

УДК 666.973.2

EDN [CDVZRZ](#)



Сравнительные эксплуатационные показатели СИП-панелей и панелей с древесно-минеральным заполнением применительно к объектам индивидуального домостроения

Я.С. Макунина*, С.Н. Долматов

Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», д. 31, г. Красноярск, 660037, Российская федерация

*E-mail: makuninayana@mail.ru

Аннотация. Жилищное строительство – это важный сектор народного хозяйства. Приобретение собственного частного дома является мечтой практически каждого человека. На сегодняшний день современному застройщику доступна широкая номенклатура строительных материалов схожего назначения, но совершенно различных по виду компонентов, использованных при производстве этих материалов. В суровых климатических условиях СФО одним из основных показателей строительных материалов, применяемых для ограждающих конструкций, является их теплопроводность. Достижения современной химической промышленности сделали доступными строительные материалы на основе СИП-панелей с заполнением высокоэффективным теплоизолятором – пенополистиролом. Вместе с тем, пенополистирол достаточно сложно назвать материалом с высокими показателями экологичности. Строительство современного дома требует использование материалов природного происхождения с минимальной теплопередачей и высокими показателями безопасности. Целью работы являлось сравнение эксплуатационных показателей СИП-панелей и панелей с древесно-минеральным заполнением применительно к объектам индивидуального домостроения. В результате исследования оказалось, что СИП-панель с заполнителем ДЦК хуже по теплоизоляционным показателям примерно в 3,6 раза чем СИП-панель с пенополистиролом. Также были рассмотрены экологические аспекты возведения дома из традиционных СИП-панелей и панелей с заполнителем в виде древесно-минерального композита.

Ключевые слова: СИП-панели, индивидуальное домостроение, теплопроводность, утеплители, древесно-минеральные композиты, моделирование.

Comparative performance indicators of SIP panels and panels with wood-mineral filling in relation to objects of individual housing construction

Y.S. Makunina*, S.N. Dolmatov

Siberian State University of Science and Technology named after academician M.F. Reshetnev, prospekt imeni gazeta "Krasnoyarsk worker", d. 31, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

E-mail: makuninayana@mail.ru

Abstract. Housing construction is an important sector of the national economy. Buying your own private house is the dream of almost every person. To date, a wide range of building materials of similar purpose, but completely different in type of components used in the production of these materials, is available to a modern developer. In the harsh climatic conditions of the Siberian Federal District, one of the main indicators of building materials used for enclosing structures is their thermal conductivity. The achievements of the modern chemical industry have made available building materials based on SIP panels filled with a highly effective heat insulator - expanded polystyrene. At the same time, styrofoam is quite difficult to call a material with high environmental friendliness. The construction of a modern house requires the use of materials of natural origin with minimal heat transfer and high safety indicators. The purpose of the work was to compare the performance indicators of SIP panels and panels with wood-mineral filling in relation to the objects of individual housing construction. As a result of the study, it turned out that a SIP panel with a DCC filler is about 3.6 times worse in terms of thermal insulation than a SIP panel with expanded polystyrene. Environmental aspects of the construction of a house from traditional SIP panels and panels with filler in the form of wood-mineral composite were also considered.

Keywords: SIP panels, individual housing construction, thermal conductivity, insulation, wood-mineral composites, modeling.

1. Введение

Индивидуальное жилищное строительство (ИЖС) представляет собой форму обеспечения населения жильем путем отдельно строящегося объекта за счет средств граждан и при их участии [1]. Потребность человека в жилище является основным базовым фактором его безопасности и комфорта. Поэтому особенно актуальным направлением в домостроении является малоэтажное индивидуальное строительство, которое специализируется на возведении домов (не более 3-х этажей), построек, мансард, дач и многого другого. Неуклонно растут площади индивидуального жилищного строительства и его доля в общем объеме строительства жилья в субъектах РФ (таблица 1).

Таблица 1. Ввод в действие жилых домов, построенных за счет собственных и привлеченных средств, тыс. м².

Субъект/год	2005	2010	2015	2018	2019	2020
РФ	17530	25518	35203	32421	38503	39802
СФО	1399	2040	3003	2834	3590	3442
Красноярск	160	236	461	323	848	557

То есть в 2005 году частными лицами было построено 160 тыс. м², а в 2020 году – 557 тыс. м², следовательно, показатели ввода в действие жилых домов выросли более чем в 3,5 раза.

По данным Росстата [2] по итогам 2020 года из 82185 тыс. м² введенного в эксплуатацию жилья 39802 тыс. м² или 48% было построено населением за счет собственных сил и средств.

Ввиду того, что Россия занимает первое место в мире по площади, покрытой лесами, и запасы лесного фонда составляют около 80 млрд. м³ (80 % занимают хвойные леса) весомое развитие получила индустрия деревянного домостроения. К тому же, древесина – экологичный, доступный и возобновляемый материал, что еще больше нацеливает на переход от синтетических строительных материалов (ДСП, ДВП, пенополистирол, асбест, фосфогипс, пенополиуретан и др.) к природным.

В условиях динамичного роста темпов и объемов индивидуального жилищного строительства остро встает вопрос о выборе эффективной и недорогой технологии строительства и экологичных строительных материалов. Необходимо разумно

подходить к выбору материалов для несущих и ограждающих конструкций, так как современный рынок богат самыми различными предложениями, которые на первый взгляд могут казаться довольно заманчивыми. Человек, который малоинформирован и не подготовлен, может потратить большое количество средств на покупку материалов, а в последствие, при строительстве, столкнуться с рядом трудностей, которых можно было бы вовсе избежать. Чтобы такого не допускать, при проектировании необходимо обращать внимание на важные требования: тепловая защита здания, защита от переувлажнения, эффективность расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, надежность и долговечность конструкции, пожаро- и огнестойкость. В современном обществе решающим фактором, как бы это печально не звучало, является в первую очередь не безопасность, а финансовая сторона, поэтому в погоне за менее затратным вариантом строительства, многие, при выборе материалов, не обращают свое внимание на важные характеристики и показатели.

2. Цель исследования

Сравнение экологических и эксплуатационных характеристик СИП-панелей и панелей с древесно-минеральным заполнением и обоснование возможности использования ДЦК в качестве заполнителя.

3. Методы и материалы исследования

Весьма популярным строительным материалом на рынке является СИП-панель. Это композитный строительный материал, состоящий из трех слоев [3]. В быту чаще можно встретить другое его название – панель-сэндвич. По бокам панели располагаются, так называемые, ориентированно-стружечные плиты (ОСП), которые изготавливаются из измельченной на щепу древесины [4] и связующих веществ, а в середине, между ними, располагается утеплитель. В основном, в качестве утеплителя, используют пенополистирол (ППС) или пенополиуретан (ППУ). Пенополистирол – это легкий жесткий материал, который имеет ячеистую структуру, в следствие чего обладает низкой теплопроводностью. Пенополиуретан – это строительный материал, имеющий пористую структуру и состоящий из инертной газовой фазы.

Представленные утеплители являются усовершенствованными аналогами знакомого всем пенопласта. Именно благодаря низкой теплопроводности, дешевизне и

легкости, этим сэндвич-панелям отдают предпочтение при строительстве малоэтажных домов, мансард, крыш, перекрытий и др. Постройки являются быстровозводимыми за счет ускоренного монтажа стандартных панелей крупного размера (до 3×2,5 метра), изготовленных в условиях завода и доставленных на строительную площадку.

Эти панели легко выдерживают резкие перепады температур, поддерживая гармоничную температуру круглый год: летом прохладно, зимой тепло [5].

Перечисленные выше преимущества являются очень заманчивыми для большинства потребителей. Заводы выпускают СИП-панели определенных размеров, которые можно соединить только под углом 90 градусов. Для того, чтобы изготовить панели под другим углом потребуется значительная доработка. Что касается пожарной безопасности то, что бы ни говорили производители о высокой пожаростойкости и негорючести утеплителей, не стоит этому с ходу верить. Возможно, благодаря заполнителям всех пустот, пожар не приобретет огромную силу, но малейшее возгорание утеплителя приведет к выбросу химических веществ в воздух. Общеизвестный факт заключается в том, что люди погибают, не сгорая в огне, а задохнувшись продуктами горения. Огнестойкости у СИП-панелей практически нет, если утеплитель сгорит, то несущие конструкции, а именно, ОСП, под действием нагрузок выгнутся и стены рухнут. Также у сэндвич-панелей отсутствует звукоизоляция, так как ППС и ППУ не являются ни звукопоглощающими, ни звукоотражающими материалами. Так что, какая никакая звукоизоляция достигается только за счет ориентированно-стружечных плит. Еще одним важным критерием является долговечность конструкций. Сам по себе пенопласт разрушается от времени и контакта с воздухом, но этот критерий до конца не изучен. В литературе можно найти, что срок службы таких построек максимум 50 лет [6].

Качественный монтаж является важным правилом при строительстве из СИП-панелей, так как любое нарушение эксплуатации сокращает срок службы любого материала, а данные панели не имеют огромного запаса прочностных характеристик, как например, дерево или кирпич.

Мир не стоит на месте и, в свою очередь, технологии производства также постоянно меняются и совершенствуются. На смену старому неизменно приходит что-то новое. Например, пенопласт, который чаще всего использовался для безопасной транспортировки продуктов и изделий, эволюционировал в более усовершенствованные

материалы (ППС, ППУ). Однако, не смотря на высокие эксплуатационные показатели, данный материал является экологически небезопасным, так как процесс полимеризации не дает сто процентных результатов. ППС и ППУ продолжают содержать токсичные вещества, которые выделяются в процессе разложения материалов под влиянием света, кислорода, озона, воды, тепла и др. Воздействие выделяющихся веществ на организм человека очень существенно и может привести к серьезным последствиям.

Принципиальная идея быстровозводимых зданий частного индивидуального строительства на основе крупнопанельных технологий весьма перспективна, поскольку позволяет в несколько раз сократить время возведения ограждающих конструкций, по сравнению, например, со строительством из стандартных строительных блоков [7]. Это говорит о том, что конструкцию из СИП-панелей тоже можно усовершенствовать. Учитывая то, что основные негативные качества (высокая горючесть, недостаточная теплоемкость, низкая шумоизоляция, неэкологичность) СИП-панель приобретает из-за наполнителя в виде пенопласта, стоит рассмотреть альтернативные варианты ее наполнения.

Например, можно заменить стандартный утеплитель на древесно-минеральный композит (ДМК) и сравнить свойства и характеристики полученных панелей с уже имеющимися.

Древесно-минеральный композит представляет собой разновидность легкого бетона с малым объемным весом, повышенными теплоизоляционными свойствами, достаточной механической прочностью и огнестойкостью. Так как в состав ДМК входит цемент чаще можно встретить другое его название – древесно-цементный композит (ДЦК). ДЦК изготавливают из смеси древесного заполнителя, неорганического вяжущего и воды. Для ускорения твердения растворов, а также для минерализации древесных частиц в смесь добавляют различные химические вещества [8]. ДЦК имеет достаточно высокие эксплуатационные и экологические показатели и может быть использован как конструкционно-теплоизоляционный в виде блоков, плит, панелей [9].

Кроме того, организация производства ДЦК является эффективным направлением в деле полного использования заготавливаемой древесины. Так же, важным показателем служит способность менять свойства композитных материалов,

изменяя размер и геометрию элементов, а также комбинируя виды вяжущих или клеевых составов [10].

Стеновые ограждающие конструкции, выполненные из древесно-цементного композита, имеют высокие теплоизоляционные показатели и могут быть успешно применены для индивидуального жилищного строительства. Нормативная величина сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций для разных климатических условий будет различна. Расчеты, проведенные в статье [11] показывают, что стена из ДЦК в виде арболита и вставками из экструзионного пенополистирола не обеспечивает выполнение нормативных требований. Поэтому существует необходимость многослойной конструкции с высокоэффективными утеплителями.

Однако в случае использования ДЦК для производства стеновой панели, в качестве альтернативы стандартной СИП-панели с заполнением пенопластом показатели тепловой эффективности будут отличаться от таковых в случае монолитного или блочного строительства, поэтому необходимо исследовать режим теплопереноса в таких панелях.

Объектом исследования являлось определение показателей тепловой эффективности ограждающей конструкции из двух вариантов, имеющих в качестве боковых стенок ориентированно-стружечные плиты, а по середине – утеплитель. Первый вариант представлял собой СИП-панель с утеплителем в виде пенополистерола, второй – арболита, изготовленный на основе древесной щепы – дробленки. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче основан на представлении фрагмента теплозащитной оболочки в виде набора независимых элементов, каждый из которых влияет на тепловые потери через фрагмент. Удельные потери теплоты, обусловленные каждым элементом, находятся на основе сравнения потока теплоты через узел, содержащий элемент, и через тот же узел, но без исследуемого элемента [11].

Показатели плотности, теплопроводности материалов принимаем усредненными по ГОСТ [12, 13, 14], данные представлены в таблице 2.

Таблица 2. Коэффициенты теплопроводности материалов.

Материал	Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/Км
Пенополистирол	47 кг/м ³	0,034

ДЦК (арболит)	500 кг/м ³	0,17
Ориентированно-стружечная плита	650 кг/м ³	0,12

Расчеты производились с помощью компьютерной программы Elcut, используемой для проведения инженерного анализа и двумерного моделирования методом конечных элементов (МКЭ) [15].

Результаты, полученные при расчетах, представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты расчетов.

Локальные значения	Материалы	
	Пенополистирол	ДЦК (арболит)
	Расчетные данные	
Площадь поверхности	0,25 м ²	0,25 м ²
Тепловой поток	4,6 Вт	16,7 Вт
Средняя температура поверхности	-39°С	-37°С
Теплопроводность на 1 м ²	18,4 Вт/м ²	66,8 Вт/м ²

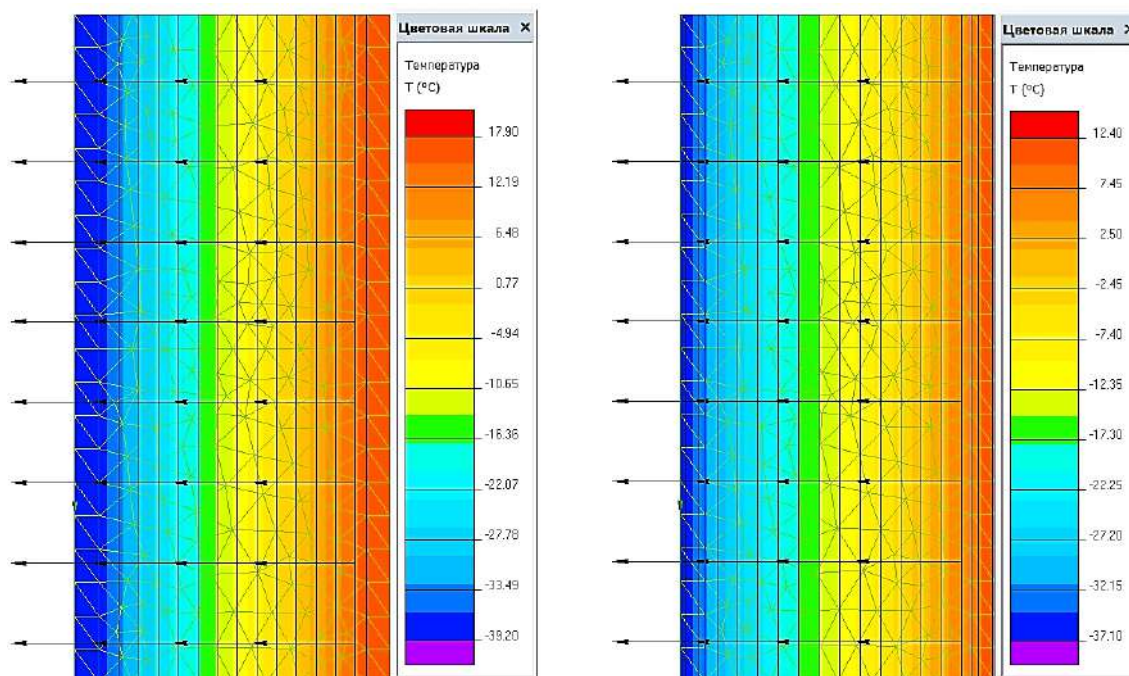


Рисунок 1. Тепловые поля и величина теплового потока в программе Elcut: слева СИП-панель с пенополистиролом, справа СИП-панель с ДЦК (арболит).

Исходя из данных, представленных в таблице 2, можно сделать вывод, что теплопроводность СИП-панели с наполнителем из ДЦК в 3,6 раза выше, чем

теплопроводность СИП с наполнителем из пенополистирола. СИП-панель с использованием утеплителя из арболита выбранной толщины будет уверенно выполнять требования механической прочности, но для отопления объекта, построенного из таких панелей, потребуется гораздо большее количество энергии, чем для панелей с использованием пенополистирола. Чтобы снизить затраты на отопление, следует увеличить толщину утеплителя, чтобы параметры стали приблизительно равны. Для принятого наполнителя из ДЦК толщина утеплителя панели составит 262 мм (рисунок 2), с учетом листов OSB, общая толщина конструкции 286 мм (тепловой поток будет составлять 7,9 Вт). Сравнивая показатели стандартной СИП-панели и панели сопоставимой теплопередачи из ДЦК можно сделать вывод, что увеличится масса панели и ее габаритные размеры. В качестве положительных свойств можно указать существенное увеличение тепловой инерции панели и ее практическую негорючесть, а также высокую экологичность.

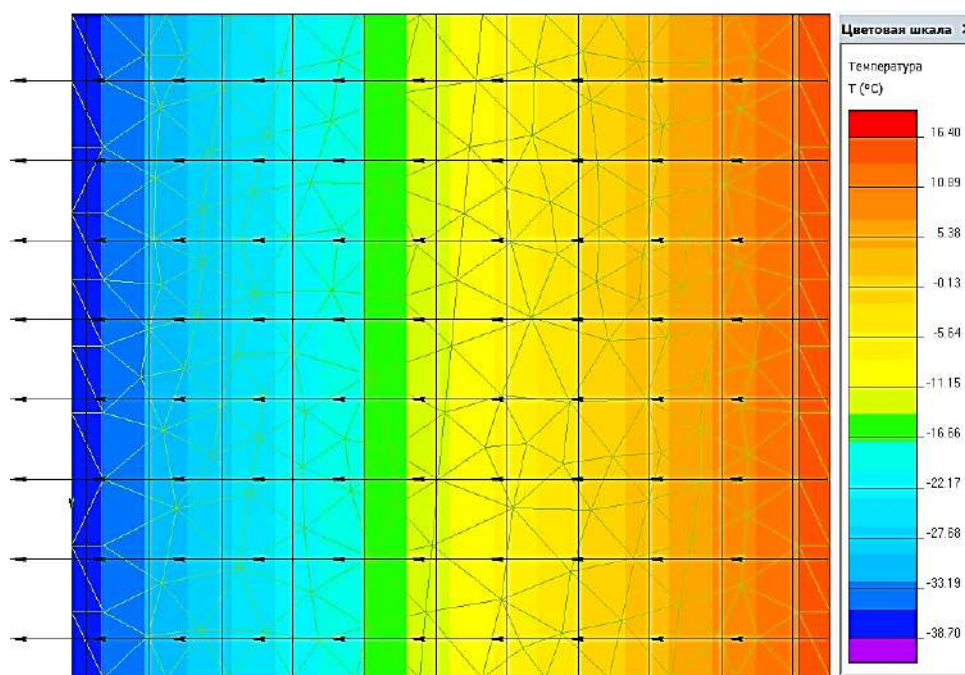


Рисунок 2. Тепловые поля и величина теплового потока в программе Elcut: СИП-панель с ДЦК (арболит) толщиной 286 мм.

Что касается пожарной безопасности то, ситуация с классическими СИП-панелями далеко не однозначна. С одной стороны, формально СИП-панель выполняет

требования по горючести и, как и другие конструкции, использующие в своем составе дерево, относится к одному классу пожарной опасности КЗ-пажароопасные. С другой, в плане токсичности продуктов горения или даже продуктов, выделяющихся при нагреве, СИП-плита достаточно опасна. Основным и весьма существенным недостатком пенополистирола является малая термостабильность и высокая горючесть (класс Г3, Г4), что сопровождается токсичностью продуктов горения. Доказано, что при горении пенопласта на площади $1,7 \text{ м}^2$ при толщине плиты 3 см, создается смертельная для человека концентрация высокотоксичных (группа Т3-Т4) продуктов горения [16].

4. Выводы

Ускорение темпов возведения жилых зданий на основе технологии крупнопанельного строительства – современный тренд жилищного строительства. При этом возникает необходимость разработки конструкции строительных панелей, обладающих хорошими теплоизоляционными показателями, звуко- и шумоизоляционными свойствами, экологичностью, пожаростойкостью.

Программы физического моделирования на основе метода конечных элементов позволяют аналитическим путем определить показатели термического сопротивления ограждающих конструкций. В том числе СИП-панелей с различным наполняющим материалом. Расчетная величина показателя тепловых потерь для СИП-панели толщиной 150 мм в зависимости от вида наполнителя составила $18,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ (наполнитель – пенополистирол) $66,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ (наполнитель из древесно-цементного композита). Теплопроводность СИП-панели с наполнителем из ДЦК в 3,6 раза выше, чем теплопроводность СИП с наполнителем из пенополистирола. Для обеспечения сопоставимых показателей теплопроводности СИП-панелей толщина ДЦК наполнителя должна составлять не менее 286 мм.

В качестве факторов, ограничивающих применение классических СИП-панелей с наполнителем из пенополистирола можно отметить: низкую температурную стойкость, чрезвычайную токсичность продуктов горения, недостаточная массивность и тепловая инерционность, слабые показатели звуко- и виброизоляции, высокие требования к монтажу.

Список литературы

1. Трошин, А.С. Индивидуальное жилищное строительство Белгородского региона – анализ и прогнозы / А.С. Трошин, Я.Ю. Бондарева, А.Н. Когтева // Научный результат. Экономические исследования. – 2017. – № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/individualnoe-zhilischnoe-stroitelstvo-belgorodskogo-regiona-analiz-i-prognozu> (дата обращения: 01.11.2022).
2. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021: Р32 Стат. сб. / Росстат. – М., 2021. – 1112 с.
3. СП 31-105-2002 «Проектирование и строительство энергоэффективных одноквартирных жилых домов с деревянным каркасом».
4. СП 64.13330.2011 «Деревянные конструкции».
5. Сушко, Е.А. Особенности пожарной безопасности строений из СИП-панелей / Е.А. Сушко, К.А. Складов, В.Н. Дурукин // Современные проблемы гражданской защиты. – 2017. – № 1(22). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-pozharnoy-bezopasnosti-stroeniy-iz-sip-paneley> (дата обращения: 27.10.2022).
6. ТУ 5367-001-63589637-2013 «Панели трёхслойные с облицовками из ориентированностружечных плит типа OSB и утеплителем из пенополистирола».
7. Казаков, Ю.Н. Технологии быстрого строительства экономичных малоэтажных жилых домов на основе оптимизированных легких сэндвич-панельных систем / Ю.Н. Казаков // Academia. Архитектура и строительство. – 2017. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-bystrogo-stroitelstva-ekonomichnyh-maloetazhnyh-zhilyh-domov-na-osnove-optimizirovannyh-legkih-sendvich-panelnyh-sistem> (дата обращения: 07.11.2022).
8. Качелкин, Л.И. Производство строительных материалов из отходов лесозаготовок / Бухаркин В. И., Свиридов С. Г., Терновская Г. В. [и др.]. – Москва, 1967. – 77 с.
9. Долматов, С.Н. Исследование показателей теплопроводности древесно-цементных композитов / С.Н. Долматов, А. В. Никончук // Хвойные бореальной зоны. – 2019. – Т. 37. – № 5. – С. 341-346. – EDN VLCBPP.
10. Ковалев, Р.Н. Анализ сырьевого потенциала поврежденных лесов красноярского края в целях промышленного производства древесно-цементных композитов /

- Р.Н. Ковалев, С.Н. Долматов // Хвойные бореальной зоны. – 2021. – Т. 39. – № 6. – С. 483-491. – EDN QWQHGO.
11. Долматов, С.Н. Исследование тепловой эффективности ограждающих конструкций из древесно-цементных композитов / С.Н. Долматов, П.Г. Колесников // Хвойные бореальной зоны. – 2021. – Т. 39. – № 4. – С. 294-299. – EDN CXUKFH.
 12. ГОСТ 15588-2014 «Плиты пенополистирольные теплоизоляционные».
 13. ГОСТ 10632-89 «Плиты древесностружечные».
 14. ГОСТ 19222-84 «Арболит и изделия из него. Общие технические условия».
 15. Моделирование двумерных полей методом конечных элементов ELCUT Руководство пользователя. ООО «Тор» Санкт-Петербург, 2012.
 16. Калинин, Б.Ю. Токсикология и санитарная химия летучих продуктов термической, термоокислительной и механодеструкции пластмасс / Б.Ю. Калинин. – Москва, НИИТЭХИМ, 1978. - 44 с.