длина простенка, при шарнирном опирании по концам, принимаемая равной высоте панели;

$J$  – момент инерции, подсчитываемый с учетом рекомендаций п. 3.97.

3.99. Независимо от выполнения условий по формуле (3.12), необходимо проверить местную устойчивость отдельных участков обшивки панели. Наиболее опасным являются консольные участки и участки обшивок между вертикальными ребрами.

Проверку местной устойчивости консольных участков можно производить по формуле (3.12), в которой значение коэффициента  $\varphi$  принимают по графику рис. 3.18 при

$$\lambda = \frac{2d_1}{0,289\delta},$$

где  $d_1$  – длина консольных участков обшивок (рис. 3.19);

$\delta$  – толщина обшивки.

Участки обшивки между ребрами рассматриваются как пластинки, свободно опертые по периметру (см. рис. 3.19).

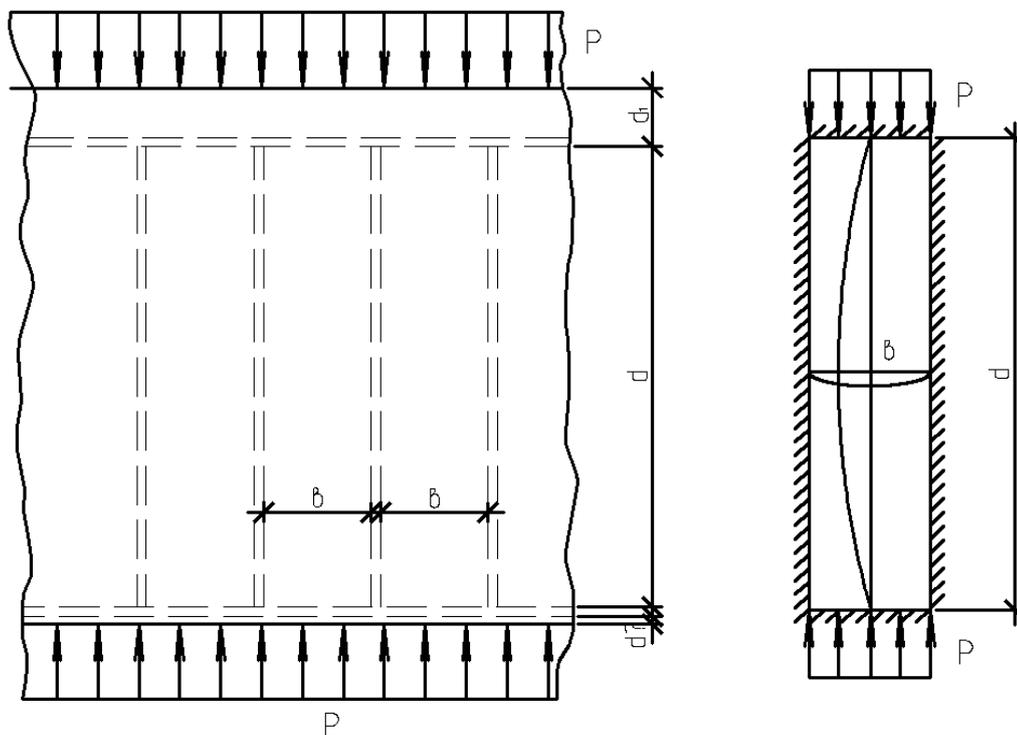


Рис. 3.19. Расчетная схема обшивки при местной устойчивости

Величина критических напряжений для пластинки, изображенной на рис. 3.19, определяется по формуле

$$\sigma_{кр} = k \frac{\pi^2 \cdot D}{b^2 \cdot \delta}, \quad (3.14)$$

где  $D = \frac{E \cdot \delta^3}{12(1 - \mu^2)}$  – цилиндрическая жесткость пластинки;

$b$  – расстояние между вертикальными ребрами;

$k$  – коэффициент, зависящий от способа закрепления краев пластинки и от отношения сторон  $a/b$  ( $b/a$ ). Для шарнирно опертой пластинки значения  $k$  можно принимать по табл. 3.5.

Т а б л и ц а 3.5

Значения коэффициента  $k$

$b/a$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0 и более
$k$	27,0	8,41	5,14	4,20	4,00	4,13	4,47	4,20	4,05	4,00

Местная устойчивость обшивки обеспечивается, если выполняется условие

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq \sigma_{кр}. \quad (3.15)$$

Формулой (3.15) можно воспользоваться для назначения оптимального шага между вертикальными ребрами, для этого необходимо одновременно удовлетворять условиям общей (3.12) и местной (3.15) потери устойчивости, добиваясь при этом равенства величин критических сил по той и другой формулам.

### 3.2.4. Расчет на сжатие (растяжение) с изгибом (панели НС, КЩ)

3.100. К сжато-изогнутым относятся такие панели полносборного дома, которые в процессе эксплуатации могут одновременно испытывать действие центрально-сжимающих сил и поперечных нагрузок. К таким конструктивным элементам могут быть отнесены панели наружных стен (НС) и кровельные щиты (КЩ). При условиях, оговоренных в п. 3.87, панели перекрытий могут работать как растянуто-изогнутые элементы.

3.101. Полезные, а также ветровые и снеговые нагрузки, действующие на здание, подсчитываются в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07-85\* «Нагрузки и воздействия» (СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» Актуализированная редакция). При подсчете вертикальных нагрузок на стеновые панели необходимо учитывать особенности, отмеченные в пп. 3.88 и 3.96.

3.102. Для расчета наружные стеновые панели следует разбивать на отдельные простенки согласно п. 3.98 аналогично панелям внутренних стен. Расчетная схема простенка приведена на рис. 3.20. Наличие несущих деревянных ребер только в одном направлении (вертикальном) дает основание рассматривать каждый простенок как пластинки с явно выраженной конструктивной ортотропией. Ввиду резкого (более чем в 200 раз) отличия изгибных жесткостей такой пластинки относительно главных осей ортотропии, определение расчетных усилий и конструктивный расчет каждого простенка следует производить как для стержня, шарнирно-опертого по концам. Длину стержня принимать равной высоте простенка (панели).

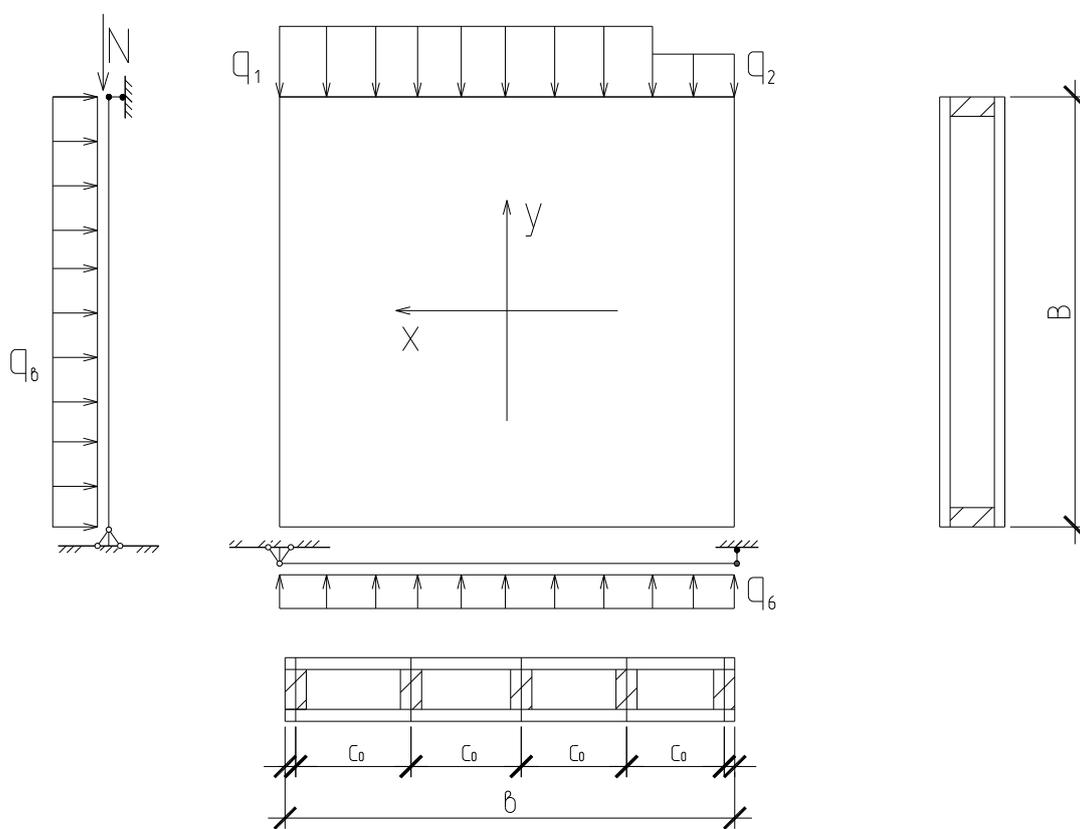


Рис. 3.20. Расчетная схема простенка наружной панели

3.103. Проверка прочности простенка при совместном действии расчетных усилий  $M$  (изгибающий момент) и  $N$  (продольная сила) производится по формулам

а) для сжатой обшивки

$$\frac{N}{A_{\text{пр}}^c} + \frac{M}{\xi \cdot W_{\text{пр}}^c} \leq m \cdot R_c; \quad (3.16)$$

б) для растянутой обшивки

$$-\frac{N}{A_{\text{пр}}^{\text{р}}} + \frac{M}{\xi \cdot W_{\text{пр}}^{\text{р}}} \leq m \cdot R_{\text{р}}; \quad (3.17)$$

в) для наиболее напряженной кромки несущего ребра

$$\frac{N}{A_{\text{пр}}} + \frac{M}{\xi \cdot J_{\text{пр}}} y_1 \leq m \cdot R_{\text{н}}. \quad (3.18)$$

В формулах (3.16)–(3.18) приняты обозначения:

$A_{\text{пр}}^{\text{с}}$  и  $W_{\text{пр}}^{\text{с}}$  – соответственно площадь и момент сопротивления поперечного сечения, приведенные к материалу сжатой обшивки;

$A_{\text{пр}}^{\text{р}}$  и  $W_{\text{пр}}^{\text{р}}$  – то же, приведенные к материалу растянутой обшивки;

$A_{\text{пр}}$  и  $J_{\text{пр}}$  – соответственно площадь и момент инерции поперечного сечения, приведенные к материалу ребра;

$y_1$  – максимальное расстояние от нейтральной оси до кромки ребра, равное  $(y-\delta)$  или  $(h-y-\delta)$ , см. (3.7) и (3.3);

$m$  – коэффициент условия работы, при расчете на нагрузки с учетом действия ветра принимается равным 1,2;

$\xi$  – коэффициент, подсчитываемый по формуле

$$\xi = 1 - \frac{N}{\varphi \cdot R_{\text{с}} \cdot A_{\text{пр}}}.$$

Для подсчета приведенных геометрических характеристик сечения можно пользоваться формулами (3.2) и формулами перехода (3.11), при этом учесть требования п. 3.90.

Клеевые швы, соединяющие обшивки и ребра, а также сами несущие ребра рассчитываются на скалывание по формулам (3.8) и (3.9) на действие поперечной силы  $Q = \frac{Q_0}{\xi}$ , где  $Q$  – поперечная сила от действия внешней поперечной нагрузки.

3.104. Прогибы панелей проверяются по формуле (3.10), но при этом величина прогиба  $f$  должна быть увеличена на коэффициент  $k = 1/\xi$ .

3.105. Помимо основных проверок прочности для простенков наружных стен необходимо рассчитать общую и местную устойчивость на действие только вертикальных сжимающих усилий  $N$ .

Проверка общей устойчивости простенка производится по формуле (3.12), но при этом за расчетную площадь сечения необходимо принимать приведенную (желательно к материалу ребра) площадь всего сечения. Если

материал ребра – древесина и  $A_{\text{расч}} = A_{\text{пр}}^{\text{др}}$ , то в формуле (3.12) значение коэффициента  $\varphi$  принимать как для древесины, т.е. по формулам

$$\varphi = \frac{3000}{\lambda^2} \text{ при } \lambda \geq 70;$$

$$\varphi = 1 - 0,8 \left( \frac{\lambda}{100} \right)^2 \text{ при } \lambda < 70.$$

Значение гибкости  $\lambda$  определяется по формуле (3.13) с учетом приведенной площади и приведенного момента инерции всего сечения, т.е.  $A = A_{\text{пр}}$ ;  $J = J_{\text{пр}}$ .

3.106. Местная устойчивость сжатой обшивки проверяется по формуле

$$\sigma = \frac{N}{A_{\text{пр}}} + \frac{M}{\xi \cdot W_{\text{пр}}} \leq \sigma_{\text{кр}}, \quad (3.19)$$

где  $\sigma_{\text{кр}}$  – критические напряжения, определяемые по формуле (3.14).

Расчетом на местную устойчивость можно воспользоваться для назначения оптимального шага несущих вертикальных ребер.

3.107. Кровельные щиты при обеспечении достаточной надежности клеевых швов, соединяющих стропильные ноги и обшивку, рассчитываются по формулам (3.16)–(3.19). При отсутствии гарантии прочности и водостойкости клеевых швов стропильные ноги кровельных щитов следует рассчитывать без учета обшивок, т.е. как самостоятельную стропильную систему.

3.108. Определение усилий ( $M$ ,  $Q$  и  $N$ ) в стропильной системе производится известными методами строительной механики по расчетной схеме, назначаемой с учетом фактических условий опирания и сопряжения элементов в узлах.

При наличии эксцентриситетов в коньковом и опорных узлах усилия ( $M$ ,  $Q$  и  $N$ ) в стропильных ногах необходимо определять с учетом влияния узловых моментов, равных  $M_e = N \cdot e$ . За величину эксцентриситета ( $e$ ) в узлах необходимо принимать расстояние от геометрической оси до центра тяжести эпюры напряжений смятия, действующих в торцах стропильных ног.

При подсчете расчетных величин ( $M$ ,  $Q$  и  $N$ ) необходимо учитывать также усилия, возникающие в стропильной системе в процессе монтажа при отсутствии ригеля-распорки, т.к. последняя ставится лишь после окончательной установки кровельных щитов в проектное положение.

3.109. Проверка прочности стропильных ног выполняется по формуле деревянного сжато-изогнутого элемента (см. п.4 СНИП II-25-80 или п. 6 СП 64.13330.2011), т.е.

$$\frac{N}{A} + \frac{M}{\xi \cdot W} \leq R_c, \quad (3.20)$$

где  $A$  и  $W$  – соответственно площадь и момент сопротивления поперечного сечения стропильной ноги;

$\xi$  – коэффициент, определяемый по формуле

$$\xi = 1 - \frac{\lambda^2}{3000} \frac{N}{A \cdot R_c}.$$

### 3.2.5. Некоторые предложения по расчету стыков и узлов

3.110. Расчет узлов конструктивных элементов дома следует производить на действующие в них усилия с учетом требований соответствующих глав СНИП II-25-80 «Деревянные конструкции. Нормы проектирования» или СП 64.13330.2011 «Деревянные конструкции. Актуализированная редакция». Многие стыки и узлы (например, коньковый узел стропильных ног, сопряжение распорки и стропильных ног и т.п.) выполняются с применением гвоздевых соединений. Несущая способность гвоздей должна быть подсчитана с учетом требований п. 5.13 [20] или пп. 7.13 [21]. При назначении шага, длины и диаметра гвоздей, необходимо руководствоваться положениями пп. 5.21 [20] или пп. 7.21 [21]. Количество гвоздей назначать из условия полного восприятия ими усилий, возникающих в узле.

3.111. При опирании стропильной ноги в опорный узел с «подрезкой» необходимо избегать чрезмерно большого ослабления ее (см. пп. 3.64), однако в тех случаях, где эта подрезка имеет место, требуется произвести расчет стропильной ноги на раскалывание по формуле

$$\sigma_p^{\max} \leq R_{p90}, \quad (3.21)$$

где  $R_{p90}$  – расчетное сопротивление древесины растяжению поперек волокон (для древесины сосны принимать  $R_{p90} = 0,3$  МПа);

$\sigma_p^{\max}$  – максимальные напряжения разрыва поперек волокон в месте изменения поперечного сечения стропильной ноги.

3.112. При расчете наклонных площадок деревянных опорных элементов необходимо учитывать угол наклона площадки смятия к направлению волокон древесины путем введения в расчет величины  $R_{см.а}$ , определяемую по пп. 3.1 [20] или пп. 5.1 [21].

3.113. Расчет стыков дощатых несущих ребер в панелях перекрытий, выполненных путем примыкания (с гвоздевым прижимом) парных накла-

док из досок с суммарной толщиной не менее чем толщина ребра можно не производить, если длина клеевого шва с каждой стороны от линии стыка будет не менее  $15\delta$  (где  $\delta$  – толщина накладки). В противном случае площадь клеевого шва должна быть рассчитана на восприятие расчетного изгибающего момента, действующего в месте стыка.

3.114. Стыки панелей наружных и внутренних стен, выполняемые на металлических болтах диаметром не менее 12 мм, могут не рассчитываться.

### 3.3. Изготовление панелей

#### 3.3.1. Общие сведения

Технологический процесс изготовления конструкций должен быть организован с учетом строго выполнения всех требований рабочих чертежей, отмеченных в проекте, ГОСТов или технических условий на выпускаемую продукцию. На изготовление каждого вида конструкций должны быть составлены пооперационные технологические карты.

В помещениях, где производится изготовление клеёных конструкций, должен поддерживаться постоянный температурно-влажностный режим  $t > 16^{\circ}\text{C}$  и относительная влажность воздуха  $W \leq 70\%$ . Склеивание конструкций при температуре ниже  $16^{\circ}\text{C}$  не допускается.

Технология изготовления деревянных конструкций, и особенно клеёных, включает в себя достаточно много этапов, которые сами собою представляют многооперационные работы, нуждающиеся в строгом соблюдении специальных технологических требований.

Основными этапами изготовления деревянных конструкций панелей полносборного дома являются:

- 1) сушка пиломатериалов;
- 2) механическая обработка материалов;
- 3) приготовление и нанесение клеев;
- 4) сборка, запрессовка и режимы склеивания;
- 5) обработка и защита конструкций;
- 6) контроль качества выпускаемой продукции.

Здесь отмечены лишь наиболее значимые этапы изготовления, которые включают достаточно много технологических операций, обязательных для выполнения с соблюдением строгого технологического режима.

Особое внимание следует уделять контролю качества изготовления продукции, в том числе пооперационному контролю материалов, стыков и качества выполнения отдельных технологических операций, а также контрольным натурным испытаниям готовой продукции на прочность и жесткость.

Приводимые ниже указания по изготовлению и контролю качества клеёных конструкций относятся к панелям полносборных деревянных домов, применительно к технологическим линиям с использованием импортного оборудования. В основу указаний положен положительный опыт по основным технологическим операциям изготовления клеёных деревянных конструкций, накопленный в нашей стране и изложенный в нормативных и конструктивных документах, ГОСТах и технических условиях.

### 3.3.2. Изготовление конструкций

#### 3.3.2.1. Сушка пиломатериалов

Пиломатериалы, используемые для изготовления клеёных панелей и щитов, должны отвечать требованиям ГОСТ 3808.1-80 «Пиломатериалы хвойных пород. Атмосферная сушка и хранение». Перед процессом склеивания пиломатериалы должны подвергаться сушке, которая является одной из основных операций технологического процесса изготовления клеёных конструкций.

Использование неправильно выбранных режимов или отклонение от заданных режимов не только снижает эффективность процесса сушки и приводит к перерасходу древесины из-за необходимости увеличения припусков на механическую обработку, но и вызывает недопустимые деформации пиломатериалов, что может быть причиной резкого снижения прочности клеёных конструкций в процессе их эксплуатации вследствие наличия в конструкциях больших остаточных напряжений.

Для производства клеёных конструкций, особенно несущих, рекомендуется комбинированный способ сушки, включающий предварительную атмосферную сушку пиломатериалов до влажности около 20 % и камерную сушку до влажности 8–12 %.

Атмосферную сушку необходимо производить в соответствии с требованиями ГОСТ 3808.01-80 «Пиломатериалы хвойных пород. Атмосферная сушка и хранение».

Пиломатериал, направляемый на атмосферную или камерную сушку, должен предварительно подвергаться сортировке по размерам и качеству. Сортировка по размерам предусматривает выделение пиломатериалов определенной толщины и ширины в соответствии с заданной спецификацией, отвечающей номенклатуре выпускаемых изделий. Сортировка по качеству подразумевает лишь отбраковку пиломатериала, явно непригодного для изготовления клеёных конструкций: например, имеющего значительный обзол, гниль или недопустимую покоробленность.

Во избежание коробления досок особое внимание следует уделять правильному формированию штабелей перед сушкой. В один горизонтальный ряд необходимо укладывать доски только одной толщины, а

прокладки по высоте укладывать строго вертикально одна над другой. Все прокладки должны иметь одинаковое сечение (ширина –  $40 \pm 1$  мм, толщина  $25 \pm 1$  мм, длина равна ширине штабеля).

Количество прокладок при длине штабеля 4,5–6,5 и для пиломатериалов толщиной 20–25 мм должно составлять, соответственно, 9–12 шт., а толщиной 40–60 мм – 5–6 шт.

Требования к качеству сушки пиломатериалов указаны в табл. 3.6. При этом наличие внутренних остаточных напряжений и уменьшение прочности древесины не допускается.

Процесс сушки включает в себя начальный прогрев древесины, поддержание заданной температуры в степени насыщенности сушильного агента и влаготермообработку древесины. Режимы каждого этапа сушки приведены в руководящих документах.

После окончания влаготермообработки пиломатериалы выдерживают в камере при параметрах последней ступени режима сушки в течение 2–3 часов для подсушивания поверхностных слоев материала. Затем прекращают подачу пара и охлаждают материал до  $30\text{--}40^\circ\text{C}$  сначала на открытых приточно-вытяжных каналах, а затем при полуоткрытых дверях. Ориентировочная продолжительность охлаждения – 1 час на каждый сантиметр толщины материала.

Т а б л и ц а 3.6

Требования к качеству сушки пиломатериалов

Для конструкций	Средняя конечная влажность и допустимые отклонения в партии, %	Перепад влажности % по толщине материала в мм			Режимы сушки	Категория сушки
		до 22	25–40	45–60		
Несущих	$10 \pm 2$	1,5	2	2,5	мягкие	I
Ограждающих	$10 \pm 3$	2	3	3,5	нормальные	II

После окончания процесса сушки пиломатериалы должны выдерживаться не менее 3 суток в помещении с относительной влажностью воздуха 65–75 % при температуре  $16\text{--}22^\circ\text{C}$ .

### 3.3.2.2. Механическая обработка

Пиломатериалы и древесно-стружечные плиты, поступающие для изготовления клеёных конструкций, подвергаются механической обработке с целью получения заготовок необходимых размеров и формы, устранения недопустимых пороков и дефектов, формирования поверхностей склеивания необходимой формы и качества.

Заготовки каркаса ограждающих конструкций стен могут быть изготовлены как из массивной древесины, так и склеенными по длине. Для склеивания заготовок по длине следует применять зубчатые соединения.

При использовании зубчатых клеевых соединений необходимо руководствоваться положениями ГОСТ 19414-90 «Древесина клеёная массивная. Общие требования к зубчатым клеевым соединениям»

Зубчатое соединение может быть использовано также с целью вырезки дефектов древесины (сучки) для получения древесины повышенного качества.

В зоне фрезерования зубчатых шипов, равной трехкратной длине шипа, считая от торца заготовки, сучки диаметром более 5 мм не допускаются.

Фрезерование зубчатых шипов осуществляется специальным режущим инструментом, поставляемым в централизованном порядке.

Склеиваемые пластины деревянных заготовок как монолитных, так и соединенных на «зубчатый шип» должны обрабатываться путем фрезерования на продольно-фрезерных станках (двух- или четырехсторонних). Шероховатость обработанных поверхностей должна быть не ниже 6 класса по ГОСТ 7016-82\* «Изделия из древесины и древесных материалов. Параметры шероховатости поверхности».

Поверхности древесно-стружечных плит, изготавливаемых методом плоского прессования, должны быть отшлифованы. Шлифовка в целом приводит к снижению физико-механических характеристик древесно-стружечных плит, однако она способствует лучшему формированию склеиваемой поверхности, а следовательно, и повышению качества клеевых швов, соединяющих их с деревянными ребрами.

При шлифовке 3-слойных плит необходимо добиваться равномерного снятия упрочняющих слоев с обеих сторон листа. При этом шлифовкой в целом должно сниматься не более 3 мм толщины листа.

Для получения крупных заготовок листы из древесно-стружечных плит стыкуются. Соединение листов осуществляют с помощью клиновидного стыка, достаточно хорошо вписывающегося в непрерывную технологию изготовления панелей и обеспечивающего высокую производительность стыковочного агрегата с использованием горячего метода склеивания (в поле токов высокой частоты).

После механической обработки подлежащие склеиванию поверхности предохраняются от загрязнения, увлажнения или пересушивания.

Рекомендуется производить склеивание не позднее чем через 6–8 часов после механической обработки поверхностей, так как длительное хранение вызывает деформирование заготовок и вследствие этого ухудшение качества склеивания.

Участок изготовления заготовок должен иметь комплексную линию раскроя пиломатериалов по длине и ширине с вырезкой дефектов и узел

сортировки заготовок по качеству древесины. Он должен также располагать достаточно большим накопителем заготовок, обеспечивающим постоянную гибкую связь с линией сращивания и общим технологическим потоком по формированию конструкций панелей.

### 3.3.2.3. Приготовление и нанесение клеев

Для приготовления клеев должны применяться компоненты, удовлетворяющие требованиям соответствующих ГОСТов и технических условий. Проверка компонентов производится при поступлении их на предприятие и в конце гарантийного срока хранения с целью установления их пригодности для дальнейшего использования.

Материалы, не отвечающие требованиям нормативных документов и паспортных данных по тем или иным параметрам, не должны быть допущены для дальнейшего использования в производстве клеёных конструкций.

В помещениях, где производится подбор и контрольное взвешивание компонентов клеевого состава, должны быть таблицы с указанием рекомендуемых составов клеев для изготовления клеёных конструкций, весового дозирования их компонентов, основные правила по приготовлению их и соблюдению правил техники безопасности при работе с вредными компонентами. Дубликаты таких таблиц должны находиться в лаборатории комбината с целью проведения необходимого контроля работ по приготовлению клеев.

Перед началом приготовления клея жидкие компоненты его (смола, отвердитель) должны перемешиваться. Подобранные (по весовому дозированию) компоненты клея закладываются в емкость клеемешалки и тщательно перемешиваются. Клеемешалки должны обеспечивать равномерное перемешивание клеевой композиции по всему объему. Во избежание вспенивания скорость вращения вала клеемешалки не должна превышать 1–1,5 об/сек.

Приготовление клея осуществляется в следующем порядке. Вначале в клеемешалку загружается смола, затем при непрерывном перемешивании добавляется отвердитель и, если это необходимо, наполнитель. Перемешивание продолжается не менее 5 мин; во время перемешивания и последующего хранения должна поддерживаться температура клеевой композиции в пределах  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Если клей содержит наполнитель, то во избежание его оседания перед использованием клей необходимо дополнительно перемешивать.

Нанесение клеев на склеивание поверхности следует производить механизированным способом при помощи клеенаносителей, обеспечивающих равномерное нанесение на поверхность требуемого количества клея. Примером этому в полносборном домостроении может служить линия шведской фирмы «Черс» по автоматическому сращиванию листов древес-

но-стружечных плит, где клей наносится ровным слоем путем выдавливания через колиброванные отверстия клеенаносящего ролика. При этом необходимо добиваться равномерного нанесения и достаточной смачиваемости клеевым составом всей склеиваемой поверхности путем подбора состава требуемой вязкости (с учетом температурно-влажностных условий среды и склеиваемых материалов) и регулировки подачи клея через клеенаносящие ролики.

При склеивании несущего каркаса и обшивок допускается нанесение клея способом контактного или бесконтактного налива. Такой способ значительно снижает производительность склеивания, но может быть допущен при замедленных последующих операциях в процессе изготовления ограждающих панелей. В этих случаях необходимо добиваться равномерного разлива клея в виде клеевого валика по середине ширины элементов каркаса. Как слишком маленькое, так и слишком большое сечение клеевого валика при этом не должно иметь место, так как в первом случае клеевой шов получается «голодным», а второй приводит к ненужному перерасходу клея.

#### 3.3.2.4. Сборка, запрессовка и режимы склеивания

Сборка и запрессовка склеиваемых элементов в процессе изготовления ограждающих конструкций на импортном оборудовании (в частности, шведская фирма «Черс») производятся на автоматизированных поточных линиях без применения ручного труда. Как правило, на эти операции не требуется много времени. Однако с учетом операций по укладке утеплителя и вынужденных простоев время открытой выдержки, т.е. времени с момента начала нанесения клея до контактирования склеиваемых поверхностей (с верхней обшивкой), может быть увеличенным. В таких случаях открытая выдержка не должна превышать 5 минут. Закрытые выдержки, т.е. время после контактирования поверхностей до окончания запрессовки, не должны превышать 15–30 минут.

Склеивание заготовок и ограждающих конструкций необходимо осуществлять приложением к ним в процессе запрессовки внешнего давления, обеспечивающего плотный равномерный контакт поверхностей по всей площади склеивания.

Запрессовку склеиваемых панелей производить в прессовых установках, снабженных нагревательными устройствами, после токов высокой частоты (ТВЧ), позволяющих свести процесс склеивания до нескольких десятков секунд. Важно, чтобы после запрессовки сохранялись приложенное давление и заданная температура до конца склеивания, т.е. в период отвердения клея сохранялась температура и обеспечивался контакт склеиваемых поверхностей.

Продолжительность выдержки склеиваемых конструкций в запрессованном состоянии (под прессом) зависит от технологических свойств применяемых клеев, размеров, жесткости и дефектов формы склеиваемых материалов, температуры и влажности окружающей среды, строгого соблюдения заданной температуры нагревателя и многих других факторов, поэтому временные режимы склеивания должны уточняться применительно к конкретным условиям производства. Время выдержки не может быть постоянным не только в течение длительного времени, но даже и в течение суток.

Обязательным условием при назначении выдержки под давлением является достижение клеевыми соединениями разборной прочности, позволяющей осуществлять транспортировку и выполнять последующие операции по обработке панелей. Окончательное отверждение клея достигается в процессе транспортирования, обработки и хранения клеёных изделий.

Определение разборной прочности производится путем лабораторных испытаний образцов. Эта прочность должна быть не менее 50 % основной прочности изделия. При меньшей разборной прочности разрушение клеевых швов может произойти при уже дальнейшем перемещении панелей по линии или при выполнении последующих операций по обработке и транспортировке панелей. Следует заметить, что такое нарушение целостности клеевых швов приводит к полной потере их прочности в дальнейшем ввиду отсутствия контакта склеиваемых поверхностей.

После распрессовки склеенные конструкции должны находиться не менее суток в помещении при температуре не ниже 18–20°C.

### 3.3.2.5. Обработка и защита конструкций

Конструкции внутренних панелей после склеивания подвергаются дальнейшей обработке и отделке в зависимости от месторасположения их в объемно-планировочном решении дома. Поверхности панелей, обращенные в помещения с повышенной влажностью (например, кухни, санузлы и т.п.) должны быть отделаны (оклеены или окрашены) влагозащитными лакокрасочными или пленочными материалами, типа масляных красок или «моющихся» обоев на синтетической пленочной основе. Все другие поверхности панелей, находящихся в процессе эксплуатации при нормальных температурно-влажностных условиях (температура  $+20\pm 2^\circ\text{C}$  и влажность воздуха  $\leq 60\%$ ), оклеиваются обычными обоями на белковых клеях.

В верхнюю часть панелей закладываются электроосветительные кабели и разъемные коробки, которые надежно закрепляются в специально отведенных для этих целей каналах.

Внутренние поверхности панелей наружных стен проходят отделку аналогично панелям внутренних стен в зависимости от назначения помещений, в которые обращена поверхность панелей.

Поверхности наружных стеновых панелей, обращенные наружу, защищаются специальным экраном, предохраняющим обшивку панели от атмосферных воздействий и солнечной радиации. Защитный экран рекомендуется выполнять из плоских асбестоцементных листов, прибиваемых гвоздями к деревянным вертикально расположенным брускам или путем обкладки дома кирпичом.

Панели перекрытий после склеивания не требуют какой-либо дополнительной механической обработки. Последующие операции включают в себя лишь окраску внутренней поверхности обшивки из древесно-стружечных плит масляной краской, белыми эмалями или водорастворимыми эмульсиями. Эта окраска выполняет функции защитные (служит пароизоляцией) и декоративные. Окраску ограждающих конструкций (панелей, плит) рекомендуется производить на автоматизированных поточных линиях.

При эксплуатации панелей в зданиях и сооружениях с относительной влажностью воздуха не менее 60 % поверхности ограждающих конструкций, выходящих в помещение, влагозащитной обработке не подлежат.

Необходимость защиты клеёных деревянных конструкций от возгорания определяют в зависимости от их назначения по СНиП 21-01-97\* «Пожарная безопасность зданий и сооружений».

### 3.3.3. Методы контроля качества конструкций

Для обеспечения требуемого качества конструкций на всех основных операциях технологического процесса необходимо производить тщательный пооперационный контроль. Независимо от этого на последней стадии процесса изготовления обязательным является контроль качества готовой продукции путем проведения натуральных испытаний с выдачей заключения о возможности использования конструкций под запроектированный класс нагрузок.

Контроль качества изготовления клеёных конструкций следует вести в три этапа: входной, пооперационный и готовых конструкций.

#### 3.3.3.1. Входной контроль

Входной контроль включает проверку всех материалов, предназначенных для изготовления клеёных конструкций.

Для оценки качества пиломатериалов и заготовок из них контролю подлежат:

1. Влажность;
2. Внутренние напряжения (после сушки);
3. Прочность древесины;
4. Пороки древесины;
5. Геометрия зубчатых шипов и точность обработки.

При оценке древесно-стружечных плит:

1. Влажность;
2. Плотность;
3. Прочность;
4. Однородность строения (структуры);
5. Геометрия листа и равнотолщинность по всей его плоскости;
6. Чистота обработки поверхностей.

За соблюдением входного контроля должны следить контролеры комбината и заводская лаборатория. Особое внимание на данном этапе должно быть уделено качественному отбору древесины по сортам и категориям.

### 3.3.3.2. Пооперационный контроль

Пооперационный контроль можно разбить на три основные группы:

- а) контроль клеев и защитных материалов,
- б) контроль параметров процессов склеивания,
- в) контроль клеевых соединений.

Только тщательный контроль на каждой технологической операции может обеспечить необходимое качество продукции и ритмичную работу всего комбината.

Контроль клеев и защитных материалов включает проверку следующих технологических свойств:

- условную вязкость,
- жизнеспособность,
- условное время отверждения,
- прочность клеевых соединений.

Проверка компонентов клеев и защитных составов для установления соответствия их требованиям норм производится при получении компонентов в конце гарантийного и систематически после окончания срока хранения по методикам, указанным в соответствующих ГОСТах и ТУ на эти продукты.

Контроль технологических свойств клеев перед их использованием должен осуществляться работниками лаборатории комбината в соответствии с ГОСТ 9070-75\* «Вискозиметры для определения условной вязкости лакокрасочных материалов. Технические условия», ГОСТ 15613.1-84 «Древесина клеёная массивная. Методы определения прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон».

Для определения технологических характеристик приготавливают клей массой не менее 1 кг или отбирают его от приготовленного к употреблению. После введения отвердителя композицию тщательно перемешивают в течение не менее 5 минут и выдерживают не более 10 минут при температуре  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Контроль параметров процесса склеивания включает проверку:

- температуры и влажности воздуха цеха;
- расхода клея;
- открытых и закрытых выдержек;
- давления запрессовки;
- температуры склеивания;
- выдержки под давлением;
- выдержки после распрессовки.

Основные требования и рекомендации по нормальным параметрам отмеченных операций приведены выше.

Контроль клеевых соединений производится по основным показателям прочности при скалывании, при изгибе и при растяжении. При этом должны проверяться клеевые соединения как древесины с древесиной (например, зубчатое соединение), древесно-стружечных плит между собой (например, клиновидный стык листов), так и древесины с древесно-стружечной плитой.

Прочность клеевых соединений контролируется путем испытания клеёных стандартных образцов в соответствии с действующими ГОСТами в следующих случаях:

- а) для проверки прочности соединений при контроле технологических характеристик клеев;
- б) то же при обработке и проверке технологического процесса изготовления конструкций;
- в) при периодическом контроле качества клеевых соединений в конструкциях;
- г) для выявления причин разрушения конструкций, если контрольные испытания дали отрицательные результаты.

Определение основных прочностных характеристик клеевых соединений должно производиться по методике, изложенной в ГОСТ 15613.1-84 «Древесина клеёная массивная. Методы определения предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон», ГОСТ 15613.5-79 «Древесина клеёная массивная. Методы определения предела прочности зубчатых клеевых соединений при растяжении», ГОСТ 15613.4-78 «Древесина клеёная массивная. Методы определения предела прочности зубчатых клеевых соединений при статическом изгибе», ГОСТ 25884-83 «Конструкции деревянные клеёные. Метод определения прочности клеевых соединений при послойном скалывании», ГОСТ 25885-83 «Конструкции деревянные клеёные. Метод определения прочности клеевых соединений древесных материалов с древесиной».

Клеевые соединения обеспечивают нормальную работу клеёных конструкций, если прочность их окажется не ниже показателей, приводимых в соответствующих ГОСТах.

### 3.3.3.3. Контроль готовых конструкций

Контроль готовых конструкций включает в себя два этапа:

1) визуальный осмотр, проводимый работниками контроля, при котором фиксируются качество механической обработки, отклонение от геометрических размеров и формы, непроклеенные места и пороки древесины, качество защитной обработки и отделки;

2) натурные испытания конструкций для оценки их несущей способности и жесткости.

Указанный контроль проводится для установления соответствия несущей способности, размеров и внешнего вида выпускаемой продукции требованиям рабочих чертежей, ГОСТов и технических условий. Выполнение отмеченных требований должно постоянно контролироваться службой контроля предприятия-изготовителя.

Наиболее сложным этапом осуществления этого вида контроля является проведение натурных испытаний, учитывая отсутствие некоторых ГОСТовских рекомендаций на проведение натурных испытаний и способов оценки их для клеёных конструкций из древесины и древесно-стружечных плит.

Внешнему осмотру и обмеру подвергаются все конструкции, входящие в партию. При осмотре конструкций выявляются недопустимые пороки и другие дефекты древесины, рыхлые кромки и другие неоднородности строения древесно-стружечных плит, непроклеенные места и т.п. Указанный осмотр производится до полной отделки панелей.

Толщины клеевых швов должна быть не более 0,5 мм. Допускаются участки с большей толщиной, но не более 1 мм, если их длина не превышает 100 мм, а расстояние между ними – не менее десятикратной длины утолщенного шва.

Непроклеенные места не допускаются:

– в зонах с наибольшими величинами скальвающих напряжений (например, вблизи опор) на длине не менее 1 м в каждую сторону от опасных сечений. Опасные сечения должны указываться в рабочих чертежах на конкретные виды конструкций;

– в зубчатых соединениях;

– в швах панелей, соединяющих кромочные ригели каркаса с обшивками;

– в стыковых соединениях листов обшивок.

На остальных участках непроклеи допускаются длиной не более 100 мм, при этом расстояние между ближайшими непроклеенными участками должно быть не менее десятикратной их длины.

#### 3.3.3.4. Натурные испытания конструкций

Натурные испытания конструкций проводятся с целью выявления их фактической несущей способности и жесткости, а также для отладки технологических процессов при изготовлении клеёных конструкций, направленных на повышение качества выпускаемой продукции.

Натурные испытания желательно доводить до разрушения конструкции. В тех случаях, когда в процессе испытаний выявляются явно большие (более 4) коэффициенты запаса, конструкцию можно не доводить до разрушения, для того чтобы можно было использовать ее в дальнейшем в деле.

## 4. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ, АРХИТЕКТУРНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПОЛНОСБОРНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ДОМОВ

### 4.1. Общие сведения

Традиционно сложилось, что перспективное развитие любой строительной отрасли связано с тремя ее компонентами: архитектурой (А), конструкциями (К) и технологией (Т). В какой последовательности они могут сочетаться А К Т, К А Т, Т К А особой роли не играет, главное, что наличие всех этих трех компонентов обязательно. Так, приобретение импортной технологии, от чего сейчас исходят предприниматели строительной отрасли, делает приоритет на первую букву в словосочетании, т.е. преобладает Т А К или Т К А. Однако, как уже отмечено ранее, на примере приобретения технологии полносборного домостроения от Шведской фирмы «Черс» (Пензенский ЭКПД) хотя и поставил на первое место технологию, включающую в себя все циклы по изготовлению домов, но детальная доработка комбината потребовала большое количество решения проблем для того, чтобы усовершенствовать конструкции панелей, повысить их надежность и долговечность в эксплуатации, решить еще массу всяких необходимых проблем, для того чтобы добиться проектной мощности и разнообразия архитектурной выразительности выпускаемых домов.

На основе накопленного опыта изготовления и строительства полносборных деревянных домов, выпускаемых Пензенским ЭКПД, ниже представлены некоторые предложения по совершенствованию деревянных домов каркасно-панельной и панельной системы, на которую в основном ориентировано наше перспективное развитие домостроения.

Поскольку каркасно-панельные и панельные системы деревянных домов состоят в основном из крупных панелей (стен, перекрытий, кровельных щитов), включающих в себя несущий каркас и обшивочные элементы, то конструктивное совершенствование их следует прежде всего искать в рациональном подборе материалов и сочетания их, в назначении эффективных сечений и схем, способов соединений и других факторов, отмеченных ниже.

Ребристая система панелей, состоящая из одной или двух обшивок и регулярно повторяющихся расставленных по длине ребер (продольных или поперечных), очень хорошо вписывается в технологию индустриального их изготовления, поскольку позволяет максимально использовать механизацию и автоматизацию всех процессов в системе непрерывной поточной технологии. Такая конструктивная схема позволяет все технологические процессы: раскроя, нанесения клея, укладки ребер, склеивания и окончательной обработки панельных конструкций выполнять на автомати-

зированных линиях без применения ручного труда с высоким качеством и с минимальными затратами труда и времени.

Предлагаемые ниже рекомендации по совершенствованию панели основаны на обязательном учете технологического фактора изготовления конструкций, поскольку технология, как правило, не только определяет рациональность конструкции и ее стоимость, но и влияет на качество и количество продукции, выпускаемой комбинатами.

Одним из факторов рациональности ребристой панельной конструкции, изготавливаемой в заводских условиях является способ соединения между собой ее элементов (обшивок и ребер), поскольку с этим связано решение вопроса учитывать совместную работу обшивок и ребер или каждый элемент будет работать самостоятельно, не зависимо один от другого.

Эффект от этого решения можно показать на примере панели перекрытия, размером в плане 2,4×9,6 м, состоящей из 9 деревянных ребер сечением 35×144 мм и двух обшивок из древесно-стружечной плиты толщиной  $\delta = 16$  мм при  $E_{об}/E_{др} = 0,2$  (см. рис. 4.1).

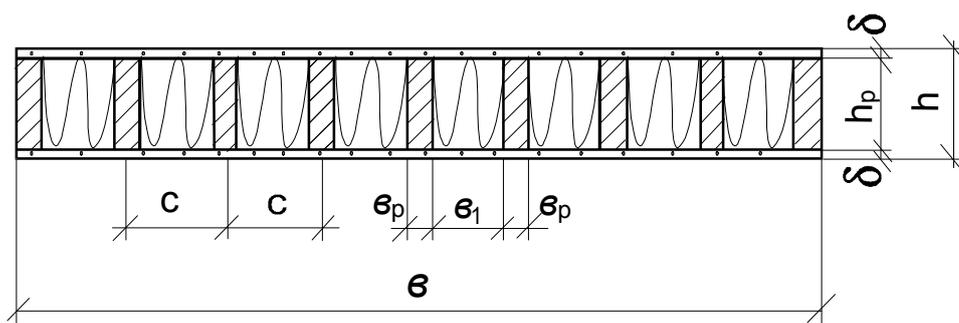


Рис. 4.1. Поперечное сечение панели

Панель работает на изгиб. Для нее, если обшивки и ребра соединены шурупами, момент инерции  $J$  и момент сопротивления  $W$  равны

$$J_p = 9 \frac{b_p \cdot h_p^3}{12} = 9 \frac{3,5 \cdot 14,4^3}{12} = 7838 \text{ см}^4,$$

$$W_p = 9 \frac{b_p \cdot h_p^2}{6} = 9 \frac{3,5 \cdot 14,4^2}{6} = 1088 \text{ см}^3.$$

Если же обшивки и ребра работают совместно, т.е. склеены между собой, то эти характеристики равны

$$J_{пр} = J_p + \frac{E_{об}}{E_p} J_{об} = 7838 + 0,2 \frac{2,4(17,6^3 - 14,4^3)}{12} = 17705 \text{ см}^4,$$

$$W_{пр} = \frac{2J_{пр}}{h} = \frac{2 \cdot 17705}{17,6} = 2012 \text{ см}^3.$$

Как видно, клеевое соединение при всех прочих одинаковых условиях может повысить несущую способность ребристой панели почти в 2 раза, а жесткость – более чем в 2 раза (в 2,26 раза). И этот эффект только от наличия клеевого соединения.

Целесообразность клеевого соединения по сравнению с традиционными – гвоздевыми или на шурупах – должна подкрепляться соответствующими обоснованиями, поскольку наряду с повышением стоимостных показателей по расходу клея и выполнения клеевых соединений, существенным может оказаться повышение в целом несущей способности и жесткости панелей или уменьшение расхода материалов на них. Кроме того, применение клеевых соединений может привести к улучшению технологичности и снижению трудозатрат при изготовлении панелей особенно тогда, когда склеивание осуществляется скоростным методом в поле токов высокой частоты.

Другими аргументирующими факторами рациональности и оптимальности конструкций является их конструктивные решения и материалы, из которых выполняется каждый элемент панели. Поиск рациональных материалов является одним из важных этапов разработки экономичных конструкций. Поэтому исследования по оптимальности конструкций панелей полносборных домов с применением древесно-стружечных плит затрагивает два направления:

- поиск оптимальных конструкций несущих ребер панелей;
- оценка физико-механических свойств материалов, используемых в качестве обшивок и отыскание оптимальных значений их применительно к клееным панелям малоэтажных жилых домов и с учетом фактических величин, действующих на них нагрузок.

Последнее особенно важно, поскольку в качестве обшивок преимущественно используются древесно-плитные материалы, свойства которых существенно зависят от соотношения составляющих компонентов (связующее и наполнитель) и могут изменяться в широких пределах.

Здесь отмечены лишь некоторые факторы, существенно влияющие на рациональность конструкций панелей, и которые нельзя не учитывать при серийном массовом выпуске полносборных домов. Ниже приводится более подробное влияние этих и других факторов на оптимальное решение панелей. Хотелось бы надеяться, что предлагаемые рекомендации эффективны не только для панелей с обшивками из древесно-стружечных плит, но также их можно учитывать для панелей домов, выполненных из других материалов, тем более, что одним из важных факторов по рациональности конструкций, в данной работе, отмечается выбор материала обшивок с эффективными механическими характеристиками на основе учета совместной их работы с несущими ребрами.

## 4.2. Факторы, влияющие на рациональность конструктивных решений панелей

Перечень факторов, способных оказать существенное влияние на оптимальность ребристой панели малоэтажного деревянного дома, в общем случае, достаточно большой. Более ответственными в работе дома, исходя из степени их напряженности, являются панели перекрытий, работающие в основном на изгиб. Для таких панелей можно выделить следующие значимые факторы:

- нагрузки, их изменчивость и время действия;
- схема приложения нагрузок;
- статическая схема работы панели;
- величина пролетов, расчетные усилия;
- материалы и механические характеристики их;
- конструктивные решения панелей;
- технология изготовления, способы соединения обшивок и ребер;
- стыки ребер и обшивок.

Естественно, что есть много и других факторов (например, температурно-влажностные условия, условия эксплуатации, вид клеев и т.п.), которые в той или иной степени могут повлиять на рациональность и экономичность конструктивного решения панели.

Однако ниже рассмотрены лишь некоторые факторы, отмеченные выше с целью показать их значимое влияние на рациональность конструктивных решений панелей полносборных домов.

### 4.2.1. Нагрузки

Нагрузки, действующие на панель перекрытия в системе малоэтажного жилого деревянного дома, состоят из постоянно-действующих и временных. К постоянным относятся нагрузки, вызванные собственным весом и весом смежных конструкций, которые поддерживаются панелью перекрытия. Временными нагрузками являются полезные действующие непосредственно на перекрытие, а также доля снеговых и ветровых воздействий, передающихся от смежных частей дома.

Величины этих нагрузок колеблются в определенных пределах в зависимости от объемно-планировочного и конструктивного решения здания. Учет времени их действия в конструктивных расчетах приведен выше в п. 3.84 разд. 3. Анализ подсчета этих нагрузок показывает, что величины их для малоэтажных жилых домов относительно небольшие и составляют:

– для домов без жилого второго этажа

$$q = 1,2 - 1,8 \text{ кН/м}^2;$$

– для домов со вторым жилым этажом

$g = 1,3 - 1,7 \text{ кН/м}^2$  – равномерно распределенная постоянная;

$p = 1,8 - 2,5 \text{ кН/м}^2$  – полезная на средней жилой части здания;

$P = 13 - 19 \text{ кН}$  – сосредоточенная, на всю ширину панели от мансарды.

Таким образом, расчетные распределенные нагрузки колеблются в не-больших пределах и составляют не столь значительные величины. Это дает основание к совершенствованию конструктивных решений панелей и к многообразному выбору материалов для обшивок и ребер.

#### 4.2.2. Расчетная схема

Влияние расчетной схемы наиболее ярко можно проследить на панели перекрытия, т.к. от этого существенно зависят максимальные расчетные усилия (изгибающие моменты), а следовательно и размеры поперечного сечения панели. В частности, на расчетную схему панели перекрытия существенно влияет конструкция и точность установки внутренних стен (перегородок), которые могут служить промежуточными опорами для панели перекрытия.

Крупная панель перекрытия размером «на дом» работает по схеме двухпролетной балки или двухпролетной плиты со свободным краем. Следует заметить, что в любом случае плита будет работать по такой схеме. Так, для дома шириной 9,5 м указанный пролет 9,5 м практически не реализуем для панели перекрытия с обшивками из древесно-стружечных плит и с несущими деревянными ребрами, т.к. максимальный расчетный изгибающий момент

$$M = \frac{q \cdot \ell^2}{8} = \frac{2,4 \cdot 1,7 \cdot 9,5^2}{8} = 46,027 \text{ кН} \cdot \text{м} \gg [M],$$

где  $[M]$  – предельный изгибающий момент, воспринимаемый панелью.

Максимальный прогиб панели только от собственного веса равен

$$f = \frac{5q^H \cdot \ell^4}{384 \cdot E \cdot J_{\text{пр}}} = \frac{5 \cdot 2,4 \cdot 0,53 \cdot 950^4}{384 \cdot 10^4 \cdot 23540} = 60 \text{ см},$$

что не может быть допущено, ибо панель до достижения его уже разрушится. Поэтому еще до разрушения плита перекрытия «найдет» дополнительную промежуточную опору в виде внутренней перегородки, погасив при этом своим прогибом неточность монтажа или изготовления и тем самым обеспечит себе работу по схеме двухпролетной неразрезной балки (или плиты) с пролетом не более 6 м. Количество промежуточных опор может быть и больше, если благодаря высокому качеству изготовления панелей внутренних стен большее количество их включится в качестве опор в работу плит перекрытия.

### 4.2.3. Количество несущих ребер (шаг ребер)

Количество несущих ребер должно прежде всего определяться из условия прочности верхней обшивки при изгибе на действие местной нагрузки. Расчет ведется на два сочетания нагрузок:

а) собственный вес плюс полезная нагрузка;

б) собственный вес и сосредоточенный расчетный груз  $P = 1,2$  кН (собственным весом обшивки в виду его малости можно пренебречь).

Расчетной схемой при этом служит защемленная с двух сторон балка. Более опасным из двух сочетаний нагружения является кратковременное действия сосредоточенного груза  $P = 1,2$  кН. Из условия прочности

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{P \cdot c}{8 \frac{1 \cdot \delta^2}{6}} = \frac{0,9 \cdot c \cdot 10^{-3}}{\delta^2} < R_u m$$

находим предельный шаг [с]

$$[c] = 1333 R_u \cdot \delta^2. \quad (4.1)$$

Здесь  $\delta$  – толщина верхней обшивки, м;

$m = 1,2$  – коэффициент учитывающий кратковременный характер действия силы  $P = 1,2$  кН;

$R_u$  – расчетное сопротивление материала обшивки.

Шаг ребер [с] зависит от толщины обшивки. Для самого худшего варианта, т.е. при толщине обшивки из древесно-стружечной плиты  $\delta = 10$  мм получим  $[c] = 53$  см. Таким образом, шаг несущих ребер (а отсюда и их количество) подсчитывается из условия, чтобы он не превышал предельно допустимую величину  $[c] = 53$  см. Иначе если шаг расстановки ребер будет больше чем 53 см, то обшивка может сломаться при нахождении на ней монтажного груза  $P = 1,2$  кН. Уменьшение шага несущих ребер (или одно и тоже увеличение количества ребер) приводит к положительным явлениям, а именно, увеличивает несущую способность и жесткость панели, не только за счет собственного участия в работе панели, но и за счет более активного включения в работу обшивок.

Из формулы (4.1) можно подсчитать также требуемое значение расчетного сопротивления материала обшивки, задаваясь предельным шагом и толщиной обшивки, т.е.

$$[R_u^{об}] = \frac{[c]}{1333 \cdot \delta^2}. \quad (4.2)$$

По известной величине  $[R_u^{об}]$  можно подобрать, какой материал нужно принять для обшивок при принятой величине шага несущих ребер.

#### 4.2.4. Способ соединения обшивок с ребрами

Соединение обшивок с ребрами может быть жесткое (на клею) или нежесткое, на податливых связях (гвоздях или шурупах).

При наличии клеевого соединения между ребрами и обшивками они работают совместно до разрушения панели. Это позволяет проводить расчеты панели по приведенным геометрическим характеристикам (см. рекомендации по расчету).

Запишем формулу для приведенного (к материалу ребра) момента инерции

$$J_{\text{пр}} = J_p + \frac{E_{\text{об}}}{E_p} J_{\text{об}} = J_p \left( 1 + \frac{E_{\text{об}} \cdot J_{\text{об}}}{E_p \cdot J_p} \right) = J_p (1 - k), \quad (4.3)$$

$$\text{где } k = \frac{E_{\text{об}} \cdot J_{\text{об}}}{E_p \cdot J_p} = \frac{E_{\text{об}} \cdot 3 \cdot A_{\text{об}}}{E_p \cdot A_p} \left( 1 + \frac{\delta}{h_p} \right); \quad (4.4)$$

$A_p$  – суммарная площадь всех ребер;

$A_{\text{об}}$  – суммарная площадь двух обшивок;

$\delta$  – толщина обшивки;

$h_p$  – высота поперечного сечения ребра.

Коэффициент  $k$  учитывает долю участия обшивок в восприятии нормальных напряжений и создания жесткости при изгибе панели. При большой высоте ребер и малой толщине обшивок выражение в скобках в формуле (4.4) можно принять равным единице. Изменения коэффициента  $k$  показаны в виде графика (рис. 4.2 и 4.3). Нетрудно заметить, что степень участия обшивок в работе панели существенно зависит от отношения модулей упругости материалов обшивки и ребер, а также от отношения площадей  $A_p/A_{\text{об}}$ . Частный случай, если обшивки и ребра выполнены из одного материала (например, из древесно-стружечной плиты), то доля участия обшивок резко возрастает (см. формулу (4.4) и рис. 4.3) и фактически работают лишь одни обшивки, а ребра служат в основном лишь соединительным элементом, обеспечивающим совместную работу обшивок. Поэтому если необходимо увеличить долю участия в работе панели обшивок, то необходимо стремиться к использованию материала обшивок с повышенным модулем упругости или приближающемуся к модулю упругости материала ребер.

Используя графики (рис. 4.2 и 4.3), можно легко подсчитать приведенные моменты инерции и моменты сопротивления, зная лишь момент инерции ребер. В табл. 4.1–4.7 приведены значения геометрических характеристик поперечных сечений панелей при различных значениях  $E_{\text{об}}/E_p$  и при разных размерах ребер и обшивок. Расчет производился по формуле (4.3) с учетом графиков (рис. 4.2).

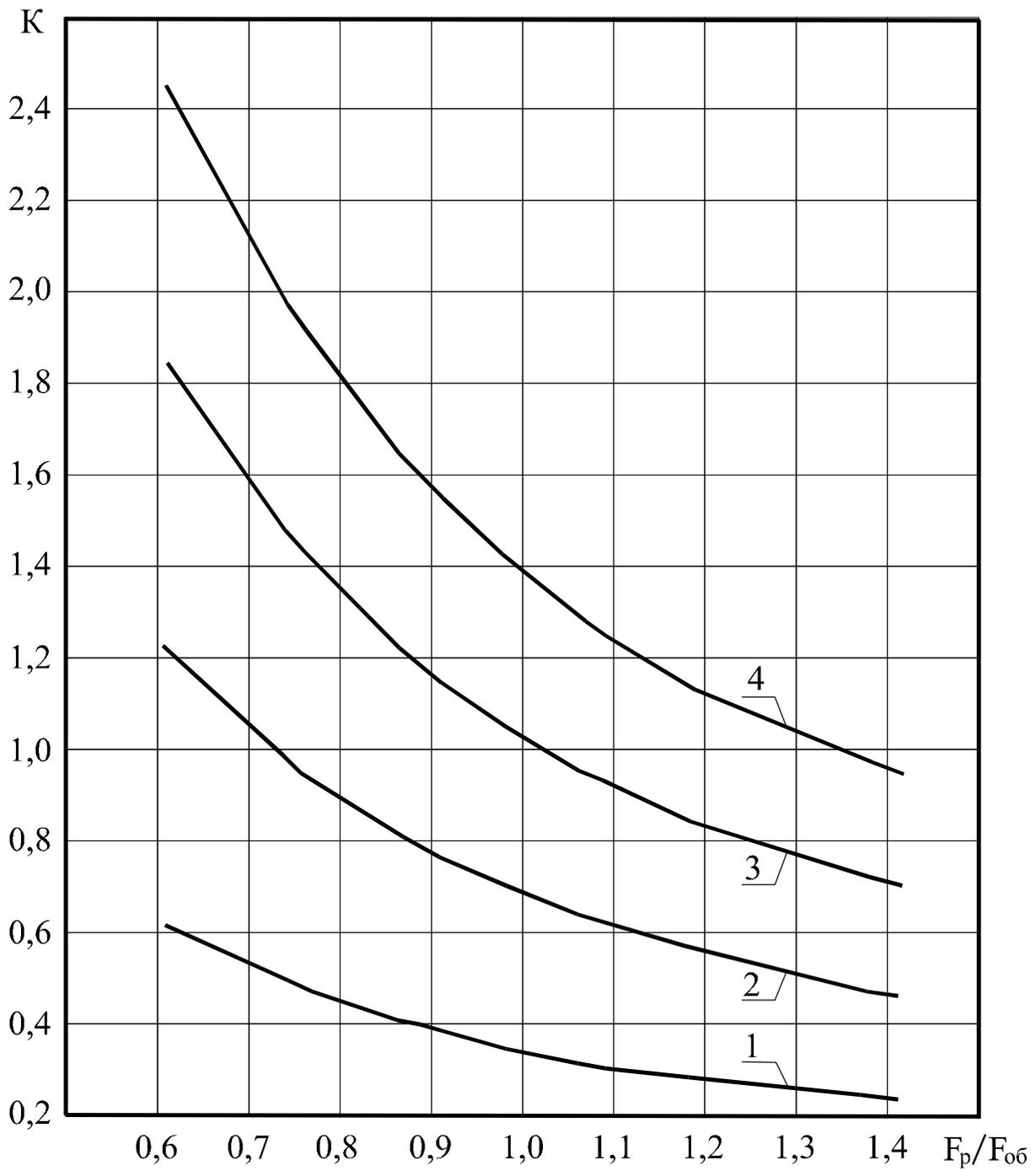


Рис. 4.2. График зависимостей  $k$  от  $A_p/A_{об}$  при различных  $E_{об}/E_p$ :  
 1 –  $E_{об}/E_p = 0,1$ ; 2 –  $E_{об}/E_p = 0,2$ ; 3 –  $E_{об}/E_p = 0,3$ ; 4 –  $E_{об}/E_p = 0,4$

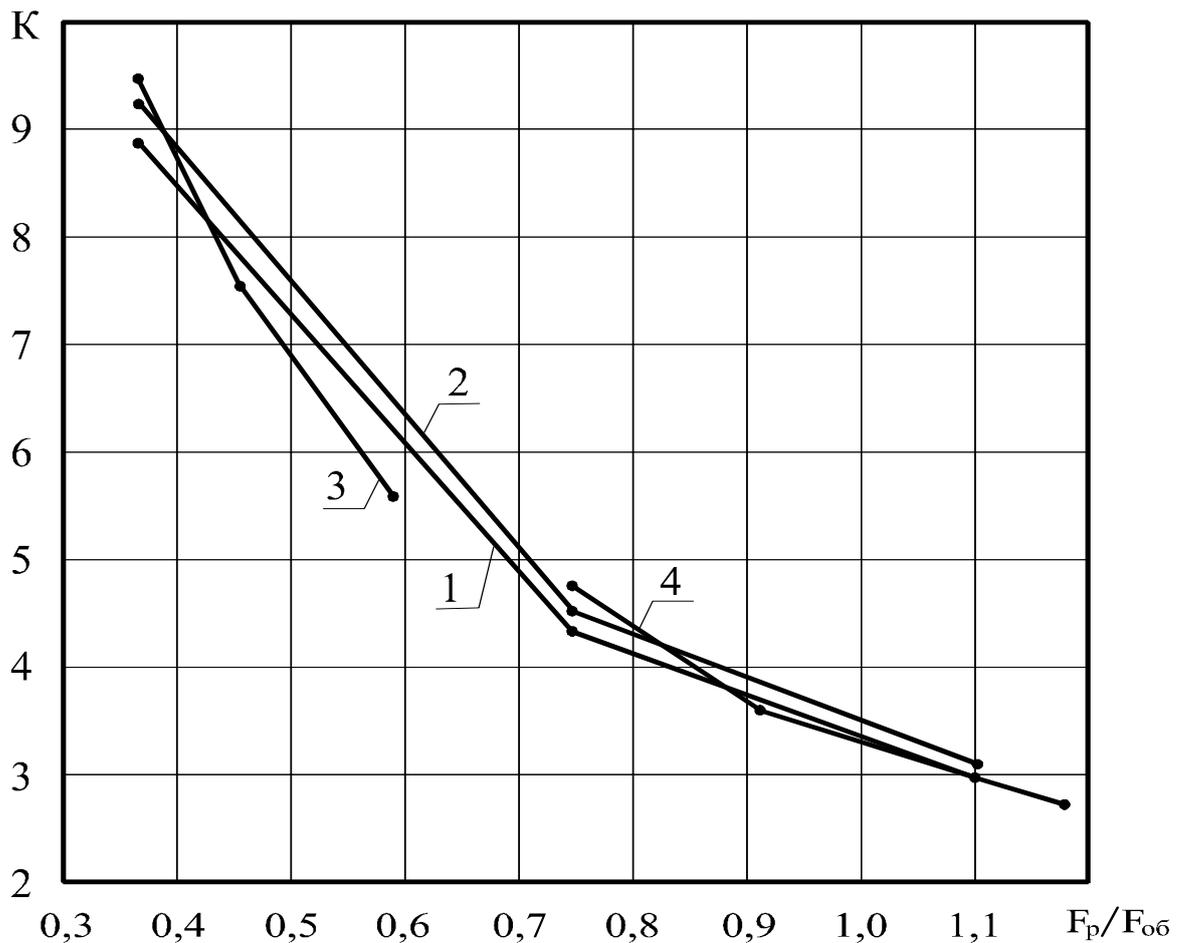


Рис. 4.3. График зависимостей  $k$  от  $A_p/A_{об}$  при различных  $\delta$  и  $b_p$  для случая одинакового материала в обшивках и ребрах:  
 1 –  $\delta = 10$  ( $b_p = 10, 20, 30$ ); 2 –  $\delta = 13$  ( $b_p = 13, 26, 39$ ); 3 –  $b_p = 10$  ( $\delta = 10, 13, 16$ );  
 4 –  $b_p = 13$  ( $\delta = 10, 13, 16$ )

Если клеевое соединение между ребрами и обшивками отсутствует, то обшивки не будут участвовать в общей работе панели на изгиб, следовательно, момент инерции поперечного сечения панели будет определяться только моментом инерции ребер, это видно из таблиц. Поэтому данными табл. 4.1 – 4.7 можно пользоваться и для клеёных и для не клеёных панелей.

В табл. 4.1–4.7 подсчитаны также предельные изгибающие моменты для каждого случая панелей, которые они могут воспринимать при достижении несущей способности. Из условия прочности ребер

$$\sigma_p = \frac{M \cdot h_p}{2J_{пр}} \leq R_{и}$$

получим предельный изгибающий момент, который равен

$$[M] = \frac{2R_{и} \cdot J_{пр}}{h_p} = \frac{2R_{и} \cdot J_p}{h_p} (1 + k). \quad (4.5)$$

Таблица 4.1

Геометрические характеристики и предельные изгибающие моменты с различными ребрами при  $E_{\text{об}}/E_p = 0,1$ 

№ П/П	Сечение ребра		$\delta$ , мм	$J_p$ , см <sup>4</sup>	$k$	$J_{\text{об}}$ , см <sup>4</sup>	$J_{\text{пр}}$ , см <sup>4</sup>	$W_{\text{пр}}^{\text{об}}$ , см <sup>3</sup>	$W_{\text{пр}}^p$ , см <sup>3</sup>	$M_{\text{пр}}$ , кН·м	$M_p^p$ , кН·м
	$b_p$ , мм	$h_p$ , мм									
1	44	120	16	5702	0,614	3501	9203	1210	1534	19,94	12,35
2	44	144	16	9854	0,494	4868	14720	1673	2044	26,58	17,79
3	44	168	16	15650	0,412	6445	22100	2210	2631	34,20	24,22
4	44	172	16	16790	0,402	6750	23540	2308	2737	35,58	25,38
5	44	120	13	5702	0,480	2737	8439	1156	1407	18,28	12,35
6	44	144	13	9854	0,384	3825	13680	1609	1900	24,70	17,79
7	44	168	13	15650	0,324	5070	20720	2136	2467	32,07	24,22
8	44	172	13	16790	0,316	5305	22100	2232	2570	33,40	25,38
9	44	120	10	5702	0,354	2019	7721	1103	1287	16,73	12,35
10	44	144	10	9854	0,288	2838	12690	1548	1763	22,91	17,79
11	44	168	10	15650	0,242	3788	19440	2068	2314	30,09	24,22
12	44	172	10	16790	0,235	3963	20750	2161	2413	31,37	25,38

Таблица 4.2

Геометрические характеристики и предельные изгибающие моменты с различными ребрами при  $E_{\text{об}}/E_p = 0,2$ 

№ П/П	Сечение ребра		$\delta$ , мм	$J_p$ , см <sup>4</sup>	$k$	$J_{\text{об}}$ , см <sup>4</sup>	$J_{\text{пр}}$ , см <sup>4</sup>	$W_{\text{пр}}^{\text{об}}$ , см <sup>3</sup>	$W_{\text{пр}}^p$ , см <sup>3</sup>	$M_{\text{пр}}$ , кН·м	$M_p^p$ , мм
	$b_p$ , мм	$h_p$ , мм									
1	44	120	16	5702	1,228	7002	12700	1671	2117	27,52	12,35
2	44	144	16	9854	0,988	9736	19590	2223	2721	35,37	17,79
3	44	168	16	15650	0,824	12890	28540	2854	3398	44,17	24,22
4	44	172	16	16790	0,804	13500	30290	2970	3522	45,79	25,38
5	44	120	13	5702	0,960	5474	11180	1532	1863	24,22	12,35
6	44	144	13	9854	0,776	7650	17500	2059	2430	31,60	17,79
7	44	168	13	15650	0,648	10140	25790	2659	3010	39,91	24,22
8	44	172	13	16790	0,632	10610	27400	2768	3186	41,42	25,38
9	44	120	10	5702	0,703	4037	9739	1391	1623	21,10	12,35
10	44	144	10	9854	0,576	5676	15530	1894	2157	28,04	17,79
11	44	168	10	15650	0,484	7575	23230	2471	2765	35,95	24,22
12	44	172	10	16790	0,472	7925	24720	2575	2674	37,37	25,38

Таблица 4.3

Геометрические характеристики и предельные изгибающие моменты с различными ребрами при  $E_{\text{об}}/E_p = 0,3$ 

№ П/П	Сечение ребра		$\delta$ , мм	$J_p$ , см <sup>4</sup>	$k$	$J_{\text{об}}$ , см <sup>4</sup>	$J_{\text{пр}}$ , см <sup>4</sup>	$W_{\text{пр}}^{\text{об}}$ , см <sup>3</sup>	$W_{\text{пр}}^p$ , см <sup>3</sup>	$M_{\text{пр}}$ , кН·м	$M_p^{\text{пр}}$ , мм
	$b_p$ , мм	$h_p$ , мм									
1	44	120	16	5702	1,842	10500	16200	2132	2700	35,10	12,35
2	44	144	16	9854	1,482	14600	24450	2778	3396	44,15	17,79
3	44	168	16	15650	1,236	19340	34990	3499	4165	54,15	24,22
4	44	172	16	16790	1,206	20250	37040	3631	4307	55,99	25,38
5	44	120	13	5702	1,440	8211	13910	1905	2318	30,14	12,35
6	44	144	13	9854	1,152	11480	21330	2509	2963	38,51	17,79
7	44	168	13	15650	0,972	15210	30860	3181	3674	47,76	24,22
8	44	172	13	16790	0,948	15920	32710	3304	3803	49,45	25,38
9	44	120	10	5702	1,062	6057	11760	1680	1960	25,48	12,35
10	44	144	10	9854	0,864	8514	18370	2240	2551	33,17	17,79
11	44	168	10	15650	0,726	11360	27010	2873	3215	41,80	24,22
12	44	172	10	16790	0,708	11890	28680	2988	3335	43,35	25,38

Таблица 4.4

Геометрические характеристики и предельные изгибающие моменты с различными ребрами при  $E_{\text{об}}/E_p = 0,4$ 

№ П/П	Сечение ребра		$\delta$ , мм	$J_p$ , см <sup>4</sup>	$k$	$J_{\text{об}}$ , см <sup>4</sup>	$J_{\text{пр}}$ , см <sup>4</sup>	$W_{\text{пр}}^{\text{об}}$ , см <sup>3</sup>	$W_{\text{пр}}^p$ , см <sup>3</sup>	$M_{\text{пр}}$ , кН·м	$M_p^{\text{пр}}$ , $b_p$ , мм
	$b_p$ , мм	$h_p$ , мм									
1	44	120	16	5702	2,456	14000	19702	2592	3283	42,68	12,35
2	44	144	16	9854	1,976	19470	29324	3332	4072	52,94	17,79
3	44	168	16	15650	1,648	25780	41430	4143	4932	64,12	24,22
4	44	172	16	16790	1,608	27000	43790	4293	5092	66,19	25,38
5	44	120	13	5702	1,920	10950	16652	2281	2775	36,08	12,35
6	44	144	13	9854	1,552	15300	25154	2959	3493	45,41	17,79
7	44	168	13	15650	1,296	20280	35930	3704	4277	35,61	24,22
8	44	172	13	16790	1,254	21220	38010	3839	4420	57,46	25,38
9	44	120	10	5702	1,416	8074	13780	1969	2297	29,86	12,35
10	44	144	10	9854	1,152	11350	21204	2585	2944	38,28	17,79
11	44	168	10	15650	0,968	15150	30800	3277	3667	47,67	24,22
12	44	172	10	16790	0,944	15850	32640	3400	3795	49,34	25,38

Таблица 4.5

Геометрические характеристики и предельные изгибающие моменты с ребрами из древесно-стружечной плиты

№ П/П	Сечение ребра		$\delta$ , мм	$J_p$ , см <sup>4</sup>	$k$	$J_{об}$ , см <sup>4</sup>	$J_{пр}$ , см <sup>4</sup>	$W_{пр}^{об}$ , см <sup>3</sup>	$W_{пр}^p$ , см <sup>3</sup>	$M_{пр}$ , кН·м	$M_p^{пр}$ , $b_p$ , мм
	$b_p$ , мм	$h_p$ , мм									
1	16	198	16	9315	9,386	87430	96750	8414	9774	19,55	3,76
2	32	198	16	18630	4,693	87430	106060	9223	10710	21,43	7,52
3	13	198	13	7568	9,142	69190	76760	6854	7754	15,51	3,06
4	26	198	13	15140	4,571	69190	84330	7529	8518	17,04	6,12
5	39	198	13	22705	3,047	69190	91900	8205	9283	18,57	9,17
6	10	198	10	5822	8,897	51800	57620	5286	5820	11,64	2,35
7	20	198	10	11640	4,449	51800	63440	5820	6408	12,82	4,70
8	30	198	10	17470	2,966	51800	69270	6355	6997	13,99	7,06
9	16	198	13	9315	7,428	69190	78510	7010	7930	15,86	3,76
10	16	198	10	9315	5,561	51800	61120	5607	6174	12,35	3,76
11	32	198	13	16630	3,714	69190	87820	7841	8871	17,74	7,52
12	32	198	10	18630	2,780	51800	70430	6461	7114	14,23	7,52

Таблица 4.6

Геометрические характеристики и предельные изгибающие моменты для разного количества ребер при  $E_{об}/E_p = 0,1$ 

№ п/п	Сечение ребра		$\delta$ , мм	$n$ , шт.	$J_p$ , см <sup>4</sup>	$k$ ,	$J_{об}$ , см <sup>4</sup>	$J_{пр}$ , см <sup>4</sup>	$W_{пр}^{об}$ , см <sup>3</sup>	$W_{пр}^p$ , см <sup>3</sup>	$M_{пр}$ , кН·м	$M^p_{пр}$ , кН·м
	$b_p$ , мм	$h_p$ , мм										
1	44	120	16	8	5068	0,691	3501	8569	1128	1428	18,57	10,98
2	44	144	16	8	8759	0,556	4868	13630	1549	1893	24,61	15,81
3	44	168	16	8	13910	0,464	6445	20360	2036	2423	31,51	21,53
4	44	172	16	8	14920	0,452	6750	21670	2125	2520	32,73	22,56
5	44	120	16	7	4435	0,789	3501	7936	1044	1323	17,19	9,61
6	44	144	16	7	7664	0,635	4868	12530	1424	1740	22,62	13,84
7	44	168	16	7	12170	0,530	6445	18620	1862	2217	28,82	19,14
8	44	172	16	7	13060	0,517	6750	19810	1942	2303	29,95	19,14
9	44	120	16	6	3801	0,921	3501	7302	961	1217	15,82	8,23
10	44	144	16	6	6569	0,741	4868	11440	1300	1589	20,65	11,86
11	44	168	16	6	10430	0,618	6445	16880	1688	2010	26,12	16,16
12	44	172	16	6	11190	0,603	6750	17940	1759	2086	27,12	16,92
13	44	120	16	5	3168	1,105	3501	6659	878	1111	14,44	6,86
14	44	144	16	5	5474	0,889	4868	10340	1175	1436	18,67	9,88
15	44	168	16	5	8694	0,742	6445	15140	1514	1802	23,43	13,46
16	44	172	16	5	9328	0,742	6750	16080	1476	1870	24,31	14,10

Таблица 4.7

Геометрические характеристики и предельные изгибающие моменты для разного количества ребер при  $E_{об}/E_p = 0,2$ 

№ П/П	Сечение ребра		$\delta$ , мм	$n$ , шт.	$J_p$ , см <sup>4</sup>	$k$ ,	$J_{об}$ , см <sup>4</sup>	$J_{пр}$ , см <sup>4</sup>	$W_{пр}^{об}$ , см <sup>3</sup>	$W_{пр}^p$ , см <sup>3</sup>	$M_{пр}$ , кН·м	$M_{пр}^p$ , мм
	$b_p$ , мм	$h_p$ , мм										
1	44	120	16	8	5068	1,132	7002	12070	1588	2012	26,15	10,98
2	44	144	16	8	8759	1,112	9736	18500	2102	2569	33,40	15,81
3	44	168	16	8	13910	0,928	12890	26800	2680	3190	41,48	21,53
4	44	172	16	8	14920	0,904	13500	28420	2786	3305	42,96	22,56
5	44	120	16	7	4435	1,578	7002	11440	1505	1906	24,79	9,61
6	44	144	16	7	7664	1,270	9736	17400	1977	2417	31,42	13,84
7	44	168	16	7	12170	1,060	12890	25060	2506	2983	38,78	18,83
8	44	172	16	7	13060	1,034	13500	26560	2604	3088	40,15	19,74
9	44	120	16	6	3801	1,842	7002	10800	1421	1800	23,40	8,23
10	44	144	16	6	6569	1,482	9736	16310	1853	2265	29,45	11,86
11	44	168	16	6	10430	1,236	12890	23320	2332	2776	36,09	16,14
12	44	172	16	6	11190	1,206	13500	24690	2421	2871	37,32	16,91
13	44	120	16	5	3168	2,210	7002	10110	1338	1695	22,04	6,86
14	44	144	16	5	5474	1,778	9736	15210	1728	2113	27,46	9,88
15	44	168	16	5	8694	1,484	12890	21580	2158	2569	33,40	13,45
16	44	172	16	5	9328	1,448	13500	22830	2238	2655	34,51	14,10

Формулой (4.5) можно пользоваться и для клеёных панелей, и для не клеёных, у которых работают только несущие ребра, приняв в формуле (4.5)  $k = 0$ . Зная величины предельных изгибающих моментов и величины изгибающих моментов, возникающих в панелях в процессе эксплуатации, можно либо подобрать размеры сечения панели при заданных прочностных свойствах материалов обшивок и ребер и известных способах их соединения между собой, либо решать задачу прогнозирования механических свойств материалов панели для обеспечения ее надежности.

#### 4.2.5. Конструкции несущих ребер панелей

В условиях относительно небольших габаритных размеров несущих ребер панелей и ограниченности используемых материалов для их изготовления рассмотрены и были рекомендованы 6 типов, отличающихся в конструктивном отношении. При разработке рациональной конструкции ребер учитывались такие факторы, как надежность (прочность, жесткость и долговечность), технологичность (возможность поточного изготовления ребер и самой панели), дефицитность материалов (способная снизить производительность комбината). Критерием оптимальности служило снижение материалоемкости и стоимости конструкций при обеспечении требований надежности.

В качестве основного варианта в настоящих исследованиях принята клеёная панель, в которой обшивки и ребра работают совместно вплоть до самого разрушения.

Были разработаны и исследованы следующие конструктивные варианты ребер (см. рис. 4.4):

- 1 – клеенное из двух слоев древесно-стружечных плит;
- 2 – выполненное из одной доски согласно сортаменту пиломатериалов высотой такой же, как и в варианте 1;
- 3 – выполненное из одной доски согласно сортамента, но высотой меньшей, чем в варианте 2;
- 4 – клеенное из двух досок с суммарной высотой, как и ребро по варианту 3;
- 5 – взятое из клеёной заготовки, клеенной из тонких досок древесины пониженного сорта;
- 6 – комбинированное ребро коробчатого сечения, клеенное из древесины и древесно-стружечной плиты.

Все указанные ребра хорошо вписываются в непрерывную поточную технологию изготовления клеёных панелей, не требуют какой-либо специальной технологической линии и достаточно хорошо вписываются в существующую технологию комбината.

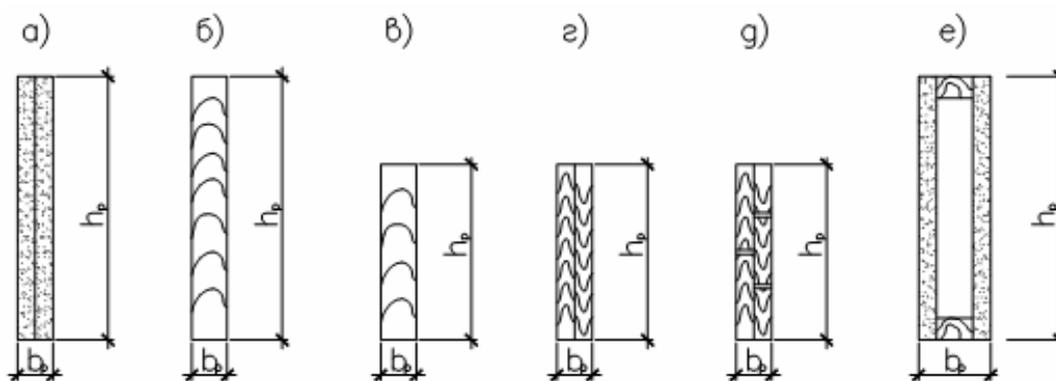


Рис. 4.4. Поперечные сечения несущих ребер:  
а – склеенные из 2-х слоев древесно-стружечной плиты; б, в – из цельной доски;  
г – склеенное из двух слоев тонких досок; д – склеенное из низкосортных досок;  
е – коробчатое, склеенное из брусков и древесно-стружечной плиты

Безопасные размеры сечений ребер для панелей перекрытий полно-сборного деревянного дома серии 101-1-3Д были определены соответствующими конструктивными расчетами и подтверждены натурными испытаниями панелей. Конструктивные размеры несущих ребер, принятые для панелей указанной серии дома приведены в табл. 4.8.

Т а б л и ц а 4.8

Геометрические параметры ребер и панелей

Серия панелей	Тип поперечного сечения ребер по рис 5.1	Размеры ребер		Размеры панелей		Толщина обшивки в панелях $\delta$ , мм
		$b_p$ , мм	$h_p$ , мм	ширина $b_n$ , мм	высота $h_n$ , мм	
1	2	3	4	5	6	7
№1	а	2×16	198	2400	230	16
№2	б	44	198	2400	230	16
№3	в	44	144	2400	176	16
№4	г	2×22	144	2400	176	16
№5	д	2×22	144	1200	176	16
№6	е	54	198	2400	230	16

Результаты испытаний панелей с предложенными конструкциями несущих ребер приведены в работе [4] и табл. 4.9.

На основе приведенных результатов следует, что предлагаемые конструкции несущих ребер отвечают (за исключением варианта № 1) всем основным требованиям (прочность, жесткость, технологичность и т.п.). Сравнение их работы, выраженное в виде графиков нарастания прогибов под нагрузкой, представлены на рис. 4.5.

В целях сокращения расхода пиломатериалов предлагается комбинированная конструкция ребра коробчатого сечения, в котором пояса выполнены из деревянных брусков, а стенки – из древесно-стружечных плит. Такая конструкция может быть запроектирована под любой класс нагрузок. Коробчатое сечение хорошо вписывается в технологию изготовления клеёных ребристых панелей на существующих поточных линиях комбинатов по производству полносборных домов. В основу получения коробчатых ребер положено предварительное изготовление клеёной заготовки (по аналогии с изготовлением ребристой панели) с последующей распиловкой ее на отдельные элементы в соответствии с размерами коробчатых ребер. Применение ребер двутаврового сечения с одиночной стенкой дает некоторую экономию в расходе древесностружечной плиты, но менее технологично в изготовлении, что снижает эффективность их использования.

Т а б л и ц а 4.9

Результаты натурных испытаний панелей

Серия панелей	Максимальный изгибающий расчетный момент, кН·м	Максимальный изгибающий момент при действии разрушающей нагрузки, кН·м	Максимальный прогиб при нормативной нагрузке, мм	Коэффициент надежности $k$	Отношение $f/l$
1	2	3	4	5	6
№ 1	25,04	16,33	7,81	0,65	1/630
№ 2	25,04	97,86	4,05	3,91	1/1210
№ 3	25,04	51,63	5,57	2,06	1/880
№ 4	25,04	64,12	7,80	2,50	1/630
№ 5	12,52	35,76	6,45	2,86	1/760
№ 6	25,04	96,62	4,20	3,86	1/1170

Для экспериментальной проверки работы ребер предложенной конструкции были изготовлены панели (серия № 6), в которых ребра были коробчатыми. Испытания проводились по аналогии с предыдущими. Результаты испытаний приведены в табл. 4.9 и на рис. 4.5 (в табл. 4.9 и на рис. 4.5 даны осредненные данные по всей серии из трех панелей). Как видно из табл. 4.9 и рис. 4.5, панели с комбинированными ребрами коробчатого сечения обладают достаточным запасом прочности и жесткости, позволяющими безопасно их эксплуатировать в системе полносборных деревянных домов.

Все вышерассмотренные типы панелей (кроме серии №1), как показали экспериментально-теоретические исследования, отвечают требованиям прочности, жесткости, достаточно технологичны в условиях существующих комбинатов по изготовлению клеёных панелей полносборных домов, обладают достаточной долговечностью, ремонтоспособностью на случай отслоения обшивок или их повреждения. Поэтому вопрос о применении того или иного типа панелей должен решаться экономически с учетом наличия (или отсутствия) на комбинатах исходных материалов.

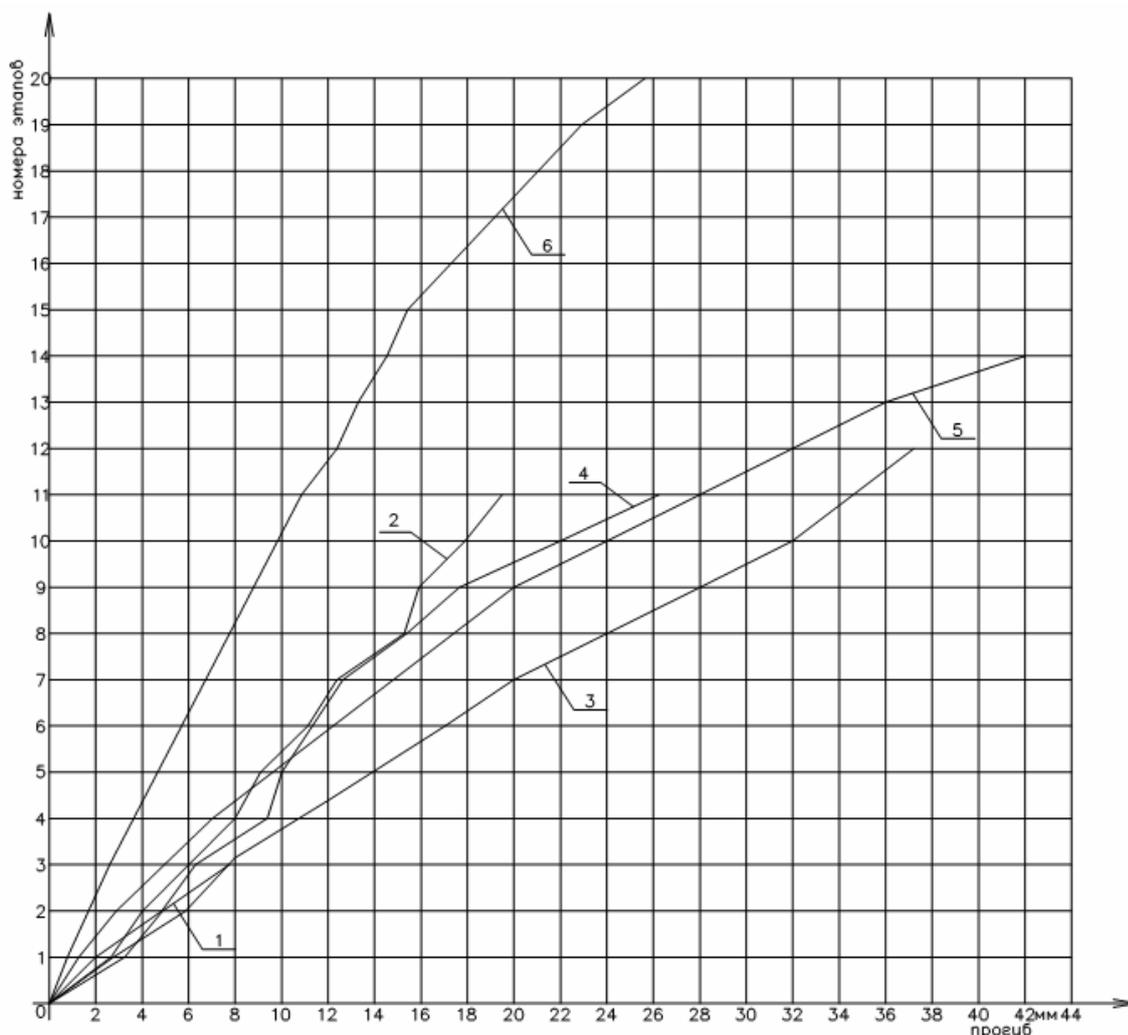


Рис. 4.5. Осредненные графики нарастания прогибов в панелях серий 1 – 6:  
 1 – для панелей серии № 1; 2 – для панелей серии № 2;  
 3 – для панелей серии № 3; 4 – для панелей серии № 4;  
 5 – для панелей серии № 5; 6 – для панелей серии № 6

При проведении указанных исследований исходили из того, что в панели меняются только ребра, а обшивки остаются неизменными, выполненными из древесно-стружечной плиты толщиной 16 мм. Ниже проведены исследования по оценке прочностных требований к плите при неизменных сечениях несущих ребер панели и различных толщинах обшивок.

#### 4.2.6. Прочностные требования к материалу обшивок

Обшивки ребристых панелей, как правило, выполняются с применением древесно-плитных материалов, таких, как древесно-стружечная плита, фанера, OSB, древесно-волокнистая плита и др. Все эти материалы обладают (за исключением фанеры) существенно меньшими механическими характеристиками (прочностью, модулем упругости), чем материал несущих ребер (чаще всего древесина) особенно при длительном действии нагрузки. В связи с этим, казалось бы, нет определенного смысла включать

обшивки в общую работу панелей. Однако, как показано выше (см. графики рис. 4.2, 4.3), доля участия обшивок в общей работе панели может составлять, в зависимости от отношения модулей упругости материалов обшивок и ребер и соотношения их площадей, – 40–80 % и более. Поэтому естественно стремление проектировщиков и изготовителей панелей как можно в большем объеме использовать совместную работу обшивок и ребер. Решая такую задачу, неизбежно встает вопрос о том, какими же механическими характеристиками должен обладать материал обшивок, чтобы максимально использовать эти свойства в совместной работе с ребрами. Иначе, необходимо решить вопрос обоснования требуемых механических свойств материала обшивок в системе комбинированной ребристой конструкции панели.

Для панелей перекрытия, состоящих из деревянных ребер и обшивок, выполненных из древесно-стружечных плит, такая задача решена авторами и представлена в работе [4].

Главным критерием, накладывающем условие на требуемую прочность древесно-стружечной плиты, является условие одновременного достижения предельного состояния и в ребрах, и в обшивках, т.е. одновременного достижения нормальными напряжениями в ребрах (древесине) и в обшивках (древесно-стружечных плитах) величин расчетных сопротивлений материалов, а именно

$$\sigma_p = R_{и}^{др}; \quad \sigma_{об} = R_p^{ДСП} \left( R_c^{ДСП} \right),$$

где  $\sigma_p$  – максимальные напряжения изгиба в ребре;

$\sigma_{об}$  – максимальные напряжения растяжения или сжатия в обшивках.

При таком условии максимально используются несущие свойства ребер и обшивок панелей, т.е. имеет место случай оптимального проектирования комбинированной ребристой конструкции. В работе [4] эта операция проделана для случая, когда панель выполнена с деревянными несущими ребрами и с обшивками из древесно-стружечных плит, хотя подобные математические операции могли бы быть распространены и на сочетания из других материалов.

Раскрывая критерии оптимальности посредством известных расчетных формул, а именно

$$\sigma_p = \frac{M \cdot h_p}{2J_{пр}} \leq R_{и}^{др} \quad \text{и} \quad \sigma_{об} = \frac{M \cdot h}{2J_{пр}} \frac{E_{об}}{E_{др}} \leq R_p^{об}$$

можно получить условие

$$\frac{R_{и}^{др}}{R_p^{об}} = \frac{h_p}{(h_p + 2\delta) \frac{E_{об}}{E_p}}, \quad (4.6)$$

где  $R_{и}^{др}$  и  $R_p^{об}$  – расчетные сопротивления изгибу древесины и растяжению древесно-стружечных плит;

$h_p$  – высота ребра;  
 $\delta$  – толщина обшивки;  
 $E_p$  и  $E_{об}$  – модули упругости древесины и древесно-стружечных плит.

Таким образом из условия равнопрочности элементов панели имеем формулу (4.6), из которой можно получить требование к величине расчетного сопротивления материала обшивки в виде

$$R_p^{об} = \left(1 + \frac{2\delta}{h_p}\right) \frac{E_{об}}{E_{др}} R_{и}^{др}. \quad (4.7)$$

Следует заметить, что в формуле (4.7) значения расчетных сопротивлений должны быть приняты с учетом действия на панель постоянных и временных нагрузок, т.е. с учетом длительности действия нагрузок.

Если допустить, что рост напряжений в обшивках и ребрах будет происходить по линейному закону вплоть до достижения предельного состояния в условиях кратковременного нагружения панели, то условие (4.7) можно записать как

$$\sigma_{р.кр}^{об} = \left(1 + \frac{2\delta}{h_p}\right) \frac{E_{об}^{кр}}{E_{др}^{кр}} \sigma_{и.кр}^{др}, \quad (4.8)$$

где  $E_{об}^{кр}$  и  $E_{др}^{кр}$  – кратковременные значения модулей упругости соответственно обшивок и ребер;

$\sigma_{р.кр}^{об}$  и  $\sigma_{и.кр}^{др}$  – пределы прочности обшивки и ребер при кратковременной нагрузке.

Формула (4.8) является исходной, определяющая зависимость между прочностными характеристиками материалов обшивок и ребер.

Принимая во внимание вероятностные зависимости пределов прочности и расчетных сопротивлений, а также переход их к длительным характеристикам, из условия (4.8) путем соответствующих математических операций получены (см. табл. 4.10–4.12) требуемые значения пределов прочности древесно-стружечных плит, по которым можно подсчитать величины расчетных и нормативных сопротивлений с необходимой вероятностной надежностью.

Из табл. 4.13 видно, что с уменьшением толщины обшивки требования к прочности обшивки понижаются, т.е. для тонких обшивок можно допустить меньшую величину предела прочности. Прочностные требования к плите возрастают с увеличением отношения модулей упругости материалов обшивок и ребер, поэтому с желанием повысить модуль упругости материала обшивок необходимо требовать увеличения его прочностных свойств.

Таблица 4.10

Требуемые значения пределов прочности ( $\bar{\sigma}$ ) и расчётных сопротивлений ( $R$ ) древесностружечной плиты, используемой в качестве обшивки панелей перекрытий

$\delta$ , мм	$h_p$ , мм	Несущие рёбра из древесины 2 <sup>10</sup> сорта ( $R_u = 13$ МПа)						Несущие рёбра из ДСП						
		$E_{об} = 0,1E_{др} = 10^3$ МПа			$E_{об} = 0,2E_{др} = 10^3$ МПа			растяжение			изгиб			
		растяж.	изгиб	растяж.	изгиб	растяж.	изгиб	$\bar{\sigma}_p$ , МПа	$R_p$ , МПа	$\bar{\sigma}_u$ , МПа	$R_p$ , МПа	$\bar{\sigma}_u$ , МПа	$R_u$ , МПа	
16	120	10,4	1,7	22,0	5,2/4,1	20,9	3,3	44,3	10,4/8,2	198	17,7 <sup>**</sup> ÷ 19,2	4,0	37,5 ÷ 40,7	7,8 ÷ 9,3
	144	10,1	1,6	21,4	5,0/3,9	20,2	3,2	42,8	10,0/7,9					
	168	9,8	1,6	20,8	4,9/3,8	19,6	3,1	41,6	9,7/7,6		22,5 <sup>***</sup> ÷ 24,5	4,2	42,8 ÷ 54,5	7,8 ÷ 9,3
	172	9,8	1,5	20,8	4,9/3,8	19,6	3,1	41,6	9,7/7,6					
13	120	10,0	1,5	21,2	5,0/3,9	20,0	3,2	42,4	9,9/7,8	198	18,5 ÷ 23,5	4,2	39,2 ÷ 49,8	8,2 ÷ 11,4
	144	9,7	1,5	20,6	4,8/3,9	19,5	3,1	41,3	9,7/7,6					
	168	9,5	1,5	20,1	4,7/3,7	19,0	3,0	40,9	9,4/7,4		20,2 ÷ 25,7	5,2	48,5 ÷ 61,7	10,1 ÷ 14,1
	172	9,5	1,5	20,1	4,7/3,7	19,0	3,0	40,3	9,4/7,4					
10	120	9,6	1,5	20,4	4,8/3,7	19,2	3,0	40,7	9,5/7,5	198	22,9 ÷ 29,1	5,2	53,0 ÷ 67,4	8,6 ÷ 12,1
	144	9,4	1,5	20,0	4,7/3,7	18,8	3,0	39,9	9,3/7,3					
	168	9,2	1,5	19,5	4,6/3,6	18,5	2,9	39,2	9,2/7,2		25,0 ÷ 31,8	5,2	53,0 ÷ 67,4	8,6 ÷ 12,1
	172	9,2	1,5	19,5	4,6/3,6	18,4	2,9	39,0	9,1/7,2					

\* - принята из постоянной (максимальной) высоты панели  $h = 230$  мм;\*\* - при  $C_v = 0,15$ ;\*\*\* - при  $C_v = 0,21$

Таблица 4.11

Требуемые значения пределов прочности ( $\bar{\sigma}$ ) и расчетных сопротивлений ( $R$ ) древесностружечной плиты, используемой в качестве обшивок панелей наружных стен, МПа

Толщина обшивок ( $\delta$ ), мм	Несущие ребра из древесины 2 <sup>го</sup> сорта						Несущие ребра из ДСП							
	$C_v$	растяжение		сжатие		изгиб	сечение ребра, мм	$C_v$	$\bar{\sigma}_p$	$R_p$	$\bar{\sigma}_c$	$R_c$	$\bar{\sigma}_и$	$R_{и}$
		$\bar{\sigma}_p$	$R_p$	$\bar{\sigma}_c$	$R_c$									
10	0,15	0,98	0,22	1,32	0,30	0,47	120x20	0,15	4,56	1,04	6,15	1,4	9,66	2,20
	0,21	1,25	0,22	1,68	0,30	0,47	150x20	0,21	5,80	1,04	7,83	1,4	12,29	2,20
13	0,15	0,98	0,22	1,32	0,30	0,47	120x26	0,15	3,90	0,89	5,27	1,2	8,27	1,88
	0,21	1,25	0,22	1,68	0,30	0,47	150x26	0,21	4,97	0,89	6,17	1,2	10,54	1,88
16	0,15	0,65	0,15	0,88	0,20	0,32	132x32	0,15	3,25	0,74	4,39	1,0	6,89	1,57
	0,21	0,83	0,15	1,12	0,20	0,32	150x32	0,21	4,14	0,74	5,59	1,0	8,78	1,57

Таблица 4.12

Требуемые значения пределов прочности ( $\sigma$ ) и расчетных сопротивлений ( $R$ ) древесно-стружечных плит, используемых в качестве обшивок кровельных щитов

Толщина обшивки $\delta$ , мм	Несущие ребра из доски на ребро (древесина 2 <sup>го</sup> сорта)						Ребра таврового сечения							
	Высота ребра $h_p$ , мм			$E_{об} = 0,1 \cdot E_{др} = 10^3$ МПа			$E_{об} = 0,2 \cdot E_{др} = 10^3$ МПа			$E_{об} = 0,1 \cdot E_{др} = 10^3$ МПа				
	Растяжение $\sigma_p$	$R_p$	Изгиб $R_{и}$	Растяжение $\sigma_p$	$R_p$	Изгиб $R_{и}$	Растяжение $\sigma_p$	$R_p$	Изгиб $R_{и}$	Растяжение $\sigma_p$	$R_p$	Изгиб $R_{и}$		
1	3	4	5	7	8	9	7	8	9	10	11	12	13	14
16	5,6	1,21	1,18	2,8*/2,2**	1,93	1,65	7,8	1,93	1,76	3,9*/3,0**	8,6	1,7	1,82	4,3*/3,3**
	5,5	1,22	1,23	2,9*/2,3**	1,99	1,76	8,3	1,99	1,86	4,1*/3,2**	8,6	1,7	1,83	4,3*/3,4**
	6,0	1,23	1,27	3,0*/2,3**	2,05	1,86	8,8	2,05	1,78	4,4*/3,4**	8,6	1,7	1,83	4,3*/3,4**
13	5,8	1,22	1,24	2,9*/2,3**	2,00	1,78	8,4	2,00	1,90	4,2*/3,3**	9,0	1,8	1,90	4,4*/3,5**
	6,1	1,23	1,29	3,0*/2,4**	2,07	1,90	8,9	2,07	1,91	4,4*/3,5**	9,0	1,7	1,91	4,5*/3,5**
	6,3	1,24	1,33	3,1*/2,4**	2,12	2,00	9,4	2,12	2,00	4,7*/3,7**	9,0	1,7	1,91	4,5*/3,5**
10	6,2	1,24	1,31	3,1*/2,4**	2,09	1,95	9,2	2,09	1,95	4,6*/3,6**	9,5	1,8	2,00	4,7*/3,7**
	6,4	1,25	1,36	3,2*/2,5**	2,12	2,07	9,8	2,12	2,07	4,8*/3,8**	9,5	1,8	2,00	4,7*/3,7**
	6,6	1,25	1,40	3,3*/2,6**	2,20	2,18	10,3	2,20	2,18	5,1*/4,0**	9,5	1,7	2,00	4,7*/3,7**

\* – значения  $R$  при  $C_V = 0,15$ ;\*\* – значения  $R$  при  $C_V = 0,21$ ;  $b_p = 44$  мм

Т а б л и ц а 4.13

Изменение предела прочности древесно-стружечных плит  
в зависимости от толщины обшивки, высоты ребра и отношения  $E_{дсп}^{кр} / E_{др}^{кр}$

Высота ребра $h_p$ , мм	Толщина обшивки $\delta$ , мм	Величина предела прочности при $E_{дсп}^{кр} / E_{др}^{кр}$ равна, МПа		
		0,25/0,1 <sup>x</sup>	0,50/0,2 <sup>x</sup>	0,75/0,3 <sup>x</sup>
1	2	3	4	5
120	16	10,45	20,90	31,35
144		10,08	20,16	30,24
160		9,82	19,64	29,46
172		9,78	19,56	29,34
120	13	10,04	20,08	30,12
144		9,74	19,46	29,22
168		9,52	19,04	28,56
172		9,50	19,00	28,50
120	10	9,62	19,24	28,86
144		9,40	18,80	28,20
168		9,23	18,46	27,69
172		9,20	18,40	27,60

x – отношения длительных модулей упругости

#### 4.2.7. Требования к упругим свойствам материала обшивок

Как видно из приводимых выше расчетов, модуль упругости материала обшивок (в частности древесно-стружечных плит) оказывает существенное влияние как на величины приведенных геометрических характеристик, а следовательно, и на величину предельного изгибающего момента, воспринимаемого панелью, так и на прогнозируемую величину предела прочности, нормативное и расчетное сопротивление материалов обшивки. С увеличением модуля упругости материала обшивок увеличиваются приведенные геометрические характеристики поперечного сечения и доля участия работы обшивок в панели.

На рис. 4.6 и 4.7 показано, как изменяются предельные изгибающие моменты, которые может воспринять ребристая панель перекрытия, в зависимости от соотношения модулей упругости материала обшивки и древесины (ребер). Отношение  $E_{об}/E_{др}$  принято условное и не относится к конкретному плитному материалу, а размеры  $\delta$  и  $h_p$  приняты применительно к выпускаемым плитам перекрытий. Предельный изгибающий момент подсчитан из условия достижения максимальными напряжениями в ребрах, выполненных из древесины, величин расчетных сопротивлений.

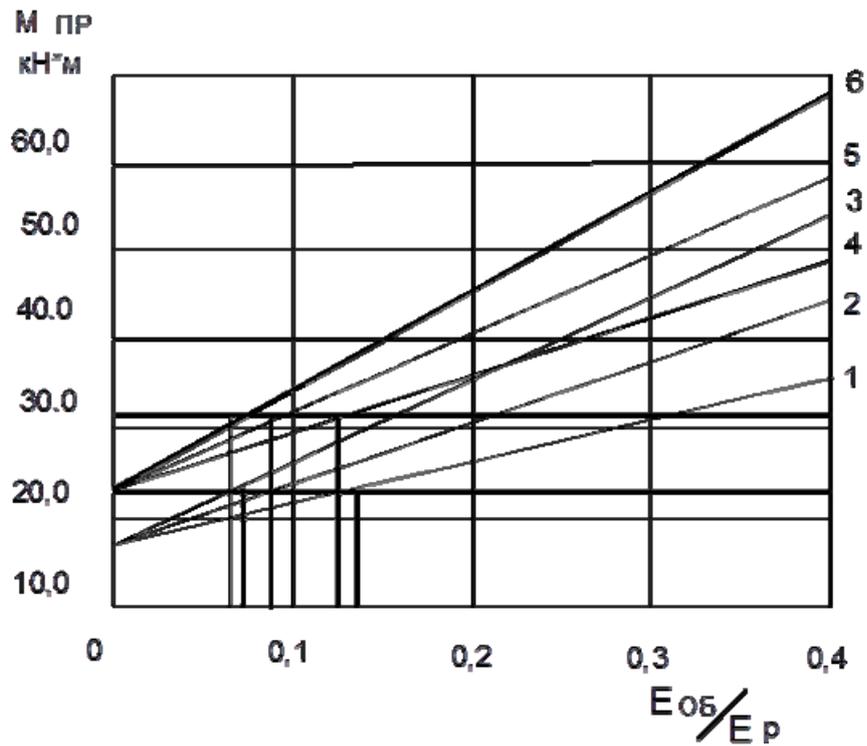


Рис. 4.6. Графики зависимостей  $M_{пр}$  от  $E_{об}/E_p$  при различных  $\delta$  и  $h_p$ :  
 1 –  $h_p = 120$ ,  $\delta = 10$ ; 2 –  $h_p = 120$ ,  $\delta = 13$ ; 3 –  $h_p = 120$ ,  $\delta = 16$ ;  
 4 –  $h_p = 168$ ,  $\delta = 10$ ; 5 –  $h_p = 168$ ,  $\delta = 13$ ; 6 –  $h_p = 168$ ,  $\delta = 16$

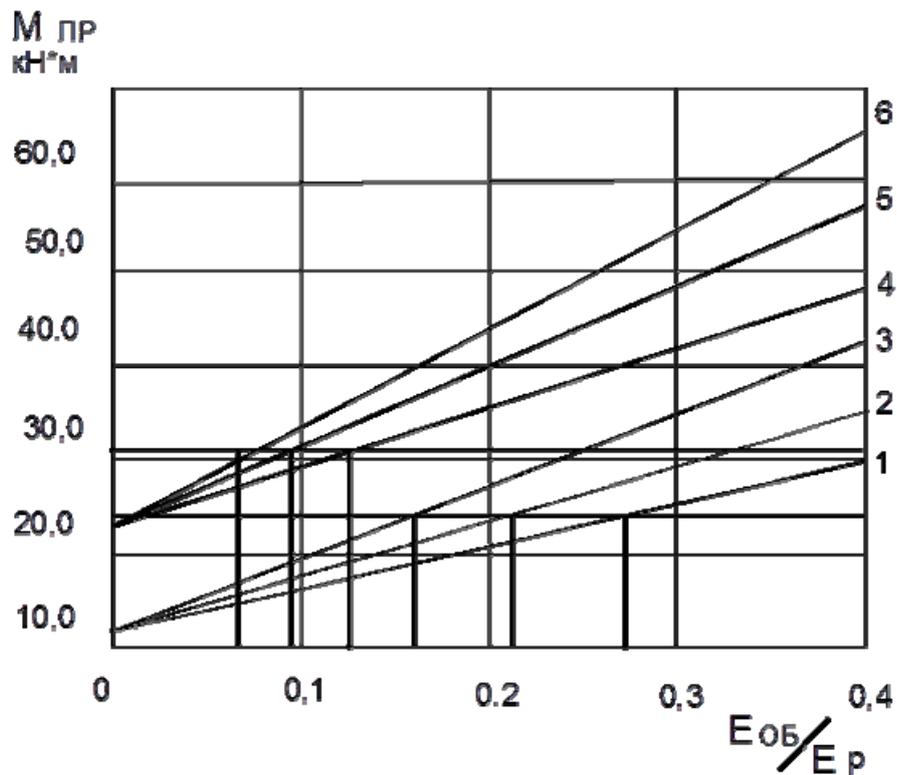


Рис. 4.7. Графики зависимостей  $M_{пр}$  от  $E_{об}/E_p$  при различных  $\delta$  и  $h_p$ :  
 1 –  $h_p = 144$ ,  $\delta = 10$ ; 2 –  $h_p = 144$ ,  $\delta = 13$ ; 3 –  $h_p = 144$ ,  $\delta = 16$ ;  
 4 –  $h_p = 172$ ,  $\delta = 10$ ; 5 –  $h_p = 172$ ,  $\delta = 13$ ; 6 –  $h_p = 172$ ,  $\delta = 16$

Представленными на рис. 4.6 и 4.7 графиками можно воспользоваться для назначения оптимальных упругих свойств материала обшивок. С этой целью необходимо на графиках провести линии, параллельные оси абсцисс, которые отстоят от начала координат на величину, равную расчетному изгибающему моменту, действующему в панели. Эта линия в местах пересечения с линиями графика укажет величину нужного отношения  $E_{об}/E_{др}$ . Для примера на рис. 4.6 и 4.7 проведены линии с  $M_{расч}$ , действующими в системе дома серии 101-1-3Д (с мансардой) для третьего и пятого снеговых районов. Точки пересечения этих линий с графиками показывают требуемые отношения  $E_{об}/E_{др}$ .

Графики рис. 4.6 и 4.7 дают нам величины отношений  $E_{об}/E_{др}$  при длительном действии нагрузок, т.е. длительно действующие расчетные значения. При необходимости, используя известные зависимости, эти значения можно перевести в значения при кратковременном действии нагрузок.

Практический интерес при проектировании клеёных ребристых панелей представляет отношение  $E_{об}/E_{др}$  изменяющийся в пределах 0,1–0,2, причем большая величина, желаемая для тонких плит, а меньшая – для утолщенных плит.

Это наглядно видно из графиков рис. 4.8, где показано изменение предлагаемого изгибающего момента в зависимости от толщины обшивок. Для соотношения  $E_{об}/E_{др}$  в пределах 0,1–0,4. Нанося горизонтальные линии, определяющие собой величины расчетных изгибающих моментов в панели, нетрудно заметить, что повышенный модуль упругости материала обшивок следует иметь для тонких плит, т.е. для плит толщиной меньше 16 мм. Линии, выражающие собой величину  $M_{расч}$ , пересекаются в основном с теми линиями графика, которые построены по отношениям  $E_{об}/E_{др}$ , равным 0,1 или 0,2.

Полученные вычисления и представленные здесь графики зависимости предельных изгибающих моментов, которые могут воспринять панели с разными параметрами  $h_p$ ,  $\delta$ ,  $E_{об}$ ,  $E_{др}$  и др., позволяют сделать подбор оптимальных конструкций ребристых панелей. С этой целью представлен график (рис. 4.9), на котором отражено изменение максимальных расчетных изгибающих моментов в панели от действия расчетных нагрузок (кривые линии на рис. 4.9) и величины предельных изгибающих моментов, которые может выдержать панель, не разрушаясь при определенных параметрах панели (горизонтальные линии на рис. 4.9). Пересечение этих линий дает безопасный вариант конструкции панели.

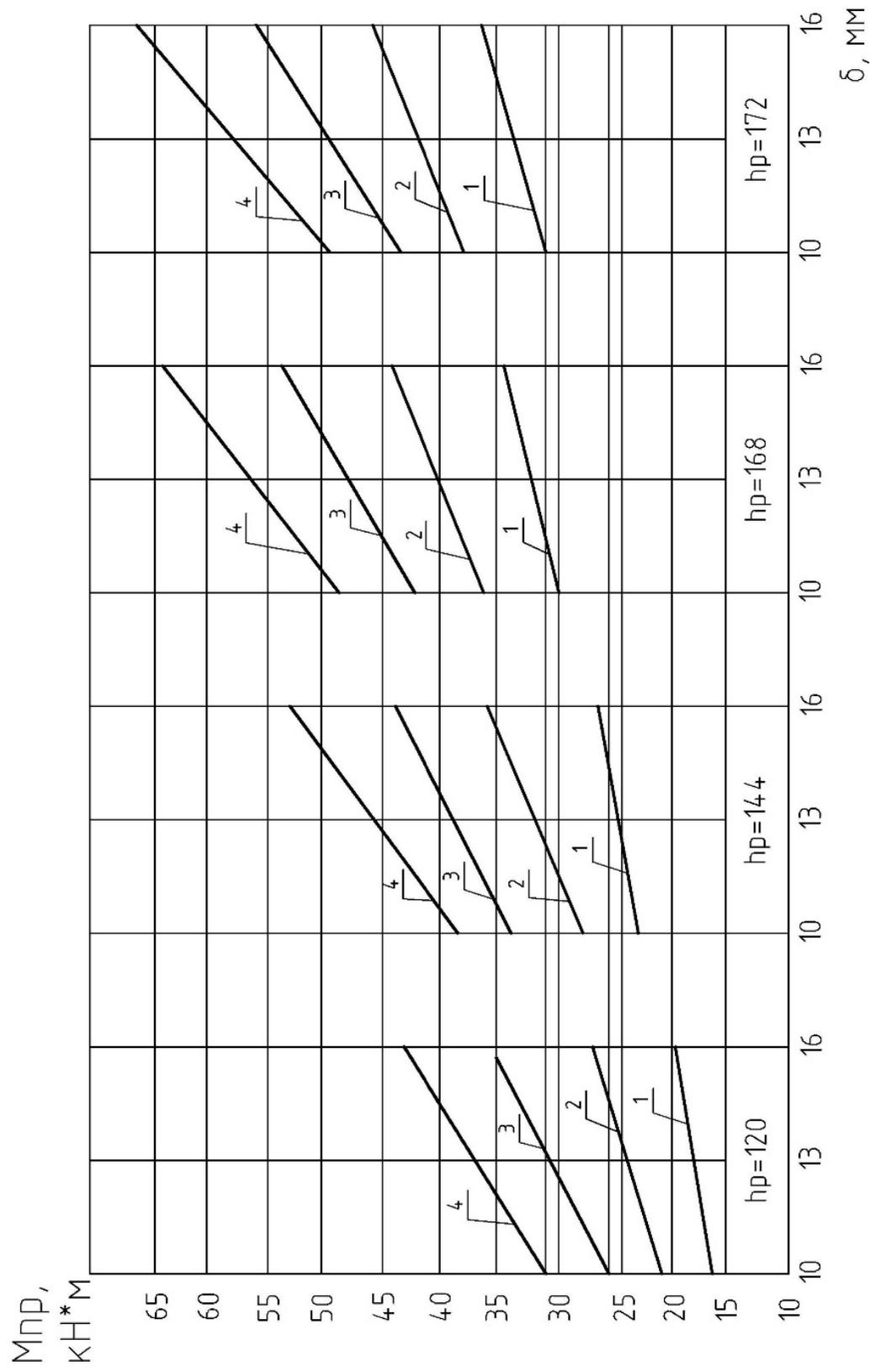


Рис. 4.8. Графики зависимостей  $M_{пр}$  от  $\delta$  при различных значениях  $E_{оф}/E_p$ :  
 1 –  $E_{оф}/E_p = 0,1$ ; 2 –  $E_{оф}/E_p = 0,2$ ; 3 –  $E_{оф}/E_p = 0,3$ ; 4 –  $E_{оф}/E_p = 0,4$

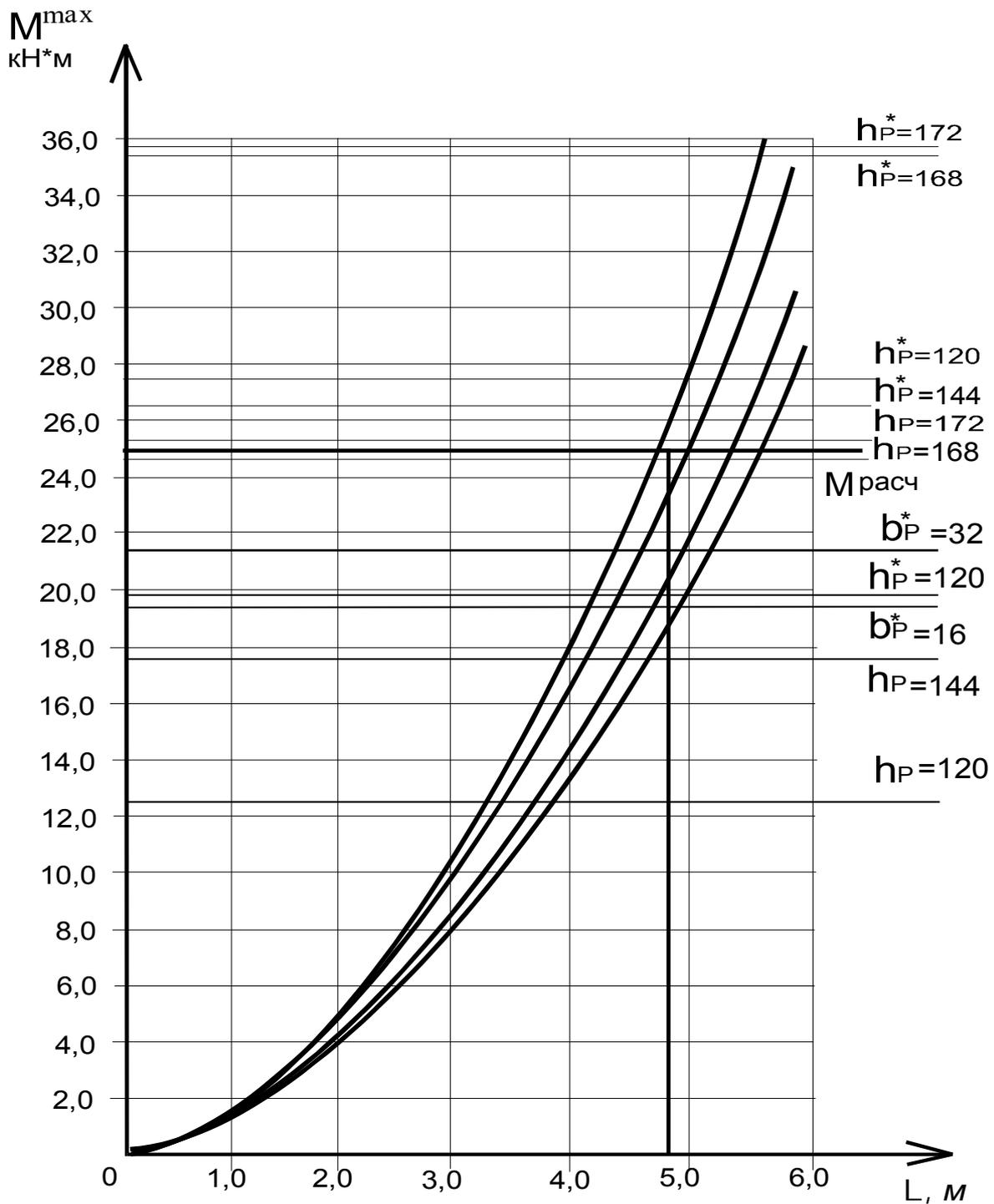


Рис. 4.9. Графики подбора оптимальных размеров панели перекрытия дома с мансардой (III снеговой район):

$h_p^*$  – с учетом работы обшивок (при  $E_{об}/E_{др} = 0,1$ );  $h_p$  – без учета работы обшивок (при  $E_{об}/E_{др} = 0,1$ );  $h_p^{**}$  – с учетом работы обшивок (при  $E_{об}/E_{др} = 0,2$ );  $b_p^*$  – с ребрами из древесно-стружечных плит ( $h_p = 198$  мм)

### 4.3. Конструктивные совершенства панелей

Выше отмечены факторы, существенно влияющие на конструкции панелей, исходя из основных требований к ним по эксплуатационной надежности, долговечности и экономической целесообразности. Естественно, что нельзя не учитывать эти факторы, если несущая способность жесткость и надежность панелей находятся в прямой зависимости от их влияния. Неучет каких-то из них приводит к тому, что панели либо не отвечают эксплуатационной надежности, либо очень неэкономичны. Так, панели, выполненные по абсолютной импортной технологии и конструктивным решениям Шведской фирмы «Черс» на вновь построенном комбинате (Пензенский ЭКПД), в свое время разрушались после непродолжительной эксплуатации дома. Естественно, такие панели требовали конструктивного изменения с целью повышения несущей способности и надежности в работе.

С этой целью была проведена замена несущих ребер клеёных панелей, выполняемых из древесно-стружечных плит, ребрами из цельных досок согласно сортаменту. При этом общая высота панелей осталась прежней. Результаты натурных испытаний такого типа панелей показали (см. табл. 4.9), что панели перекрытий с ребрами из древесно-стружечных плит обладают крайне недостаточной несущей способностью, а панели с ребрами из цельной доски такой же высоты сечения, наоборот, имеют излишний запас по прочности и жесткости, но требуют значительного расхода дефицитного материала относительно большой стоимости. На основе результатов натурных испытаний этого типа панелей было решено добиваться оптимального конструктивного решения панелей с требуемой несущей способностью и жесткостью, и с оптимальным расходом материалов.

В результате такого поиска на основе результатов натурных испытаний и проведения соответствующих конструктивных расчетов, не затрагивая узловые технологические вопросы изготовления, были предложены конструкции несущих панелей перекрытий с рациональным расходом материалов и с требуемой надежностью. Конструктивные решения предлагаемых типов панелей перекрытий полносборного дома серии 101-1-3Д с указанием основных размеров, приведены в табл. 4.8, а результаты натурных испытаний их приведены в табл. 4.9.

Для обеспечения надежной работы панелей и сохранения технологии их изготовления в начале было предложено заменить ребра на деревянные из цельной доски согласно сортаменту пиломатериалов с сохранением размеров высоты сечения, принятой в Шведском варианте (см. рис. 4.4б). Была изготовлена серия № 2 из трех панелей с таким сечением несущих ребер и проведены их испытания. Испытания проводились в полной аналогии с предыдущими. Результаты испытаний приведены на рис. 4.5 и в

табл. 4.9 (в табл. 4.9 и на рис. 4.5 даны осредненные данные по серии). Панели такого типа обладали повышенным запасом прочности и жесткости (см. рис. 4.5 и табл. 4.9), однако, они имели большой расход пиломатериалов, причем дефицитного сечения (высотой более 200 мм).

В целях экономии пиломатериалов после тщательного исследования действительной работы панели было предложено уменьшить сечение ребра, приняв его размеры 44×144 мм (см. рис. 4.4в и 4.4г). Такое сечение могло быть получено из одной доски (серия № 3) размером 50×150 мм или склеено (серия №4) (при отсутствии цельных досок) из двух тонких досок сечением 25×150 мм. Испытания этих серий панелей проводились аналогично предыдущим. Результаты испытаний приведены на рис. 4.5 и в табл. 4.9 (в табл. 4.9 и на рис. 4.5 даны осредненные данные по трем панелям серии). Испытания таких панелей показали достаточную несущую способность и жесткость. Ребра из цельной доски отличаются простотой изготовления, хотя требуют устройства стыков по длине панели и выполняются, как правило, с двумя парными накладками на клею. Клеёные ребра имеют повышенные затраты на изготовление и расход клея. Однако затраты на изготовление клеёного ребра компенсируются пониженным расходом древесины ввиду отсутствия стыковых накладок в ребрах и несколько большим коэффициентом надежности, повышение которого связано с расщеплением дефектов досок как по длине, так и по сечению ребра. Последнее обстоятельство позволило перейти к ребру, показанному на рис. 4.4д. Размеры сечения ребра приняты 44×144 мм, но это ребро выполнялось из пиломатериалов пониженной сортности (3 и 4 сорт) и недефицитных сечений (толщиной не более 25 мм и шириной не более 125 мм). Предлагаемая конструкция ребра, выполненного из низкосортной древесины, хорошо вписывается в технологические линии изготовления клеёных панелей, поскольку ребра определенного сечения могут быть получены путем распиловки соответствующей заготовки, склеенной из двух слоев досок. Было сделано три панели, в которых ребра изготавливались описанным выше способом. Эти панели были объединены в серию № 5 и испытаны аналогично предыдущим. Результаты испытаний приведены в табл. 4.9 и на рис. 4.5 (в табл. 4.9 и на рис. 4.5 данные осреднены по серии). Более подробное описание вопросов применения ребер, склеенных из досок низких сортов в панелях полносборных домов и полученных при этом результатов испытаний и технико-экономических показателей, описаны в монографии [7].

Как видно из табл. 4.9 и рис. 4.5, испытания выявили достаточную прочность и жесткость панелей с такими ребрами. Несущая способность и жесткость панелей здесь достигнута за счет снижения отрицательной роли пороков древесины, лежащих в основе классификации ее по сортам и

влияющих на ее работу, путем рассредоточения пороков по длине, ширине и толщине ребра при их изготовлении.

Рассмотренные конструкции несущих ребер, за исключением серии №1, в целом, отвечая всем основным требованиям (прочности, жесткости, технологичности и т.п.) все же наделены одним недостатком – требуют повышенного расхода пиломатериалов. В целях сокращения расхода пиломатериалов была предложена комбинированная конструкция несущих ребер коробчатого сечения, в котором пояса выполнены из деревянных брусков, а стенки – из древесно-стружечной плиты (см. рис. 4.4е). Коробчатое сечение хорошо вписывается в технологию изготовления клеёных ребристых панелей на существующих поточных линиях комбинатов по производству полносборных домов. В основу получения коробчатых ребер положено предварительное изготовление клеёной заготовки (по аналогии с изготовлением ребристой панели) с последующей распиловкой ее на отдельные элементы в соответствии с размерами коробчатых ребер. Применение ребер двутаврового сечения с одиночной стенкой дает некоторую экономию в расходе древесно-стружечной плиты, но менее технологично в изготовлении, что снижает эффективность

Для экспериментальной проверки работы ребер предложенной конструкции были изготовлены панели (серия № 6), в которых ребра были коробчатыми. Испытания проводились по аналогии с предыдущими. Результаты испытаний приведены в табл. 4.9 и на рис. 4.5 (в табл. 4.9 и на рис. 4.5 даны осредненные данные по всей серии из трех панелей). Как видно из табл. 4.9 и рис. 4.5, панели с комбинированными ребрами коробчатого сечения обладают достаточным запасом прочности и жесткости, позволяющим безопасно их эксплуатировать в системе полносборных деревянных домов.

Все вышерассмотренные типы панелей (кроме серии №1), как показали экспериментально-теоретические исследования, отвечают требованиям прочности, жесткости, достаточно технологичны в условиях существующих комбинатов по изготовлению клеёных панелей полносборных домов, обладают достаточной долговечностью, ремонтоспособностью на случай отслоения обшивок или их повреждения. Поэтому вопрос о применении того или иного типа панелей должен решаться экономически с учетом наличия (или отсутствия) на комбинатах исходных материалов.

## 4.4. Концепции архитектурного многообразия полносборных деревянных домов

### 4.4.1. Современные тенденции в архитектуре панельных индивидуальных жилых домов

Решение жилищной проблемы было и остается основной задачей социально-экономической жизни нашего народа. Однако наряду с количественной стороной решаемой проблемы сегодня все более остро и остро чувствуется встает вопрос о качестве жилья: повышении внутренней комфортабельности и внешней архитектурно-эстетической выразительности, как отдельного индивидуального дома, так и всей застройки в целом.

Взятый в свое время курс на индустриализацию строительства, типизацию и унификацию домов и изделий к нему способствовал, прежде всего, поднятию количественной стороны в решении жилищной проблемы. Построенная в нашей стране сеть домостроительных комбинатов призвана была увеличить объем вводимого жилья и уменьшить спрос населения на жильё и в определенной степени ликвидировать тем самым дефицит жилой площади.

Заводы стройиндустрии ориентированы были, прежде всего, на массовый «серийный» выпуск однотипных домов. В этом, как выяснилось, есть свои «плюсы» и «минусы». Конечно, только серийное производство может сократить сроки и стоимость строительства, и в этом его большой «плюс». Однако в решении вопроса об индивидуализации жилищного проектирования оно имеет несомненное противоречие. Серийное производство домов не может рассматриваться как индивидуальное оптимальное решение со своей эстетической выразительностью, и в этом его большой «минус». Более целесообразен был бы упор на стандартизацию строительных элементов, из которых собирается дом. Комбинирование этих стандартных элементов позволит существенно разнообразить планирование объектов строительства различного назначения.

Политика массового «серийного» домостроения привела к тому, что число домов, построенных по различным архитектурным решениям за время индустриализации, не превышает десятки единиц, в то время как общее количество построенных индустриальных домов превышает сотни и сотни тысяч единиц. Домостроители экономически не заинтересованы в расширении разнообразия номенклатуры, типов жилища выпускаемых многочисленными ДСК. В итоге страна оказалась застроенной однообразными жилыми домами.

Не оказались исключением в этом плане и комбинаты, выпускающие панельные деревянные дома. В результате исследований, проведенных Пензенским государственным университетом архитектуры и строительства, было установлено, что импортная технология, закупленная для Пен-

зенского ЭКПД, принципиально ориентирована на выпуск единственного типа дома серии 101-1-3Д. Внедрение же в производство другого типа дома требует перестройки технологической цепочки изготовления панелей, начиная от составления программы для ЭВМ для раскроя обшивок и кончая конструктивными изменениями, что естественно может повлиять на производительность комбината (что в то время было недопустимо). Исследования показали также, что социальную задачу увеличения жилого фонда и разнообразия застройки может решить переход на «открытую» технологию, которая ориентирована не на выпуск домов, а на изготовление некоего набора деталей и элементов (определенной номенклатуры), из которых можно собрать любое заданное число вариантов домов.

В этом случае завод-изготовитель располагает складом деталей (конструкций) определенной номенклатуры, позволяющей по замыслу дизайнера и по желанию заказчика собирать желаемый вариант объёмно-планировочного или архитектурного решения дома. При таком подходе не ущемляются интересы комбината (заинтересованного в выпуске как можно большего количества домов) и интересы потребителя (заинтересованного в широком разнообразии домов).

В исследованиях [3, 5, 6] разработаны архитектурно-конструктивные принципы создания открытой серии новых типов жилых домов и намечены идеи перестройки технологии их изготовления. В данной монографии представлены некоторые аспекты идеи открытой технологии и сделана попытка ее реализации в конкретных предложениях по созданию номенклатуры панельных конструкций с целью разработки новых серий индивидуальных жилых домов. Разработки ориентированы на технологию изготовления конструкций, близкую к той, которая была заложена в Пензенском ЭКПД. Реализация предлагаемых разработок может быть применима и для многих других заводов строительной индустрии и позволит строить дома, обладающие достаточным архитектурным разнообразием, способным удовлетворить любому вкусу заказчика.

Одна из ключевых проблем – архитектурный облик полносборного деревянного дома – не только остается, но и обостряется, поскольку архитектор поставлен в жесткие условия творчества, в основе которого типовые стандартные элементы заводского изготовления. В решении этой проблемы может помочь многовековой опыт народного творчества, искусство которого отмечалось живописностью, художественным мастерством и вкусом самих жильцов, проявляющих тягу к украшению собственного дома. Если в проектных решениях заложить некоторые резервы, допускающие вмешательство в архитектуру своего дома его жильца, то можно рассчитывать на появление черт индивидуального лица стандартного дома.

Поэтому любая новая серия полносборных домов, претендующая на высокий эстетический уровень, должна быть составлена так, чтобы набор ее базовых сборных элементов помимо своего высокого конструктивного и технологического уровня качества раскрывал широкое поле выбора и комбинаций разнообразных планировочно-архитектурных структур.

#### 4.4.2. Предложения по разработке Номенклатуры унифицированных панелей промышленных домов

Принцип открытой технологии производства сборных домов требует определенного набора промышленных конструкций (Номенклатуры), из которых можно было бы собирать множество различных вариантов домов, используя основной набор этих конструкций для каждого дома. Анализ проектных материалов жилых индивидуальных домов позволяет констатировать, что из нескольких тысяч имеющихся на сегодня различных проектов, к сожалению, невозможно наметить какую-либо унификацию как типоразмеров домов, так и их конструктивных элементов. Поэтому практически каждый дом или каждая серия домов является индивидуальным творчеством проектировщиков или строителей.

Решая задачу многообразия архитектурного облика и внутреннего содержания индивидуальных жилых домов на базе какого-либо комбината необходимо руководствоваться комплексом требований, диктуемых архитектурой, конструкциями и технологией (АКТ). При этом все вопросы должны решаться в единстве, без приоритета одних над другими. Условием, объединяющим все эти требования может служить модульная координация элементов, которая в равной степени удачно вписывается и в вопросы архитектурного проектирования, конструктивного исполнения, и в процессы непрерывной поточной технологии.

Очень важным в разработке Номенклатуры изделий является минимизация и неизменяемость типоразмеров, с учетом того, чтобы принятые типоразмеры изделий Номенклатуры позволяли бы получать как можно большее многообразие архитектурных решений в различных сериях жилых домов.

##### 4.4.2.1. Основные принципы разработки Номенклатуры

Добиться минимизации размеров унифицированных панельных конструкций при возможности использовать эти панели как можно в больших проектных решениях жилых домов – не просто. Требуется решения большого числа системных проблем, связанных единой направленностью. Методическая сторона этой работы включает следующие аспекты:

- анализ имеющихся проектных разработок по индивидуальному домостроению различных проектных и исследовательских институтов;

- анализ проектов домов, выпускаемых комбинатами по производству полносборных деревянных домов;
- поиск унификации переработанных проектов домов на основе модульной координации элементов;
- разработку первичной Номенклатуры основных конструктивных изделий;
- эскизную проработку различных объемно-планировочных решений домов на основе первичной Номенклатуры панелей и корректировку Номенклатуры;
- разработку окончательной Номенклатуры и апробацию ее путем создания на этой основе серии домов.

#### 4.4.2.2. Модульная координация элементов здания

Распространенным и хорошо зарекомендовавшим себя в архитектуре способом модульной координации на плоскости является проектирование на модульной сетке. При этом сетка должна быть такой, чтобы в полной мере могла удовлетворять возможностям не только архитектуры, но и дальнейшим конструктивным и технологическим особенностям тех изделий, из которых собирается дом. Шаг сетки может быть любой. На основе тщательного анализа отмеченных выше особенностей рекомендовано принять сетку с шагом 600 мм в направлении обеих координатных осей, т.е. квадратную на плане сетку размером 600×600 мм. Такая сетка не только удовлетворяет конструктивным и технологическим особенностям изделий, но и согласуется с требованиями мебельной промышленности, работающей тоже на базе такого укрупненного модуля. Следует еще раз заметить, что размер сетки может быть различным, исходя из каких-то других требований, но в любом случае он должен быть согласованным, отвечая основным целям унификации.

В общем случае модульная координация элементов здания зависит от выбранного способа привязки конструкций к разбивочным осям. Очень важно решить вопрос, откуда вести исчисление координатной сетки, т.е. где разместить начальные координатные оси. При этом может быть два варианта (см. рис. 4.10):

А – начальные координатные оси совмещаются с внутренними гранями наружных стеновых панелей;

Б – начальные координатные оси совмещаются с наружными гранями наружных стеновых панелей.

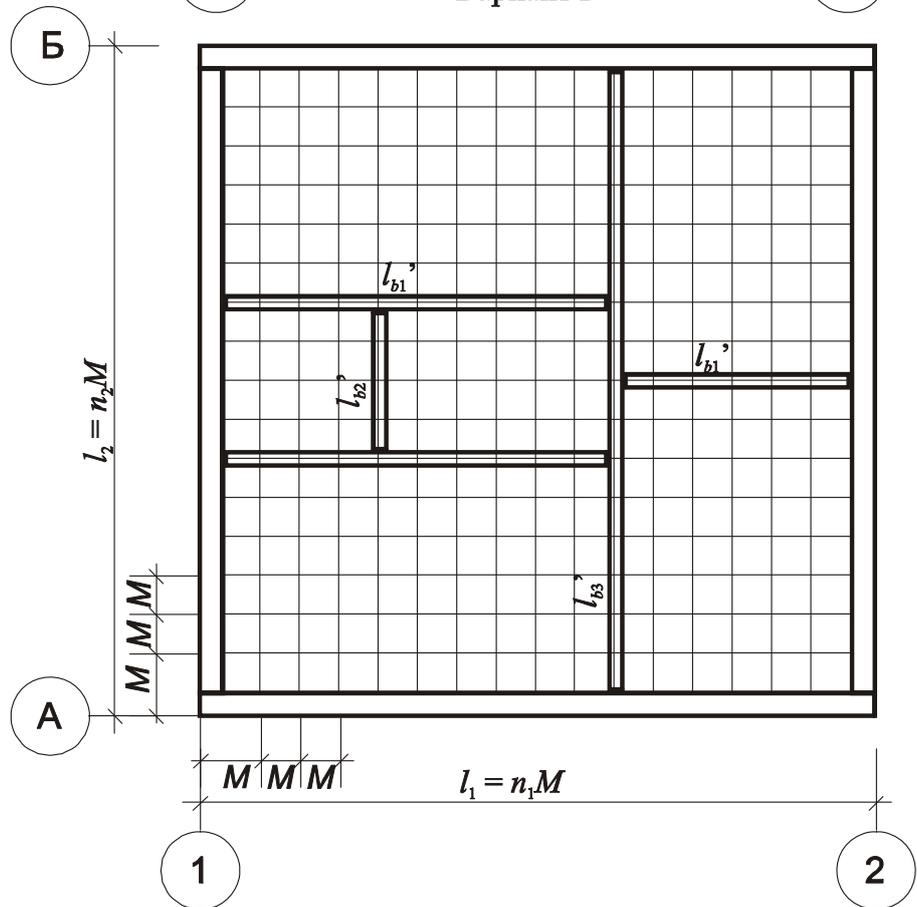
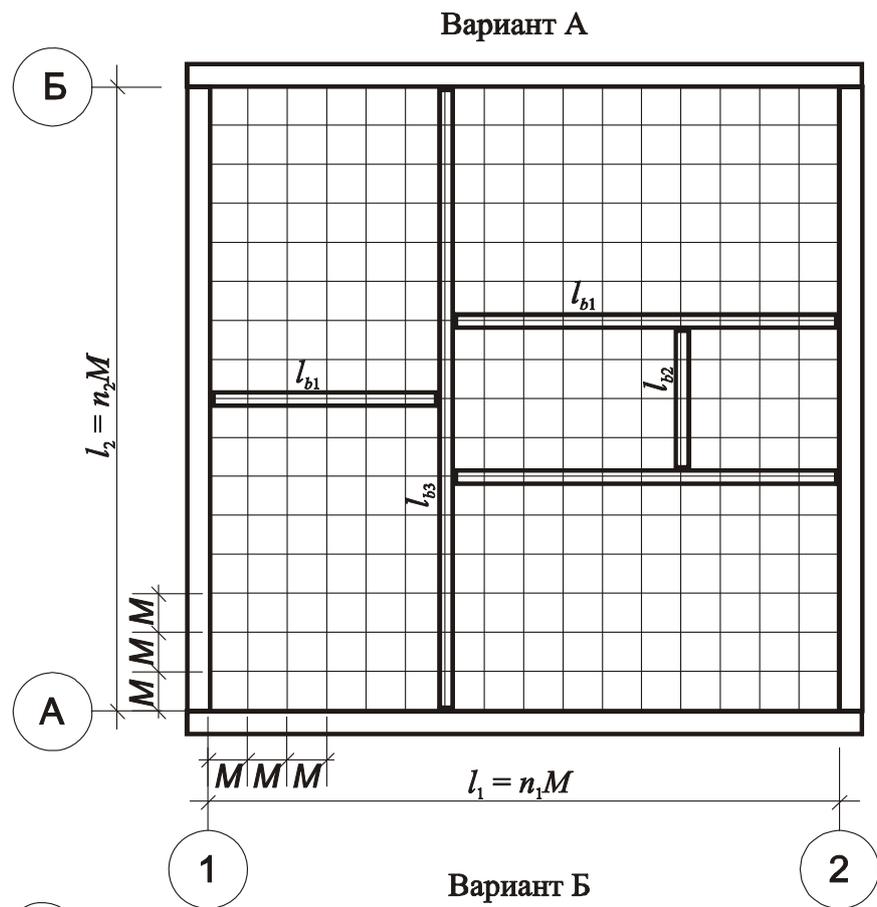


Рис. 4.10. Модульная сетка плана здания

Предпочтение следует отдавать варианту А, поскольку при варианте Б внутренние габариты дома зависят от толщины наружных стен, что в итоге в дальнейшем сказывается на унификации панельных конструкций внутренних стен. Зависимость внутреннего габарита дома от толщины наружных стен накладывает определенные трудности на унификацию размеров панелей внутренних стен, поскольку толщина панелей наружных стен может быть различной для разных климатических зон и при разных теплотехнических свойствах утеплителя. Поэтому в таких случаях унифицированные панели могут иметь ограниченную область использования и не обладают универсальными свойствами в отличие от панелей, выполненных по варианту А привязки координатных осей.

Вопросы проектирования дома на модульной сетке по варианту А значительно упрощаются (рис. 4.10), так как внутренние стены (ВС) можно располагать, совмещая оси стен с линиями сетки. Центрированное совмещение внутренних стен с модульной сеткой дает возможность не только осуществить взаимозаменяемость панелей, располагаемых по буквенной и цифровой осям дома, и тем самым добиться определенной унификации панелей, но также унифицировать их с точки зрения конструктивного и технологического исполнения.

Длины панелей внутренних стен кратны модулю ( $M$ ). Номинальная длина этих стен будет несколько отлична от целого числа выбранного модуля и зависит от способов сопряжения этих панелей в местах взаимного пересечения. При привязке панелей наружных стен (НС) по варианту А фактически длины панелей внутренних стен (ВС) будут равны:

- для панелей, примыкающих к наружной и внутренней стенам

$$\ell_{B1} = m_1 \cdot M - \frac{\delta_{BC}}{2};$$

- для панелей, примыкающих к внутренним стенам

$$\ell_{B2} = m_2 \cdot M - \delta_{BC};$$

- для панелей, примыкающих только к наружным стенам

$$\ell_{B3} = m_3 \cdot M,$$

где  $m_1; m_2; m_3$  – целые числа равные количеству основных модулей ( $M$ ) на всей длине панели;

$\delta_{BC}$  – толщина внутренней стены;

$M$  – величина модуля.

Как видно, длина любой панели внутренней стены, располагаемой по буквенной или по цифровой оси, в основном состоит из целого числа модулей ( $M$ ). Важным фактором унификации панелей наружных и внутренних стен может служить способ сопряжения их между собой и друг с другом.

Модульная координация элементов способствует не только взаимозаменяемости панелей и их унификации при плановых решениях

дома, но она одновременно упрощает решение многих конструктивных и технологических процессов, в частности, конструкция упрощается постановкой регулярно повторяющихся несущих ребер, устанавливаемых с шагом  $M$ , а технологический процесс такой постановки ребер легко поддается автоматизированному процессу.

#### 4.4.2.3. Конструктивные особенности панелей предлагаемой Номенклатуры

В конструктивном отношении все панельные конструкции дома представляют собой ребристую систему, состоящую из обшивок и регулярно повторяющихся ребер. При этом обшивки могут быть выполнены из древесностружечных плит, максимальные размеры которых составляют  $2,5 \times 5,0$  м (после обрезки кромок), или других древесно-плитных материалов, имеющих меньшие размеры, а ребра могут быть предложены различной конструкции.

Материалы обшивок и ребер накладывают определенные условия и на габаритные размеры номенклатуры панельных изделий. Это связано как с несущими свойствами этих элементов, исходя из их стандартных размеров, так и с конструктивными возможностями стыков обшивок и ребер.

В идеальном случае, при возможности получения обшивок в виде непрерывной ленты, габаритные размеры панелей могли бы быть практически нестесненными их конструктивными особенностями. Модульная координата элементов ребра с регулярно повторяющимся шагом ( $M = 600$  мм) давала бы возможность изготавливать непрерывную ребристую полосу, из которой могли бы быть нарезаны панели нужной длины. Однако это только в идеале. Практически обшивки должны стыковаться, и это накладывает определенные конструктивные и технологические особенности. Анализ опыта проектирования и строительства полносборных домов показывает, что максимальные размеры панелей наружных стен должны быть приняты не более 10 м. С учетом модуля  $M = 600$  мм максимальная длина панелей принята равной  $16M = 16 \times 600 = 9600$  мм.

Из этого условия приняты также и максимальные габаритные размеры дома  $9600 \times 9600$  мм. Длины других панелей наружных стен устанавливают с учетом укрупненного шага, равного размеру ширины панели перекрытия. Этот размер принят на основании конструктивных и технологических особенностей панелей перекрытия равным 2400 мм. Поэтому следующий основной размер длины панелей наружных стен составляет величину, равную  $9600 - 2400 = 7200$  мм ( $12M$ ).

Промежуточным размером между ними (для наружных панелей, располагаемых по ширине дома) может быть принята величина  $l = 8400$  мм ( $14M$ ). Таким образом, габариты панелей наружных стен по длине, опреде-

ляемые конструктивными (а ниже будет показано и технологическими) требованиями, составляют 7200 мм (12*M*), 8400 мм (14*M*) и 9600 мм (16*M*).

Максимальные длины панелей внутренних стен (ВС) должны также не превышать длин панелей наружных стен (НС), т.е. быть не более 9600 мм (16*M*). Другие длины панелей ВС должны быть в определенной степени кратными модулю  $M = 600$  мм.

При рассмотрении типоразмеров модифицированных панелей номенклатуры необходимо учесть наличие в них оконных и дверных проемов, причем размеры проемов могут быть и кратными, и не кратными величине *M*, быть больше или меньше, чем величина *M*.

На модификацию панелей могут повлиять также конструкция несущего ребра, способы стыкования панелей, их назначение и другие конструктивные особенности.

В настоящее время прикрепление панелей ВС и НС друг к другу производится при помощи болтовых соединений. В зоне стыка устраиваются спаренные вертикальные ребра (рис. 4.11а). Это обстоятельство может служить причиной увеличения числа модификаций панелей, так как принципиально возможно примыкание ВС к НС в разных местах.

С целью повышения унификации и сокращения модификаций панелей предлагается смещать вертикальные ребра с координатных осей и устраивать стыки без спаренного ребра или использовать для наружных панелей комбинированные ребра коробчатого сечения из древесины и древесно-плитных материалов (см. рис. 4.11в).

Внутренние стеновые панели имеют максимальную длину, равную 9,6 м. Длина модифицированных панелей ВС назначается в соответствии с модульной сеткой и кратна  $M = 600$  мм. Высота панелей – 2500 мм, толщина – 100 мм.

Модификация панелей зависит от выбранного способа привязки координатных осей (тип А или Б), расположения стены в плане, ее длины, наличия и расположения проемов.

Номенклатура ВС в наибольшей степени подвержена расширению, так как изменение планировочных решений домов во многом определяется именно взаимным расположением внутренних стен.

На данный момент времени расширенная номенклатура ВС включает в себя их типоразмеры от  $2M = 1200$  мм до  $16M = 9600$  мм с градацией через  $M = 600$  мм.

Внутренние стены могут быть без проемов, с одним, двумя и тремя дверными проемами. Ширина дверных проемов (800 и 900 мм) не кратна основному модулю, и это обстоятельство несколько нарушает стройность и регулярность номенклатуры и конструкций ВС.

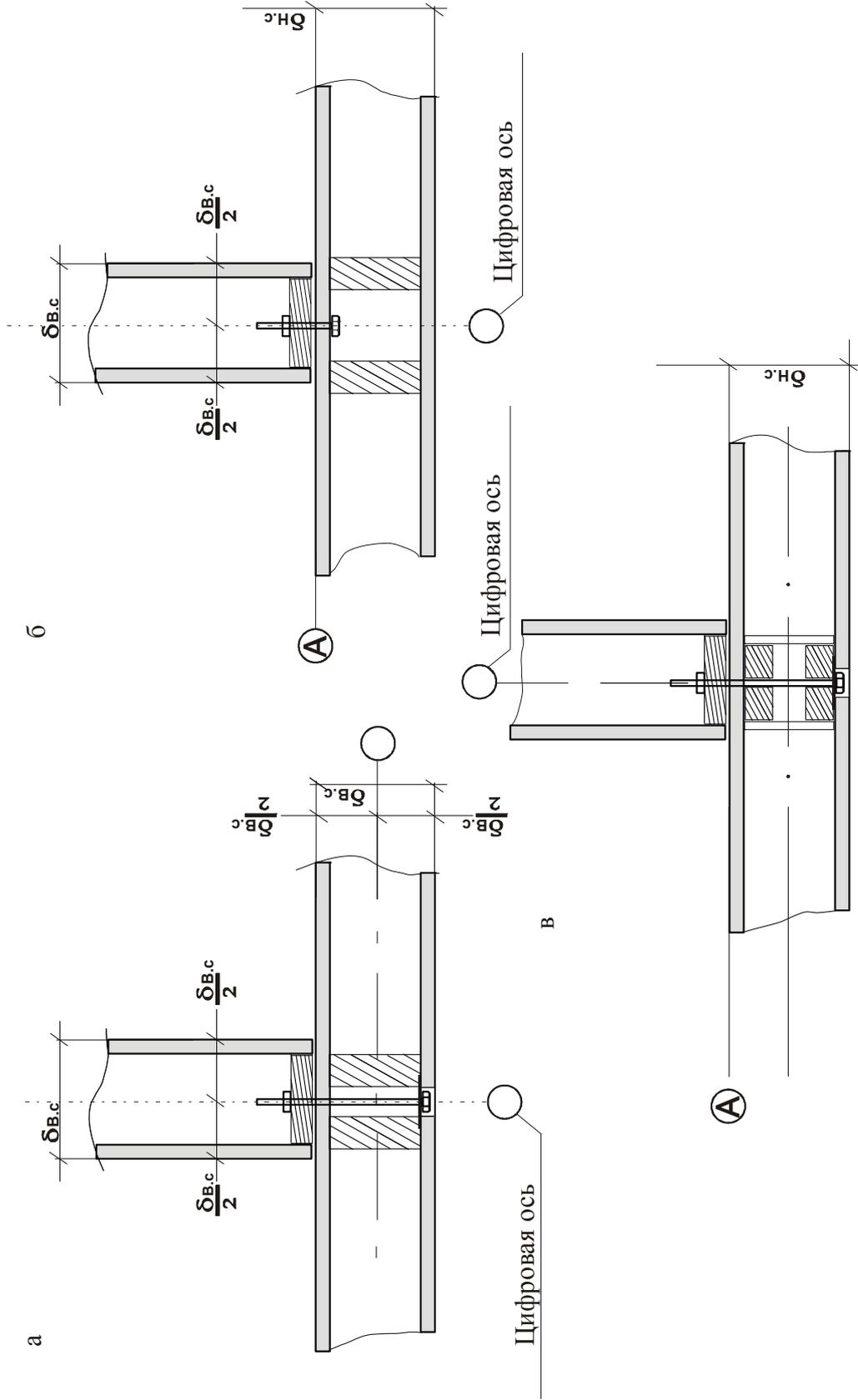


Рис. 4.11. Способы привязки и стыкования панелей:  
 а – внутренние стены с внутренними; б – внутренними стенами (привязка НС по варианту А);  
 в – внутренними стенами при комбинированных ребрах

Плиты перекрытия (ПП) имеют также ребристую конструкцию. Поскольку в процессе эксплуатации дома они испытывают действие больших нагрузок, то продольные несущие ребра поставлены с меньшим шагом, равным  $0,5M = 300$  мм.

Габаритные размеры плит в плане должны быть унифицированы исходя из привязки начальных координатных осей модульной сетки. Согласно разработанной номенклатуре плиты имеют следующие номинальные размеры:

- при привязке сетки по наружным граням
  - длина плит – 7,2; 8,4; 9,6 м;
  - ширина плит – 2,4 м;
- при привязке сетки по внутренним граням
  - длина плит – 7,5; 8,7; 9,9 м;
  - ширина плит – 2,4 м (но может быть доведена до 2,5 м).

Различные варианты привязки приводят к разным узлам опирания плит перекрытия и фронтонов на наружные стены.

При привязке по типу Б плиты опираются на стеновые панели по продольным и поперечным сторонам дома, фронтоны устанавливаются на плиты перекрытия (рис. 4.12а). При привязке по типу А фронтоны опираются на стеновые панели (рис. 4.12б). В этом случае требуется разработка узла сопряжения и дополнительное утепление нижней части фронтона.

Номенклатуры плит перекрытия приведены на рис. 4.13. Модификации плит обусловлены наличием проемов для вентиляционного короба, дымохода, лестницы на мансарду, люка.

#### 4.4.2.4. Технологические особенности панелей предлагаемой Номенклатуры

Предлагаемая ниже номенклатура панелей разработана применительно к технологическим линиям Пензенского ЭКПД оснащенным импортным оборудованием шведской фирмы «Черс». К достоинствам этих линий относится то, что многие трудоемкие и наиболее ответственные процессы изготовления панелей имеют высокую степень механизации и автоматизации. Изготовление панелей поставлено на поточную технологию, где очень удачно используется регулярно повторяющаяся конструктивная структура панелей на основе единого модульного шага ( $M$ ).

Технология изготовления панелей (стен и перекрытий) предусматривает последовательное выполнение операций на непрерывном потоке, включающих в себя раскрой обшивочных плитных материалов, укладку на них внутренних реберных элементов и заполнение образовавшихся ячеек утеплителем.

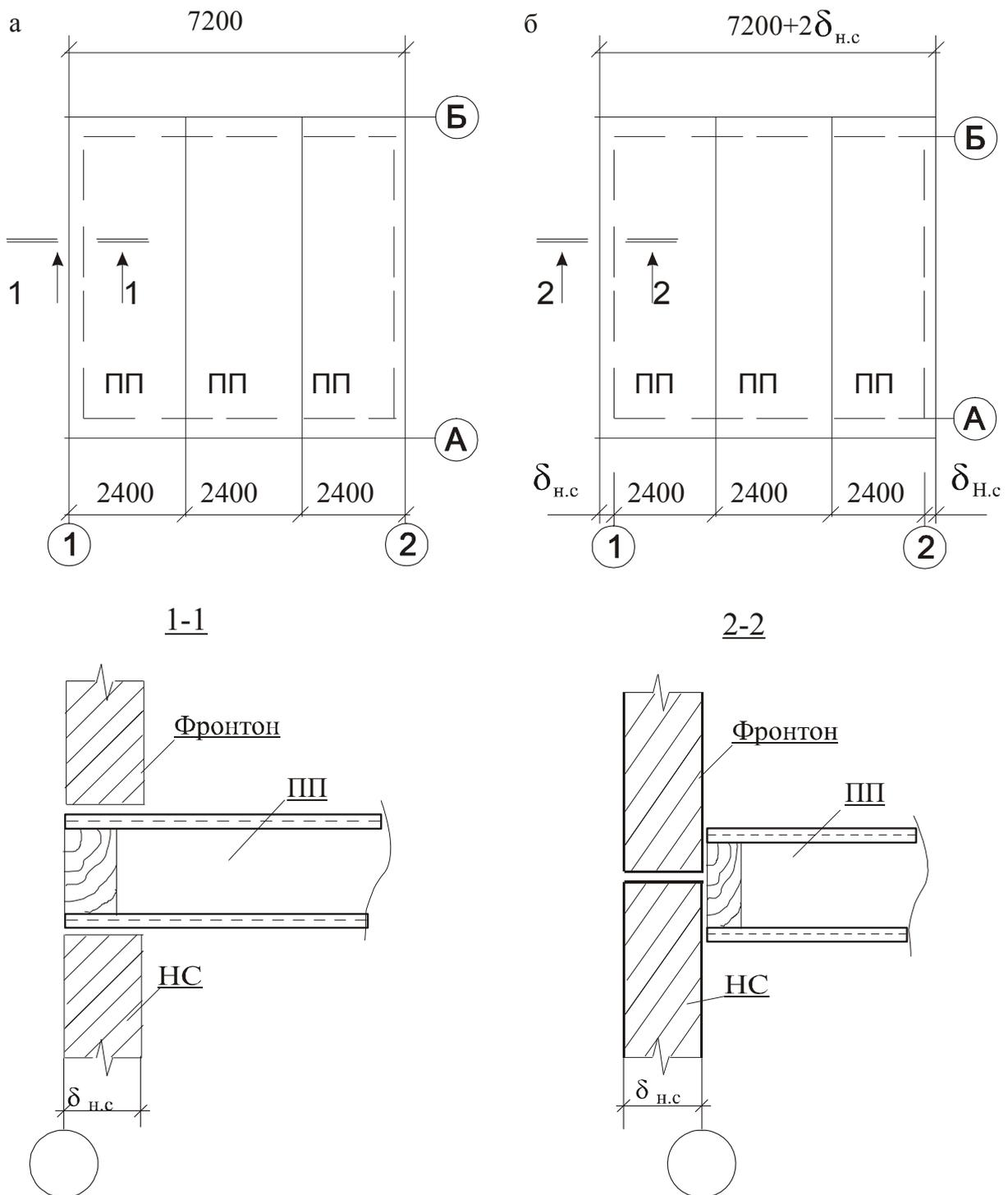


Рис. 4.12. Варианты раскладки плит перекрытия (ПП). Узлы примыкания плит к фронтону и наружным стенам

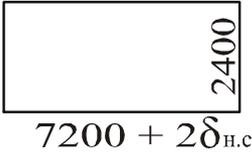
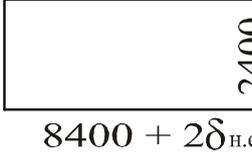
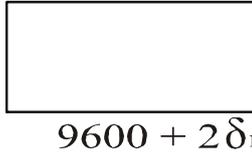
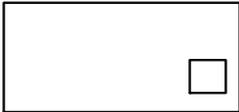
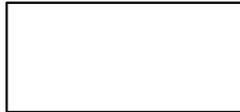
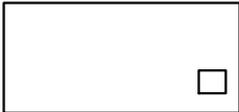
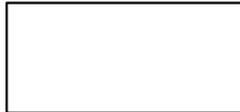
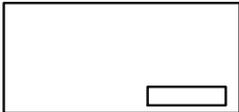
	ПП-12М	ПП-14М	ПП-16М
1	 $7200 + 2\delta_{н.с}$	 $8400 + 2\delta_{н.с}$	 $9600 + 2\delta_{н.с}$
2			
3			
4			

Рис.4.13. Номенклатура панелей перекрытия с привязкой по внутренним граням

Технологические линии по изготовлению панелей предлагаемой номенклатуры могут быть различными. Однако следовало бы отметить ряд рекомендаций, которые, по мнению автора, могут повысить качество выпускаемых панелей, увеличить производительность комбината, а также улучшить конструктивные свойства панелей. Сюда следовало бы отнести следующее:

1. Использование клея в качестве основного соединения всех элементов панелей, причем склеивание производить ускоренным методом в поле токов высокой частоты (ТВЧ). Такое соединение не только ускорит быстроту выполнения операций по склеиванию обшивок с ребрами, но также будет способствовать повышенной жесткости, прочности и высокого качества, поскольку обшивки и ребра работают в этом случае совместно.

2. Использование ригелеукладчика при расстановке и приклейке несущих ребер каркаса панелей. Это обстоятельство особенно ценно при переходе на конструкции панелей с четкой модульной координацией ребер и естественно, что ритмично повторяющиеся процессы должны выполняться автоматизированно, минуя труд рабочих.

3. Конструкция ребер очень сильно сказывается не только на конструктивно-технологических особенностях панелей, но также и на архитектурно-конструктивных возможностях проектирования и возведения всего дома. Как правило, при желании унифицировать конструкции панелей и сопряжения их элементов, а также узлы соединения панелей друг с другом в модульно-координационной системе дома, удачная конструкция ребра позволяет добиться многих положительных сторон. Например, использование комбинированного ребра коробчатого сечения, в котором поясные элементы выполнены из брусков, а стенка – из древесностружечной плиты, позволяет не только уменьшить почти вдвое расход древесины на ребра, но также добиться сокращения их числа и унификации панелей вследствие того, что нет необходимости ставить спаренные ребра в местах стыкования панелей.

4. С последующими годами дефицит древесины, особенно хвойных пород и досок крупных сечений, будет возрастать. Поэтому уже сейчас необходимо отдавать предпочтение тем конструкциям панелей и технологиям их изготовления, где в основном должны использоваться древесно-плитные материалы.

5. Необходимо переходить на конструкции панелей, где независимо от наличия примыкающих к ней других панелей по всей их длине ставятся одиночные (а не спаренные) ребра. С этой целью необходимо предусмотреть соответствующую конструкцию узла сопряжения панелей.

#### 4.5. Предлагаемая Номенклатура панелей для разработки серийных проектов домов

С учетом принципов, описанных выше, разработаны номенклатуры панелей применительно к двум вариантам привязки начальных координатных осей модульной сетки: по типу А и по типу Б (см. рис. 4.10). Отличительные признаки панелей этих номенклатур, связанные с длинами, приведены в табл. 4.14.

Как видно из табл. 4.14, ни одна из систем не обладает очевидным преимуществом перед другой. Однако кое-какой анализ можно сделать. Панели по номенклатуре «А» более универсальны и имеют длины, близкие к целому числу модулей ( $n \cdot M$ ). Номенклатура «А» не зависит от толщины наружных стен и сохраняется при любых изменениях толщины наружных стен. Из этой номенклатуры удобнее компоновать планировочное решение

дома. Площадь внутренних помещений получается большей. К недостаткам этой номенклатуры следует отнести то, что фронтоны нужно опирать не на панели перекрытий, а на наружные стены, создавая при этом утепленный пояс внизу фронтона.

Т а б л и ц а 4.14

Взаимозависимость размеров изделий по длине при типах привязок А и Б

№ п/п	Изделие	А (привязка по внутренним граням стен)	Б (привязка по наружным граням стен)
1	Наружные стены (НС)	$l_{н.с} = n \cdot M + 2\delta_{н.с}$ $l_{н.с} = n \cdot M$	$l = n \cdot M + 2\delta_{н.с}$ $l = n \cdot M$
2	Внутренние стены (ВС)	$c = n \cdot M$ $d = n \cdot M - 0,5\delta_{в.с}$ $e = n \cdot M - \delta_{в.с}$	$l = n \cdot M$ $l = n \cdot M - 0,5\delta_{в.с} - \delta_{н.с}$ $l = n \cdot M - \delta_{в.с}$
3	Плиты перекрытий (ПП)	Длина (пролет) плиты $n \cdot M$	$l = n \cdot M + 2\delta_{н.с}$
4	Кровельные щиты (КЩ)	Длина щитов определяется контуром крыши	

Учитывая некоторые преимущества номенклатуры «А», на рис. 4.13 – 4.15 приведена принципиальная схема панелей этой номенклатуры с указанием размера их длины. Поскольку толщина наружных стеновых панелей может быть различной, то этот параметр в размер их длины входит величиной  $\delta_{н.с}$ . Размер длин панелей внутренних стен дан с учетом их стандартной толщины, равной для всех панелей 100 мм. Нетрудно заметить, что этот размер отражается на длине панелей внутренних стен величиной равной, 50 мм или 100 мм, в зависимости от взаимного стыкования этих панелей.

На рис. 4.13, 4.14, 4.15 представлена Номенклатура панелей перекрытия (ПП), наружных стен (НС) и внутренних стен (ВС). Практические рекомендации по использованию приводимых Номенклатур для разработки объемно-планировочных решений жилых домов даны в [5, 6]. Там же показано, как, используя ограниченное количество типоразмеров панелей, можно предложить различные решения жилых домов.

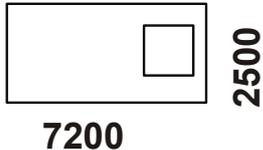
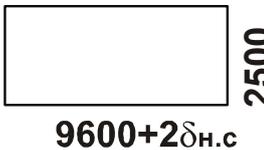
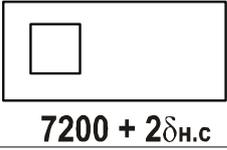
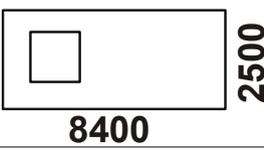
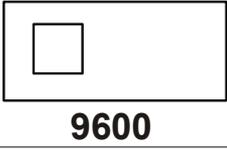
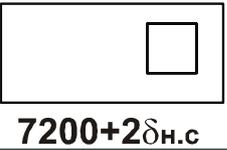
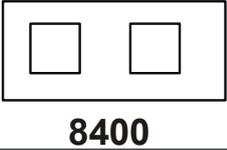
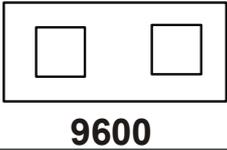
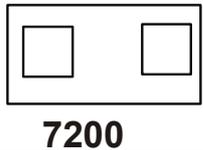
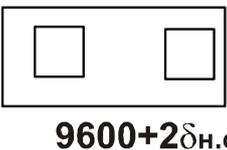
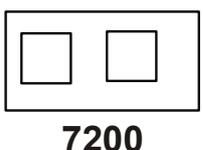
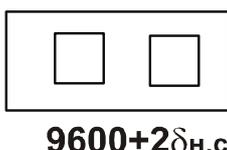
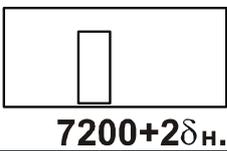
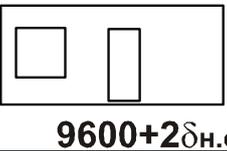
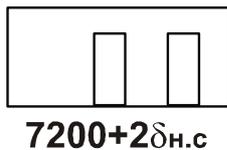
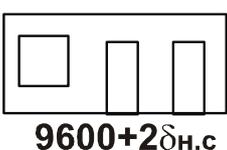
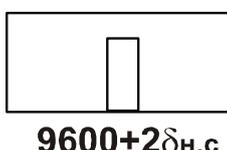
	HC-12M	HC-14M	HC-16M
1	 7200		 9600+2δн.с
2	 7200 + 2δн.с	 8400	 9600
3	 7200+2δн.с	 8400	 9600
4	 7200		 9600+2δн.с
5	 7200		 9600+2δн.с
6	 7200+2δн.с		 9600+2δн.с
7	 7200+2δн.с		 9600+2δн.с
8			 9600+2δн.с

Рис. 4.14. Номенклатура наружных стеновых панелей с привязкой по внутренним граням

	<b>BC-2M</b>	<b>BC-3M</b>	<b>BC-4M</b>	<b>BC-5M</b>	<b>BC-6M</b>	<b>BC-7M</b>	<b>BC-8M</b>	<b>BC-9M</b>	<b>BC-10M</b>	<b>BC-11M</b>
<b>1</b>	 1150	 1750	 2350	 2950	 3550	 4150	 4850			
<b>2</b>	 1300	 1850	 2350	 2950	 3550	 4150	 4750	 5350	 5950	 6550
<b>3</b>			 2300	 2900	 3500	 4250	 4750		 6050	 6550
<b>4</b>			 2300	 2900	 3500	 4150	 4750			
<b>5</b>										

Рис. 4.15. Номенклатура внутренних стеновых панелей с привязкой по внутренним граням

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Каркасно-панельному деревянному малоэтажному домостроению в ближайшей перспективе отводится ведущая роль. Особое место в этом направлении должно занять полносборное строительство из крупных панелей размером «на дом», способное значительно снизить стоимость и сроки строительства жилищного домостроения. Как показал опыт отечественного и зарубежного строительства, изготовление крупных промышленных панелей дома может быть поставлено на поточную линию с применением современных автоматизированных и механизированных средств, позволяющих обеспечить выпуск нескольких домов в сутки полностью отделанных внутри и снаружи и начиненных всеми инженерными коммуникациями. Такой подход может существенно способствовать разрешению «вечной» жилищной проблемы в нашей стране.

Накопленный практический опыт авторов в решении проблемных вопросов в области полносборного домостроения (совместно с Пензенским ЭКПД) позволил сделать всесторонний анализ, дать объективную оценку применения крупных панельных конструкций, склеенных из древесно-плитных материалов и древесины и наметить пути совершенствования их с целью сокращения сроков изготовления и строительства, повышения качества, надежности и снижения стоимости. Результаты этого опыта реализованы и раскрываются в настоящей монографии.

Надеемся, что изложенный материал поможет в становлении отечественной индустрии полносборного домостроения. Учитывая то, что современное развитие этой отрасли в нашей стране ориентировано прежде всего на зарубежный опыт и технологии, предлагаемая монография поможет нашим производителям в разрешении возникающих проблемных вопросов, поскольку предлагаемые авторами материалы базируются на импортной технологии изготовления полносборных деревянных домов. Как показал опыт использования зарубежных технологий в этой сфере вновь строящиеся комбинаты должны быть адаптированы применительно к нашим естественным условиям во всех составных частях: конструкции, архитектура, технология (КАТ). В этом отношении данная монография может быть полезна и поможет нашим проектировщикам и строителям в вопросах проектирования, расчета, изготовления и монтажа полносборных деревянных домов, а также наметить пути совершенствования панельных конструкций, выполненных из деревянных элементов и древесно-плитных материалов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПЕИСОК

1. Вдовин, В.М. Руководство по проведению натурных испытаний панельных конструкций полносборных деревянных домов с применением древесно-стружечных плит [Текст] / В.М. Вдовин, В.Н. Карпов; Пензенский инж. строит. ин-т. – Пенза, 1988. – 36 с. – Библиогр.: с. 35. – Деп. в ВНИИИС 12.02.88, № 8607.
2. Вдовин, В.М. Новая конструкция ребер панелей [Текст] / В.М. Вдовин, В.Н. Карпов // Сельское строительство. – 1989. – № 6. – С. 36-37.
3. Вдовин, В.М. Разработка номенклатуры крупных индустриальных панелей, на основе древесины и древесно-плитных материалов для малоэтажных домов [Текст] / В.М. Вдовин, В.Н. Карпов ; // Пензенский ГАСА. – Пенза, 2002. – 90 с. – Библиогр.: с. 86. – Деп. в ВНИИИТПИ № 11858.
4. Вдовин, В.М. Несущие панели с применением древесно-стружечных плит для малоэтажного домостроения [Текст] / В.М. Вдовин, В.Н. Карпов ; Пензенский ГУАС. – Пенза, 2014. – 144 с.
5. Вдовин, В.М. Конструкции из дерева и пластмасс (спецкурс) [Текст] / В.М. Вдовин ; изд. Феникс, Ростов на Дону, 2007. – 250 с.
6. Вдовин, В.М. Концепция формообразования архитектурных и планировочных решений полносборных деревянных домов на основе номенклатуры крупных индустриальных панелей [Текст] / В.М. Вдовин, В.Н. Карпов ; // Пензенский ГАСА. – Пенза, 2002. – 90 с. – Библиогр.: с. 86. – Деп. в ВНИИИТПИ № 11865.
7. ГОСТ 10632-2007. Плиты древесно-стружечные. Технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 10632-89; введ. 2009-0101. – М.: Стандартинформ, 2007. – 15 с.
8. Диева, Т. Э. Клеёные конструкции для деревянного домостроения [Текст] / Т. Э. Диева, Л. М. Ковальчук // Экспресс-информация. – 2006. – № 1. – С. 8–9.
9. Дмитриев, П. А. Крупноразмерные плиты на основе древесины для зданий [Текст] / П. А. Дмитриев, В. И. Жаданов // Известие вузов. Строительство. – 2008. – № 6. – С. 4–9.
10. Исследование действительной работы полносборных деревянных домов серии 101-1-2, 102-1-3, 102-1-4М, 102-1-5М, 101-1-3 и их элементов с целью обеспечения надежности их в эксплуатации [Текст]: отчет о НИР (заключ.) / Пензенский ИСИ: рук. Вдовин В.М.; исполн.: Карпов В.Н. – Пенза, 1982. – № ГР 80001435. Инв. № 02821053168. – Ч. 1. – 740 с.; Ч. 2. – 182 с.
11. Кислый, В.В. Проблемы развития деревянных клеевых конструкций в России [Текст] / В.В. Кислый, Л.М. Ковальчук // Строительные материалы. – 2003. – № 4. – С. 6–7.

12. Лукаш, А. А. Клеёные слоистые материалы для домостроения [Текст] / А. А. Лукаш // Строительные материалы XXI века – 2008. – № 11. – С. 42–43.
13. Лукичев, А. В. Перспективы деревянного каркасного домостроения в России [Текст] / А. В. Лукичев // Строительные материалы XXI века – 2008. – № 11. – С. 44–45.
14. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) [Текст] / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М. : Стройиздат, 1988. – 216 с.
15. Рекомендации по проектированию панельных конструкций с применением древесины и древесных материалов для производственных зданий [Текст] / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1982. – 120 с.
16. Рекомендации по расчетным характеристикам древесных плит [Текст] / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М. : Стройиздат, 1982. – 24 с.
17. Руководство по индустриальному изготовлению деревянных клеёных конструкций для строительства [Текст] / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М. : Стройиздат, 1975. – 60 с.
18. Совершенствование и исследование действительной работы конструкций полносборных деревянных домов с целью повышения надежности в эксплуатации [Текст]: отчет о НИР (промежуточ.) / Пензенский ИСИ ; рук. Вдовин В. М. ; исполн.: Карпов В.Н. – Пенза, 1985. – № ГР 01840047133. – Инв. № 02860034066. – Ч. 1 – 93 с., Ч. 2 – 67 с., Ч. 3 – 62 с., Ч. 4 – 100 с.
19. Совершенствование и исследование действительной работы конструкций полносборных деревянных домов с целью повышения надежности их в эксплуатации [Текст]: отчет о НИР (закл.) / Пензенский ИСИ; рук. Вдовин В.М.; исполн.: Карпов В.Н. – Пенза, 1987 – № ГР 01840047133. – Инв. № 02860034066. – Ч. 1 – 77 с., Ч. 2 – 74 с., Ч. 3 – 56 с., Ч. 4 – 43 с.
20. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования [Текст]. – М. : Стройиздат, 1982. – 66 с.
21. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция. СНиП II-25-80 [Текст]. – М, 2011. – 88 с.
22. СНиП 2.01.07-85\*. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования [Текст]. – М. : Стройиздат, 1982. – 36 с.
23. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция. СНиП 2.01.07-85\* [Текст]. – М, 2011. – 79 с.
24. Титулин, А. А. Проблемы использования древесных материалов в строительстве [Текст] / А. А. Титулин [и др.] // Жилищное строительство. – 2009. – № 7. – С. 10–12.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И СОСТОЯНИЕ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ БАЗЫ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ .....	8
1.1. Конструктивные и технологические особенности индустриального деревянного домостроения .....	8
1.2. Основные достоинства полносборного деревянного домостроения. Опыт отечественного и зарубежного строительства .....	12
2. ОБЩАЯ КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ДЕРЕВЯННОГО ДОМА .....	19
3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ, РАСЧЕТУ И ИЗГОТОВЛЕНИЮ ПАНЕЛЕЙ ПОЛНОСБОРНОГО ДОМА.....	35
3.1. Проектирование панелей .....	35
3.1.1. Панели перекрытий (ПП).....	35
3.1.2. Панели наружных стен (НС) .....	41
3.1.3. Панели внутренних стен (ВС) .....	45
3.1.4. Кровельные щиты (КЩ) .....	48
3.1.5. Стыки и узлы панелей.....	52
3.1.6. Рекомендации по повышению долговечности конструкций панелей .....	57
3.2. Расчет панелей .....	61
3.2.1. Общие положения по расчету .....	61
3.2.2. Расчет на изгиб (панели ПП) .....	64
3.2.3. Расчет на центральное сжатие (устойчивость) (панели ВС)...	73
3.2.4. Расчет на сжатие (растяжение) с изгибом (панели НС, КЩ)..	76
3.2.5. Некоторые предложения по расчету стыков и узлов.....	80
3.3. Изготовление панелей .....	81
3.3.1. Общие сведения .....	81
3.3.2. Изготовление конструкций.....	82
3.3.2.1. Сушка пиломатериалов.....	82
3.3.2.2. Механическая обработка .....	83
3.3.2.3. Приготовление и нанесение клеев .....	85
3.3.2.4. Сборка, запрессовка и режимы склеивания.....	86
3.3.2.5. Обработка и защита конструкций.....	87
3.3.3. Методы контроля качества конструкций .....	88
3.3.3.1. Входной контроль .....	88
3.3.3.2. Пооперационный контроль .....	89
3.3.3.3. Контроль готовых конструкций.....	91
3.3.3.4. Натурные испытания конструкций.....	92

4. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ, АРХИТЕКТУРНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПОЛНОСБОРНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ДОМОВ.....	93
4.1. Общие сведения .....	93
4.2. Факторы, влияющие на рациональность конструктивных решений панелей.....	96
4.2.1. Нагрузки .....	96
4.2.2. Расчетная схема .....	97
4.2.3. Количество несущих ребер (шаг ребер).....	98
4.2.4. Способ соединения обшивок с ребрами .....	99
4.2.5. Конструкции несущих ребер панелей .....	109
4.2.6. Прочностные требования к материалу обшивок.....	112
4.2.7. Требования к упругим свойствам материала обшивок .....	118
4.3. Конструктивные совершенства панелей .....	123
4.4. Концепции архитектурного многообразия полносборных деревянных домов .....	126
4.4.1. Современные тенденции в архитектуре панельных индивидуальных жилых домов .....	126
4.4.2. Предложения по разработке Номенклатуры унифицированных панелей индустриальных домов .....	128
4.4.2.1. Основные принципы разработки Номенклатуры .....	128
4.4.2.2. Модульная координация элементов здания .....	129
4.4.2.3. Конструктивные особенности панелей предлагаемой Номенклатуры.....	132
4.4.2.4. Технологические особенности панелей предлагаемой Номенклатуры.....	135
4.5. Предлагаемая Номенклатура панелей для разработки серийных проектов домов .....	138
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	142
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПЕИСОК.....	143



Научное издание

Вдовин Вячеслав Михайлович  
Карпов Владимир Николаевич

ПОЛНОСБОРНЫЙ ДЕРЕВЯННЫЙ ДОМ  
ИЗ КРУПНЫХ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ПАНЕЛЕЙ  
Монография

Редактор        В.С. Кулакова  
Верстка         Н.А. Сазонова

---

Подписано в печать 4.06.15. Формат 60x84x/16/  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл. печ.л. 8,6. Уч.-изд.л. 9,25. Тираж 500 экз. 1-й завод 100 экз.  
Заказ №251.

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28