

УДК 674.213.692.2 УДК 674.048

РАСЧЕТ ТЕРМОУСТОЙЧИВОСТИ И ПРОЧНОСТИ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ ДОМОВ КАРКАСНОГО ТИПА УТЕПЛЕННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМИ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫМИ ПЛИТАМИ

Леонович О. К., канд. техн. наук, доцент

(УО «Белорусский государственный технологический университет»)

В статье проведен теплотехнический и прочностной расчет ограждающей конструкции для домов каркасного типа. Для теплоизоляции предложено использовать экологически безопасную изоляционную древесноволокнистую плиту.

Одним из вариантов решения проблемы экономии лесных ресурсов и создания условий для строительства быстровозводимых зданий является проектирование и строительство домов каркасного типа. Кафедрой Технологии деревообрабатывающих производств Белорусского государственного технологического университета разработаны технические условия на стеновые панели наружные и внутренние для домов каркасного типа для АОА «Борисовский ДОК» и филиала «Домостроение» РУП «Завод газетной бумаги». Исследованы вопросы расчета прочностных и теплофизических свойств, конструктивные и химические методы защиты строительных конструкций в работах [1-6].

Целью данной работы является разработка и исследование усовершенствованных конструкций стеновых панелей для деревянных домов каркасного типа на соответствие нормативным требованиям по прочностным, теплотехническим, и экологическим показателям.

Определение характеристик тепловой защиты при проектировании жилых и общественных зданий проводится в соответствии с требованиями ТКП 45-2.04-196-2010 «Тепловая защита зданий. Правила определения».

Термическое сопротивление теплопередаче разрабатываемых ограждающих конструкций стеновых панелей дома каркасного типа применяемых для строительства в Беларуси в соответствии с ТКП 45-2.04-43-2006 (02250) «Строительная теплотехника» и изм. №1 к нему должно быть ниже нормируемого параметра $R_{т.норм.} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

При расчетах принимаем, что требуемое сопротивление теплопередаче стены составляет

$$R_m = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{X}{\lambda_x} + \frac{1}{\alpha_e} \geq R_{\text{доп.}} \quad (1)$$

где λ_i – коэффициент теплопроводности i -го слоя панели, Вт/(м·°C); δ_i – толщина i -го слоя панели, м, α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для зимних условий, Вт/(м²·°C).

Опытные образцы стеновых панелей испытывались в аккредитованной лаборатории РУП «БелНИИС» на климатическом комплексе в соответствии с ГОСТ 26254-84. Термическое сопротивление теплопередаче их выше нормируемого и близко к расчетному.

Изготовленная и представленная на испытания Филиалом «Домостроение» РУП «Завод газетной бумаги» опытная многослойная стеновая панель соответствует требованиям ТКП 45-2.04-43-2006 (02250) «Строительная теплотехника» по сопротивлению теплопередаче.

Приведенное сопротивление теплопередаче опытного образца многослойной стеновой панели составило $6,11 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, что выше нормируемого ТКП 45-2.04-43-2006 (02250) «Строительная теплотехника» и вводимого с 01.07.2010 г. значения – $3,20 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Стеновая панель показана на рисунке 1.

На панели стеновые деревянные утепленные наружные и внутренние для домов каркасного типа разработаны технические условия. Была разработана методика прочностных расчетов клееных элементов строительных конструкций.

Необходимо отметить, что минераловатная плита ПЛ-50, используемая в данной панели как утеплитель, дает усадку и создает «мостики холода», тем самым нарушая теплотехнические свойства конструкции. Термическое сопротивление на этом участке изменяется, и на границе материалов с разным термическим сопротивлением возникают условия, вызывающие конденсацию паров.

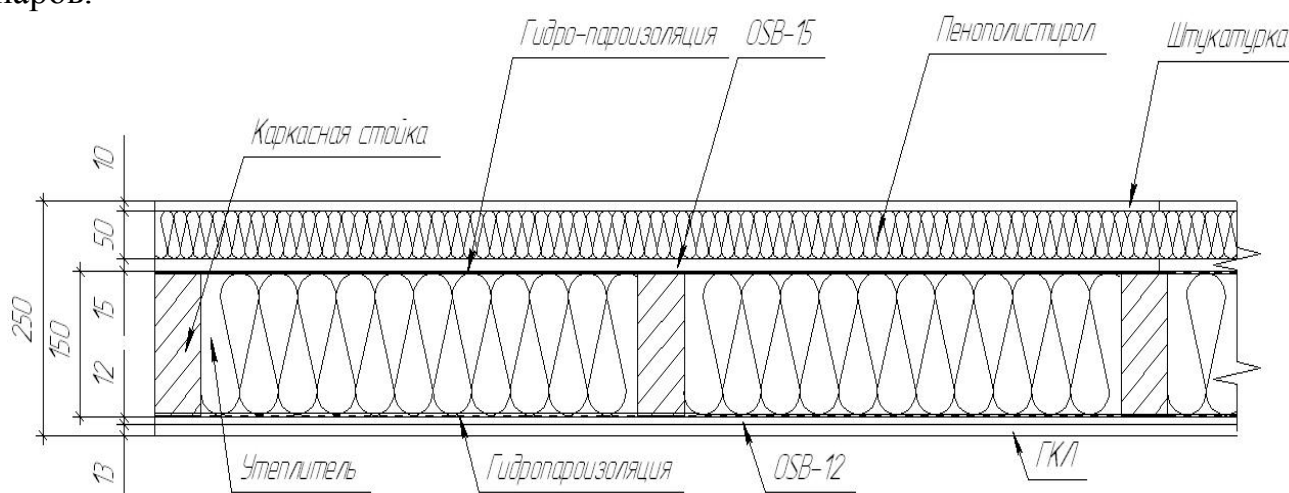


Рисунок 1. – Стеновая панель

Предлагается, в качестве утеплителя рекомендовать изоляционную древесноволокнистую плиту сухого способа прессования согласно методу Siempelkamp производство которой осваивается на ГП «Мозырьдрев». Свойства плиты указаны в таблице 1.

В качестве связующего используется изоцианатный клей MDI без добавок и изоцианатный клей MDI с добавками, свойства которых показаны в таблицах 3 и 4.

Таблица 1. Свойства изоляционной плиты

Свойства			Плотность, кг/м ³		
			80	140	200
Давление при 10% нагрузки	EN 826	кПа	20	120	200
Водопоглощение *)	EN 1609	кг/м ³	непримен.	0,7	0,6
Теплопроводность (номинальное значение)	EN 13171	Вт/м·К	0,037	0,045	0,050
Безопасность воспламенения **)	EN 13501		Класс Е		

*) с водоотталкивающей присадкой

**) с противопожарной защитой (в зависимости от плотности)

Таблица 2. Свойства плиты без добавок

Толщина нетто, мм	Плотность прибл., кг/м ³	Скорость подачи, мм/сек.	Производительность, м ³ /сутки
20	200	140	288
90	200	83*	770
160	150	62*	1.026
240	110	56*	1.400

Таблица 3. Свойства плиты с добавками

Толщина нетто, мм	Плотность прибл., кг/м ³	Скорость подачи, мм/сек.	Производительность, м ³ /сутки
40	40*	130	535
90	35	130*	1.205
160	35	97*	1.600**
240	35	65*	1.600**

Возможно формирование размеров под заказ производителей панелей стеновых для домов каркасного типа.

Для защиты от возможного образования конденсата применяется метод создания вентилируемых фасадов. Для удаления конденсата разработана конструкция стены с воздушной прослойкой. При использовании вентилируемой прослойки, происходит гораздо более быстрое высыхание утеплителя и стены, что приводит к улучшению воздухообмена и повышению термического сопротивления (Рис.2).

Для анализа оптимальных ограждающих конструкций из древесины и панелей стеновых деревянных утепленных наружных и внутренних для домов каркасного типа приводим основные характеристики материала каркаса и изоляционных материалов, используемых при строительстве домов из массивной древесины и панелей для домов каркасного типа (таблице 4).

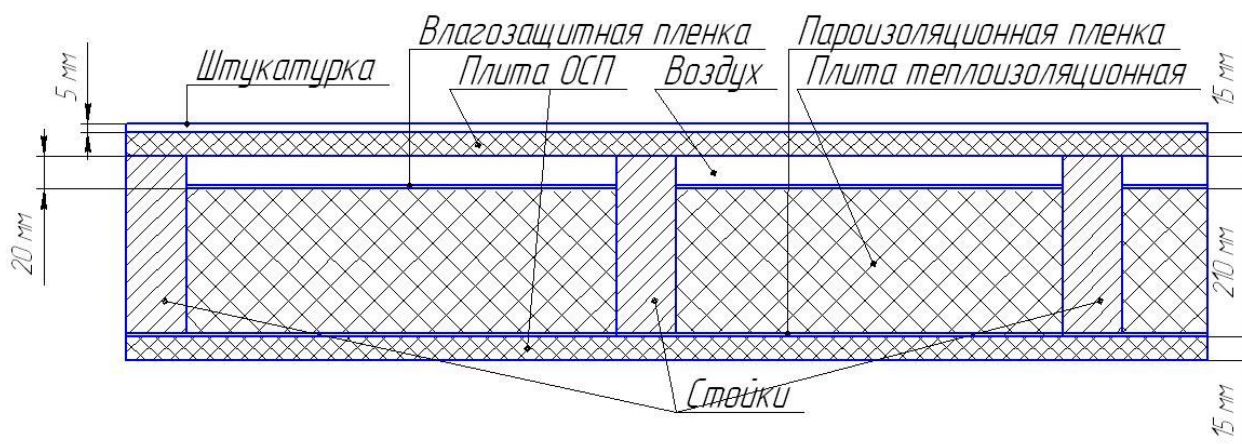


Рисунок 2. – Стеновая панель с утеплением изоляционной древесноволокнистой плитой сухого способа прессования согласно методу Siempelkamp.

Таблица 4 – Тепловые характеристики материалов

Наименование материала	Плотность в сухом состоянии и ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С)		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
Пароизоляция	0,064	-	-	-	-	$R_{п}=8,00$
Древесина 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
Изоляционную древесноволокнистую плиту	40-200	0,037-0,050	0,040-0,053*			
Воздушная прослойка		0,026*				

Произведем расчет данной ограждающей конструкции. Приведенный коэффициент теплопроводности теплоизоляционного слоя с учетом деревянного каркаса и утеплителя:

$$\lambda_{\text{ис}} = \frac{\lambda_1 \cdot F_1 + \lambda_2 \cdot F_2}{F_1 + F_2} = \frac{0,18 \cdot 0,98 + 0,045 \cdot 7,12}{0,98 + 7,12} = 0,061 \text{ Вт/м} \cdot \text{°С} \quad (2)$$

Сопротивление теплопередаче конструкции:

$$R_m = \frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,21} + \frac{0,015}{0,29} + \frac{0,020}{0,026} + \frac{0,210}{0,061} + \frac{0,015}{0,29} + \frac{1}{23} = 4,5 \text{ i } ^2 \cdot \tilde{N}/\hat{A}\delta \quad (3)$$

За счет ветрового и гравитационного давления воздух движется из отверстия в нижней части фасада и выходит в отверстие в верхней части фасада. Благодаря воздушному зазору влага интенсивно испаряется из утеплителя и с воздушным потоком выводится из панели. Для закрепления материалов в стене используются различные профили, кронштейны и другие детали. Поэтому в настоящее время в качестве облицовочного слоя могут применяться различные панели, плитка, листы, гранит и другие материалы.

На панели стеновые деревянные утепленные наружные и внутренние для домов каркасного типа разработаны технические условия. Была разработана методика прочностных расчетов клееных элементов строительных конструкций.

При постановке продукции на производство необходимо выполнить прочностные расчеты и испытать опытную панель на силовом столе. Расчет и испытание проводили по следующей схеме. В качестве прочностной характеристики панели была выбрана расчетная несущая способность конструкции R_d . Определение этой характеристики R_{sup} проводили по СТБ 1591-2005.

Воздействия F , воспринимаемые стеновой панелью, складываются из прямого и косвенного воздействий. Нормативные значения F_k принимали в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07.

Воздействия в зависимости от продолжительности действия классифицируют на постоянные G и временные Q . Временные, в свою очередь, подразделяют на длительные, средней длительности, кратковременные и особые. Для постоянных воздействий, коэффициент вариации которых велик, или которые изменяются в течение срока службы конструкции, устанавливали два нормативных значения: полное (верхнее) $G_{k.sup}$ и пониженное (нижнее) $G_{k.inf}$. Для остальных постоянных воздействий использовали единственное нормативное значения G_k . Для временных воздействий основным является их нормативное значение Q_k . Другие значения временных воздействий определяли через Q_k и коэффициент сочетания ψ_i . Значения коэффициентов сочетаний принимали по СНиП 2.01.07

Методика расчета подробно изложена в работах [1-4]

Расчетные значения нагрузок рассчитывали по формуле

$$T_d = \sum \gamma_{Gj} \cdot G_{kj} + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum \gamma_{Qi} \cdot \psi_{Qi} \cdot Q_{ki} \quad (4)$$

где G_{kj} – нормативные значения постоянных воздействий; Q_{k1} – нормативное значение одного из временных воздействий; Q_{ki} – нормативные значения остальных временных воздействий; γ_{Gj} – коэффициенты надежности для постоянных воздействий; γ_{Qi} – коэффициенты надежности для временных воздействий; ψ_{Qi} – коэффициенты сочетаний.

Определены результаты воздействия: постоянной нагрузки, создаваемой конструкциями дома; временной нагрузки, возникающей в результате нахождения в доме людей и оборудования; снеговой и ветровой временной нагрузки. Для исследуемой стеновой панели максимальная расчетная величина внутренних реакций от всех внешних воздействий T_d равная 0,23 МПа, значительно меньше максимальной несущей способности древесины R_d , величина которой составила 9,8 МПа. Также это условие соблюдается и на смятие: $T_d = 0,2$ МПа, $R_d = 1,1$ МПа.

Стеновую панель домов каркасного типа ОАО «Борисовдрев» испытывали на силовом полу экспериментального корпуса БелНИИС согласно требованиям СТБ 1591-2005. Условия проведения испытаний: температура окружающей среды – (+20)°С, относительная влажность – 67%. Величина расчетной погонной нагрузки на панель при заданной конструкции дома каркасного типа равна 5,06 кН/м, суммарная – 15,18 кН, т. е. условие, заданное в СТБ 1591-2005, выполняется:

$$\frac{R_{\text{sup}}}{R_d} \geq 1 \quad (5)$$

где R_{sup} фактическая несущая способность конструкции.

Выполнив указанные выше расчеты и испытав стеновую панель на силовом столе и удостоверившись в надежности конструкции можно закладывать ее в проектах новых домов.

Стеновая панель в сборе с утеплителем произведенная на филиале «Домостроение» РУП «Завод газетной бумаги» была испытана нагружением опытного образца на соответствие СТБ 1591-2005. Результаты испытаний показали, что условие, заданное в СТБ 1591-2005 выполняется, надежность работы данных конструкций под нагрузкой обеспечивается.

Выводы:

– разработать стандарт определяющий основные и обязательные требования при создании и постановке на производство деревянных строительных конструкций в т.ч. и стеновых ограждающих конструкций утепленных несущих и не несущих для деревянных домов каркасного типа.

– использовать в качестве утеплителя теплоизоляционную древесноволокнистую плиту сухого способа производств для повышения экологической безопасности.

– предусматривать конструктивные и химические методы защиты конструкций в т.ч. и применение паро и влагозащитных пленок во избежании образования конденсата.

– соблюдать требования нормативной документации по прочности и теплоизоляции стеновых панелей при строительстве быстровозводимых деревянных домов каркасного типа для обеспечения их надежности и долговечности.

Список литературы

1. Леонович О. К. Конструктивные и химические методы биозащиты деревянных домов каркасного типа // Архитектура и строительство – Минск: 2013. – №1. – С. 40-43.
2. Снопков, В. Б. Расчет стеновых деревянных утепленных панелей // В. Б. Снопков, О. К. Леонович // Архитектура и строительство. – Минск: 2009. – № 3. – С. 36–40.
3. Леонович, О. К. Расчет дополнительных утеплений ограждающих конструкций зданий и сооружений / О. К. Леонович // Мастерская. Современное строительство. – Минск: 2010. – № 12. – С. 52–57.
4. Леонович О.К. Защита клееных деревянных конструкций (КДК) от биоповреждений в производственных и бытовых условиях. // Мастерская Современное строительство – Минск: 2013. – №100. – С. 184-186.

Abstract

CALCULATION OF TEMPERATURE RESISTANCE AND STRENGTH OF THE WALL PANELS HOUSES FRAME TYPE INSULATION HEAT INSULATION FIBREBOARD

Leonovich O. K.

Summary: In the article the thermotechnical and strength calculation of the enclosing structure for frame type houses. For thermal insulation is proposed to use an environmentally safe thermal fiberboard.