

О. К. Леонович, С. П. Судникович
(БГТУ, г. Минск, РБ) OKL2001@mail.ru

**ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ КЛЕЕНОЙ МНОГОСЛОЙНОЙ ДРЕВЕСИНЫ
(КМД) ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОМОВ КАРКАСНОГО ТИПА**
**PROBLEMS OF GLUED-LAMINATED TIMBER (GLT) THE CONSTRUCTION OF
HOUSES OF FRAME TYPE**

В статье проведен теплотехнический расчет древесины, бруса клееного и стеновой панели для домов каркасного типа. Для prolongation срока эксплуатации рекомендовано проводить био-огнезащиту деревянных конструкций.

The article Thermal calculation of wood laminated beams and power-houses of the new panel to the frame type. To prolong the life of the recommended conduct bio-fire protection of wooden structures.

Древесина как конструкционный материал отличается от прочих материалов, используемых в промышленности и строительстве, высокой изменчивостью своих свойств. Она имеет различные коэффициенты усушки и соответственно разбухания при увлажнении в различных направлениях. В тангенциальном - 0,28, в радиальном - 0,17 [1]. Чтобы уменьшить влияние анизотропии древесины в различных направлениях необходимо при конструировании деревянных строительных конструкций применять клееную многослойную древесину.

При строительстве деревянных домов в качестве ограждающих и несущих конструкций используется брус деревянный, который имеет ряд недостатков:

- Затруднена сушка массивного бруса
- При эксплуатации сооружений из массивного бруса, последние дают усадку до 1,5 – 3 см на метр высоты строения в течение первого года эксплуатации. При высоте этажа 3 метра усадка может достигать 4,5 – 9 см, что требует выдержки на естественную сушку и усадку от 3 до 12 месяцев перед началом внутренней и внешней отделки таких сооружений и монтажом столярно-строительных деталей;
- Размеры бруса ограничены: длина 4-8 м, толщина в среднем 14-22 см.
- Сбежистость и пороки, присущие массивной древесине, отрицательно влияют на качество строительных конструкций.
- Нормативное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций недостаточное, особенно в местах соединения бревен.

Проведем теплотехнический расчет стены из бруса толщиной 21 см, например, для климатических условий Брестской области.

Конструкция стены приведена на рисунке 1.

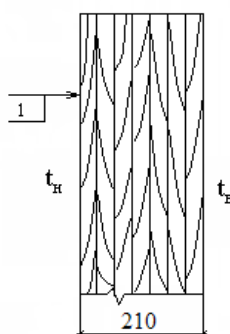


Рис. 1. Конструкция стены

1 – клееный деревянный брус из древесины сосны.

В соответствии с таблицей 4.1 СНБ 2.04.01 расчетная температура внутреннего воздуха составляет 18°C, расчетная относительная влажность – 55%. Влажностный ре-

жим помещений в соответствии с табл. 4.2 СНБ 2.04.01 – нормальный, условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б.

Расчетные значения коэффициентов теплопроводности λ , теплоусвоения s и паропроницаемости μ материалов стены приведены в табл. 1.

Таблица 1

Тепловые характеристики материалов

Наименование материала	Плотность в сухом состоянии ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при условиях эксплуатации		Коэффициент теплоусвоения s , Вт/(м ² ·°С), при условиях эксплуатации		Коэффициент паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
		А	Б	А	Б	
Пиломатериалы из древесины сосны	500	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06

Тепловая инерция данной конструкции стены составляет

$$D = \frac{0,210}{0,18} \cdot 4,54 = 5,3. \quad (1)$$

Согласно таблице 5.2 СНБ 2.04.01-97 для ограждающих конструкций с тепловой инерцией $4,0 < D \leq 7,0$ за расчетную зимнюю температуру наружного воздуха следует принимать среднюю температуру наиболее холодных трех суток обеспеченностью 0,92, которая для Брестской области соответственно составляют минус 23°С (таблица 4.3 СНБ 2.04.01-97).

Расчетная зимняя температура наружного воздуха составляет $t_{\delta} = -23^{\circ}\text{C}$.

Требуемое сопротивление теплопередаче по формуле (5.2) СНБ 2.04.01-97

$$R_{m,mp} = \frac{1 \cdot (18 + 23)}{8,7 \cdot 6} = 0,78 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}. \quad (2)$$

Расчетное сопротивление теплопередаче стены составляет

$$R_o = \frac{1}{a_a} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{a_i} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,210}{0,18} + \frac{1}{23} = 1,32 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}. \quad (3)$$

Так как данная конструкция стены является однослойной, то в соответствии с СНБ 2.04.01 определенное значение сопротивление теплопередаче является окончательным. В соответствии с таблицей 5.1 СНБ 2.04.01-97, сопротивление теплопередаче данной конструкции стены должно быть не менее $R_{т,норм.} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, что не выполняется, т. к. $R_t = 1,32 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Поскольку условие сопротивления теплопередаче стены не выполняется, предложено использовать сборные стеновые панели для домов каркасного типа (рис. 2).

Стеновая панель для домов каркасного типа состоит из следующих слоев. Внутри располагается деревянный каркас, между стойками которого располагается изоляционный слой из теплоизоляционного материала ИзOVER KL-37 толщиной 150 мм. С внутренней стороны изоляционный материал заизолирован пароизоляционной пленкой и оббит гипсокартоном. С наружной стороны, изоляционный слой изолирован ветроизоляционной пленкой и оббит плитой ориентировочно-стружечной плитой типа ОСБ-3. На ориентировочно-стружечную плиту наносится десятимиллиметровый слой штукатурки.

На предложенную стеновую панель разработаны технические условия для Борисовского ДОКа и филиала «Домостроение» РУП «Завод газетной бумаги». Документация согласована с Министерством Здравоохранения, МЧС и РУП «Стройтехнорм».

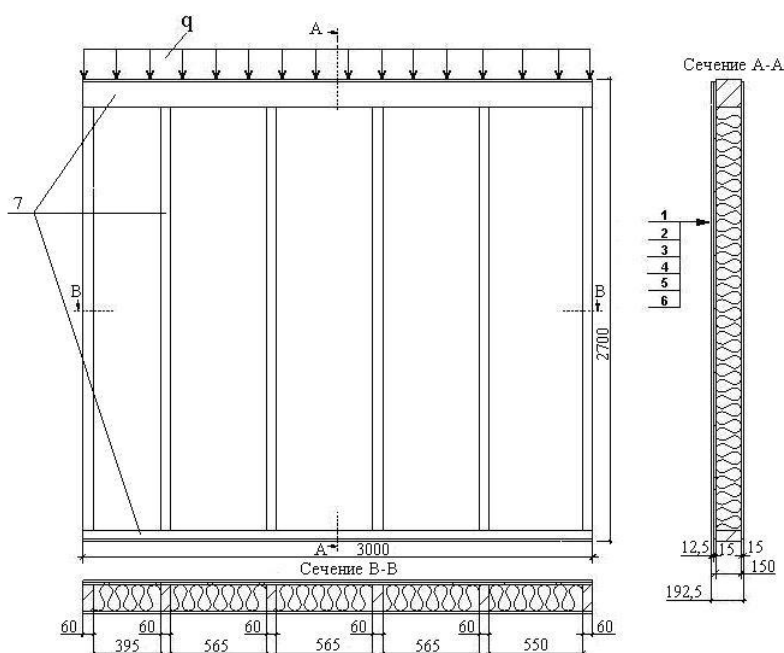


Рис. 2 – Схема панели дома каркасного типа

1 – гипсокартон; 2 – ОСП; 3 – пленка пароизоляционная Изоспан В; 4 – теплоизоляционный материал ИзOVER KL-37; 5 – пленка ветро-влажностная Изоспан АМ; 6 – ОСП

Предложено использовать материалы с расчетными значениями коэффициентов теплопроводности λ , теплоусвоения s и паропроницаемости μ материалов стены приведены в табл. 2.

Таблица 2

Тепловые характеристики материалов

Наименование материала	Плотность в сухом состоянии ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при условиях эксплуатации		Коэффициент теплоусвоения s , Вт/(м ² ·°С), при условиях эксплуатации		Коэффициент паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
		А	Б	А	Б	
ОСП	1000	0,23	0,29	6,75	7,70	0,12
Пенополистирол	35	0,041	0,05	0,4	0,48	0,05
Пароизоляция Изоспан	0,064	-	-	-	-	$R_{\mu}=8,00$
Пиломатериалы из древесины сосны	500	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06
Минераловатная плита ПЛ-50	40	0,039	0,041	0,41	0,45	0,53
Гипсокартон	800	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075
Штукатурка	800	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075

Проведем расчет сопротивления теплопередаче данной конструкции панели домов каркасного типа. В соответствии с методикой, изложенной в СНБ 2.04.01.-97 установлено расчетное сопротивление теплопередаче указанной конструкции составляющее 2,63 м²·°С/Вт. Конструкция рассчитана с учетом дополнительного десятимиллиметрового слоя штукатурки.

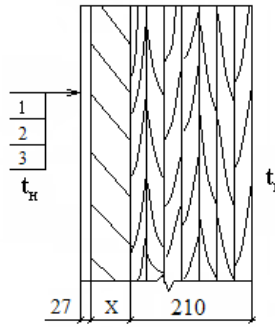


Рис. 3 – Конструкция стены

1 – блок-хаус, 2 – теплоизоляционный слой; 3 – клееный деревянный брус из древесины сосны

Приведенный коэффициент теплопроводности теплоизоляционного слоя

$$\lambda_{i\delta} = \frac{0,18 \cdot 1,48 + 0,041 \cdot 6,62}{1,48 + 6,62} = 0,066 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C}). \quad (4)$$

Согласно требованиям СНБ 2.04.01-97 и последних нормативных документов Министерства архитектуры Республики Беларусь расчетное сопротивление теплопередаче стены должно быть не менее $3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, т.е. должно выполняться условие:

$$R_{\delta} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,29} + \frac{0,01}{0,21} + \frac{0,150}{0,066} + \frac{0,012}{0,29} + \frac{\tilde{0}}{0,05} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{1}{23} \geq 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}. \quad (5)$$

Преобразуем приведенное выше выражение для определения толщины дополнительного теплоизоляционного слоя:

$$X = \left(3,2 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,29} + \frac{0,01}{0,21} + \frac{0,150}{0,066} + \frac{0,012}{0,29} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot 0,05 = 0,030 \text{ м} \quad (6)$$

Принимаем толщину дополнительного теплоизоляционного слоя равной 50 мм.

Теплотехнические испытания панели с утеплителем из минераловатных плит проведены на климатическом комплексе БелНИИС Минстройархитектуры Республики Беларусь в соответствии с ГОСТ 26254-84.

Приведенное сопротивление теплопередаче рассматриваемой стеновой панели дома каркасного типа с дополнительным утеплением с наружной стороны плитами из пенополистирола толщиной 50 мм составляет больше, чем нормируемое ТКП 45-2.04-43 и изм. №1 к нему. Значение этого параметра $R_{\text{т.норм.}} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Таким образом, по своим теплотехническим характеристикам панель соответствует предъявляемым требованиям.

В результате проведенных исследований выбрана эффективная стеновая панель для домов каркасного типа, которая по расчетным характеристикам удовлетворяет строительным нормам.

Многослойная стеновая панель в соответствии с проведенным расчетом соответствует нормируемым параметрам и позволяет значительно снизить потребление древесины при строительстве домов каркасного типа.

Массивная древесина и клееные деревянные конструкции, находящиеся в неблагоприятных условиях (высокая температура 20-35 °С, влажность 30-95%) активно подвергаются поражению деревоокрашивающими, плесневыми и дереворазрушающими грибами, для развития которых эти условия оптимальны.

Древесина, поврежденная деревоокрашивающими грибами, более подвержена поражению дереворазрушающими грибами. Основные из них это *Coniochora cerebella*, *Coniochora rutiana* и другие домовые грибы.

Несущая способность используемых ограждающих конструкций должна быть подтверждена расчетами в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и

воздействия». Для использования бруса в строительстве, его подвергают конструкционным и химическим методами защиты. Конструкционные методы должны предусматривать: 1) вентилируемость фасада, т.е. удаление возможных межслойных образований конденсата. 2) изоляцию крепежных элементов, образующих «мостики холода», вызывающие образование конденсата в соответствующих участках ограждающих конструкций.

Второй основной задачей защиты деревянных строительных конструкций и в частности его деревянного каркаса, является химическая био- и огнезащита, обеспечивающие защиту древесины от биоповреждений и возгорания.

Для анализа КМД, эксплуатируемой в различных условиях, были исследованы наиболее качественные клея, используемые для склеивания древесины. Клеящие системы для строительных целей должны создавать соединения такой силы и долговечности, чтобы целостность связи поддерживалась в заданном классе эксплуатации во время всего предполагаемого срока службы конструкции. Согласно классификации по СТБ EN 301-2006 используются два типа клеящих веществ, I и II, которые классифицируются согласно их пригодности для использования в разных климатических условиях. Клеи группы D1, D2, D3 относят к категории interior (для внутренних работ), клеи D4 – к категории exterior (для наружных работ). В европейской классификации, к I типу клеящей системы относится клей D4, предназначенный для наружных работ, что соответствует классу эксплуатации 3, для которого относительная влажность при эксплуатации 30-95% и температура менее 50°C. Клеи D1, D2, D3 относятся ко II типу клеящей системы и могут быть применены для внутренних работ по 1 и 2 классу эксплуатации в соответствии с EN 1995-1-1 и EN 386.

Стойкость древесины и изделий из древесины в строительстве в соответствии с СТБ EN 335-1-2009 ч. 1 подразделяется на 5 классов.

Так, в классе использования 1 материал на основе древесины находится в укрытии и не подвергается воздействию погоды и намокания. В классе использования 2, кроме этого, в атмосфере присутствует высокая относительная влажность, что может привести к случайному или кратковременному намоканию. В классе использования 3 материал на основе древесины находится в укрытии и не находится в контакте с землей и не подвержен намоканию. В отличие от общенормативных требований к клееным конструкциям, в классе использования 4 материал на основе древесины находится в контакте с землей или с водой и поэтому может постоянно подвергаться намоканию, а в классе использования 5 находится в условиях постоянного воздействия соленой воды.

Проверена возможность применения деревянных строительных конструкций, подверженных постоянному намоканию (класс эксплуатации 4) по СТБ EN 335-1-2009. Влияние воздействия воды на прочность клеевого соединения из феноло-резорцино-формальдегидного и меламино-мочевино-формальдегидного клеев показано на рис. 4. Прочность клеевого соединения на скалывание после нахождения бруса в воде в течение 5 суток оказалась ниже нормативной. При дальнейшей выдержке в воде прочность клеевого соединения продолжала снижаться.

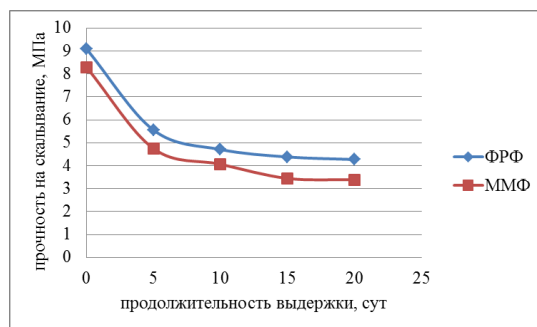


Рис. 4. Влияние воздействия воды на прочность клеевого соединения

Исследования показали, что для применения КМД в строительстве необходимо изолировать древесину для исключения контакта с землей и воздействия увлажнения.

Исследована конструкция бруса деревянного клееного, используемого для изготовления клетьевых проводников лифта шахты, эксплуатируемая при влажности 30-95%. Для склеивания ламелей использовали клеи группы D4. При склеивании ламелей меламино-мочевино-формальдегидным и фенолорезорциновым клеями прочность конструкции соответствует требованиям нормативных документов.

Учитывая, что наружная конструкция подвергается биоповреждениям и увлажнению, принято решение провести гидрофобизацию и биозащитные мероприятия.

Технологии защиты строительных конструкций (способы пропитки) в промышленных и бытовых условиях можно условно разделить на три группы:

1) способ капиллярной пропитки: а) пропитка нанесением раствора на поверхность древесины; б) пропитка погружением в ванны; в) панельная пропитка.

2) способы диффузионной пропитки: а) нанесение паст; б) бандажная пропитка; в) пропитка вымачиванием в растворе.

3) промышленные способы пропитки под давлением: а) пропитка в ваннах с предварительным нагревом; б) пропитка в герметических резервуарах (автоклавах) с созданием в них переменного давления - автоклавная пропитка.

Установлено, что применение защитных средств отрицательно влияет на прочность клееного шва, применение гидрофобных антисептиков ослабляет клеевое соединения на 4-6%, применение гидрофильных антисептиков на 10-12%. Значительное повышение прочности может быть достигнуто термомодификацией конструкций деревянных клееных. Установлено, что средства содержащие медь, в контакте с фенолами вызывают коррозию и снижение прочности клееного шва и не могут быть использованы для защиты КДК. Допустимо применение водорастворимых антисептиков, не содержащих медь. Гидрофобные антисептики – практически не влияют на прочность клееного шва и значительно снижают водопоглощение. При применении термомодифицирования конструкция упрочняется, и клеевой шов сохраняет прочность.

Для применения деревянных строительных конструкций необходимо соблюдать требования ТКП 45-2.02-142-2011, в котором в зависимости от класса пожарной опасности строительные конструкции должны быть испытаны на горючесть (ГОСТ 30244), воспламеняемость (ГОСТ 30402), токсичность продуктов горения (ГОСТ 12.1.044), дымообразующая способность (ГОСТ 12.1.044). Горючие строительные материалы подразделяются в зависимости от значений параметров горючести, определяемых по ГОСТ 30244 на 4 группы.

Выводы:

1) При проектировании деревянного домостроения предусматривать применение сборных стеновых панелей для домов каркасного типа, позволяющих решить повышение теплоизоляционных свойств ограждающей конструкции при минимальном использовании древесины.

2) Конструкторская документация при проектировании домов каркасного типа должна предусматривать вентиляционные проемы ограждающих конструкций и обеспечивать надежную изоляцию между конструктивными узлами с различным термическим сопротивлением.

3) Деревянный каркас стеновых ограждающих конструкций должен быть подвергнут био- огнезащитной обработке и гидрофобизации, которые значительно повышает срок эксплуатации конструкции.

Литература

1. Серговский, П. С.. Гидротермическая обработка и консервирование древесины/ П. С Серговский, А. И. Рассев. – М.: Лесная пром-сть, 1987.