

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2020, №4, Том 12 / 2020, No 4, Vol 12 <https://esj.today/issue-4-2020.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/47SAVN420.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Коркишко А.Н., Глухих Д.И., Клыков Р.Ф. Древесный пенопласт. Обзор материала и возможности применения в российском производстве // Вестник Евразийской науки, 2020 №4, <https://esj.today/PDF/47SAVN420.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Korkishko A.N., Glukhikh D.I., Klykov R.F. (2020). Wood foam. Material review and application in the Russian production possibilities. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 4(12). Available at: <https://esj.today/PDF/47SAVN420.pdf> (in Russian)

УДК 691.11

ГРНТИ 67.09.41

Коркишко Александр Николаевич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Строительный институт
Заведующий базовой кафедры «Газпромнефть»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: alexandr.korkishko@mail.ru

Глухих Дмитрий Игоревич

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», Тюмень, Россия
Политехническая школа
Магистрант
E-mail: gluhihdmitry@gmail.com

Клыков Руслан Фахрадинович

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Строительный институт
Магистрант
E-mail: Klykov.rf@gmail.com

Древесный пенопласт. Обзор материала и возможности применения в российском производстве

Аннотация. Актуальность заботы об экологии нарастает с каждым годом. Словосочетание «зеленый дом» все чаще слышится от строителей. Тенденция развития защиты и сохранения окружающей среды придает потенциал древесному пенопласту – экологически чистому новому материалу. В будущем он может стать заменой для многих синтетических изделий в сфере изоляционных и упаковочных материалов. Но возможно ли его применение в суровых сибирских условиях? Как влияет природа на материал?

С 2015 года разработкой древесного пенопласта занимается Институт исследований древесины им. Фраунгофера в Брауншвейге, Германия. Появление и развитие материала иллюстрирует потенциал древесины в совершенно новом ракурсе. Авторами – магистрантами Тюменского Государственного и Тюменского Индустриального университета были запрошены и получены образцы для анализа возможности применения древесного пенопласта в районах Сибири и Урала.

Авторами представлены результаты исследования древесного пенопласта в западной Сибири, г. Тюмень, его физические свойства, а также характер воздействия природных

факторов. В статье рассмотрены нюансы производства и потенциал модернизации материала. Авторами выделены преимущества древесного пенопласта перед пенопластом на основе нефтехимических продуктов, основными из которых является экологичность и безвредность.

В статье представлен ориентировочный расчет себестоимости кубического метра древесного пенопласта и произведено сравнение себестоимости кубического метра древесного пенопласта и себестоимости кубического метра пенопласта ППС-10. В расчете показано, что древесный пенопласт в производстве более дешев, чем пенопласт ППС-10.

Для читателей определен ряд недостатков материала и возможные пути их решения. Представлен анализ аспектов возможности внедрения древесного пенопласта в российское производство в отрасль строительных материалов и упаковочной промышленности. Сделаны выводы о наиболее успешном пути внедрении материала на отечественный рынок в отрасль строительных материалов. Первые шаги внедрения нацелены на частного застройщика и домовладельца.

Ключевые слова: изоляционные материалы; пенополистирол; древесный пенопласт; новые материалы; изоляция; экология

Актуальность заботы об экологии нарастает с каждым годом. Словосочетание «зеленый дом» все чаще слышится от строителей. Тенденция развития защиты и сохранения окружающей среды придает потенциал древесному пенопласту.

Пенопласт на основе нефтехимических продуктов широко распространен на строительном рынке. Не менее востребован в качестве упаковочного материала. Но он имеет существенный недостаток – неэкологичность. Эта проблема затрагивалась во многих работах, связанных с синтетическими связующими [например, 1–3].

Новый материал – древесный пенопласт – выполнен полностью из возобновляемого природного ресурса и, как и само дерево, разлагается в природе в относительно короткие сроки. По своим свойствам он способен заменить существующий нефтехимический продукт, который практически не перерабатывается естественным путем. В будущем он может стать заменой для многих синтетических изделий.



Рисунок 1. Образцы древесного пенопласта (фото автора)

Появление и развитие материала иллюстрирует потенциал древесины в совершенно новом ракурсе. Но возможно ли его применение в суровых сибирских условиях? Как влияют на материал насекомые, влажность, перепады температур? Этими вопросами задались магистранты тюменских университетов.

С 2015 года разработкой древесного пенопласта занимается Институт исследований древесины им. Фраунгофера в Брауншвейге, Германия. Магистрантами Тюменского Государственного и Тюменского Индустриального университета были запрошены и получены образцы для анализа возможности применения древесного пенопласта в районах Сибири и Урала, где годовые перепады температур могут составлять более 70 °С. Полученные кубы древесного пенопласта представлены на рисунке 1.

1. Что такое древесный пенопласт?

Древесный пенопласт – материал на основе древесины с открытой структурой, низкой плотностью и высокоизолирующими свойствами. В виде плиты он может выступать в качестве звуко- или теплоизоляции. Материал будет уместен в многослойных конструкциях – это легкие средние слои в сэндвич-панелях для мебели, дверей или в комплектных стеновых элементах.

Другое из наиболее вероятных применений – замена пенополистирольных материалов в упаковках. Как и пенополистирол, древесный пенопласт может принять любую заданную форму при изготовлении, он достаточно легкий и прочный для сохранения товара при транспортировке. В то же время он безвреден для природы и человека и легко утилизируется.

Древесный пенопласт состоит полностью из древесных волокон. Связующие силы образуются исключительно из природных свойств древесного волокна, они возникают в процессе изготовления материала. Смолы, связующие вещества или клеи не участвуют. Вред для здоровья от выброса веществ исключен. Материал разлагается в природе естественным путем, как и древесина.

Сырьем может быть древесина лиственных или хвойных пород, а также любой другой источник ценных биологических волокон, включая сельскохозяйственные отходы.

Процесс изготовления схож с производством бумаги или картона. Для начала древесную щепу превращают в волокна. Затем их смешивают с водой, получая тонко измельченную суспензию. Далее суспензию вспенивают с помощью череды химических и физических реакций. Прочность изделия определяется силами связывания самих древесных волокон.

Вспененную суспензию затем сушат конвекцией при 130 °С в течение получаса, затем выдерживают при 70 °С в течение ночи. В результате получается жесткая структура с низкой плотностью, благодаря губчатым порам. До сих пор производились образцы плотностью от 40 до 200 кг/м³. Плотность варьируется в зависимости от количества нагнетаемого воздуха и, следовательно, от коэффициента пористости.

Два механизма удерживают структуру вместе. Одним из них является естественное химическое связывание между древесными волокнами. Второй – физическое закрепление – нити волокон запутываются между собой.

Благодаря сочетанию этих двух механизмов древесный пенопласт с относительно высокой механической прочностью может быть получен без применения клея.

Продвижение древесного пенопласта актуально особенно в рамках тенденций развития защиты и сохранения окружающей среды. Экологичные подходы в промышленности и строительстве рассматриваются в разных статьях [например, 4–7]. В будущем он может стать

заменой для многих изделий, изготовленных из пластмасс или других искусственных материалов.

2. Результаты проведенных испытаний

Испытаниям в России подверглись полученные образцы древесного пенопласта из бука и сосны разной плотности от 30 до 115 кг/м³. Целью испытаний было определить фактические характеристики полученных образцов древесного пенопласта, а именно прочность на сжатие, водопоглощение и теплопроводность. Определить степень ухудшения теплоизоляционных свойств при замачивании. Определить степень влияния природных факторов на образцы.

Прочность. Испытанию на прочность подверглись три образца: пена из бука (58 кг/м³), пена из сосны (61 кг/м³, 115 кг/м³). Выявилась зависимость прочности на сжатие от плотности и вида пенопласта.

Механическая прочность зависит от плотности пены: чем выше плотность, тем ближе волокна друг к другу и тем прочнее собственные связи древесных частиц. Длина древесного волокна также увеличивает механическую прочность. При высокой плотности сосновая пена с более длинными волокнами превосходит буковую пену по прочности на сжатие.

Сосна высокой плотности 115 кг/м³ достигает прочности на сжатие более 200 кПа при уплотнении 10 %; для бука этот показатель составляет 145 кПа. Эти цифры можно увеличить, добавив связующие, например, полиуретан.

Зависимость прочности на сжатие от плотности для древесных пен из бука и сосны приведены на рисунке 2.

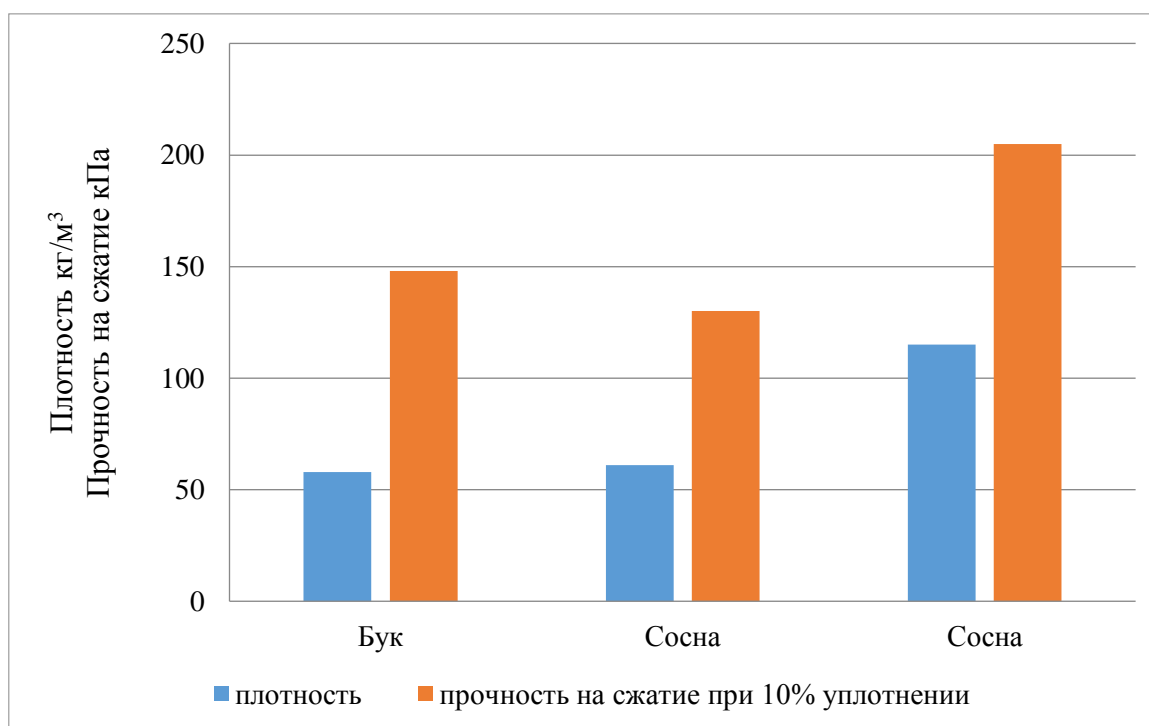


Рисунок 2. Зависимость прочности на сжатие древесной пены от плотности (разработано автором)

Теплоизоляционные свойства. Одним из возможных применений древесного пенопласта является теплоизоляция.

Теплопроводность по результатам зависит только от плотности пены; порода дерева не имеет никакого влияния. Теплопроводность может составлять всего 0,036 Вт/мК для пены с плотностью 45 кг/м³.

На рисунке 3 приведен график сравнения теплопроводностей древесного пенопласта и полистирола в зависимости от плотности. На графике видно, что древесный материал может составить конкуренцию полистиролу в области теплоизоляции. Их характеристики при схожих плотностях примерно равны.

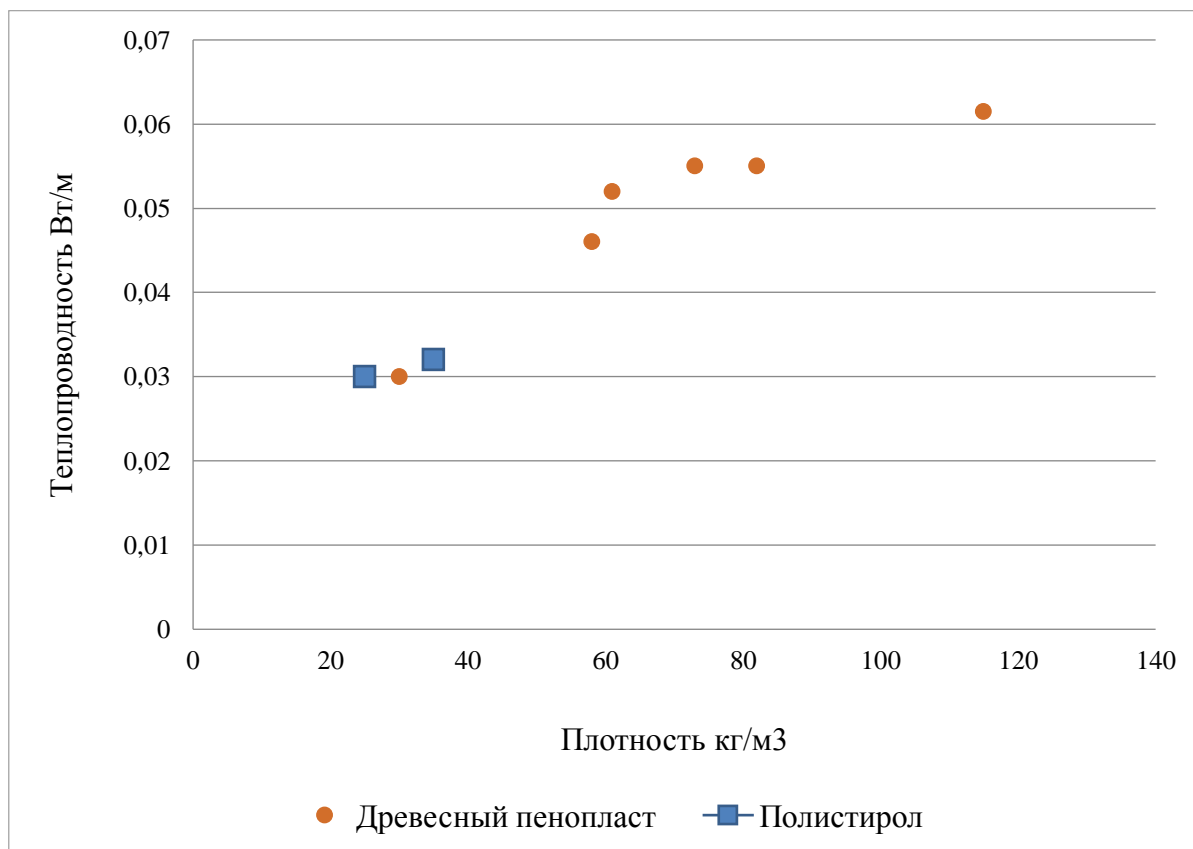


Рисунок 3. График сравнения теплопроводностей древесного пенопласта и полистирола в зависимости от плотности (разработано автором)

Водопоглощение. Водопоглощение древесного пенопласта в чистом виде высокое. Его структура с открытыми порами напоминает губку, однако, при намокании не разбухает. Увеличение в размерах через 24 часа в холодной воде составило до 1 %.

Намоченные образцы были проверены на теплопроводность. Кубы древесной пены из сосны плотностью 73 и 115 кг/м³ показали потери теплоизоляции в размере 68 % и 56 % соответственно. После полного высыхания теплоизоляционные свойства вернулись к 95 % от исходных параметров.

Следственно, поглощение воды является существенным недостатком. Это влечет снижение изолирующих свойств и возможное образование грибка.

Одним из решений этой проблемы является добавление цемента на этапе приготовления пенопласта. 10 % добавленного цемента снизило водопоглощение пенопласта из сосны с 310 г/см² до 38 г/см². Однако, плотность выросла со 115 кг/м³ до 186 кг/м³, а теплоизоляционные характеристики ухудшились на 54 %. Сравнение характеристик водопоглощения представлено на рисунке 4.

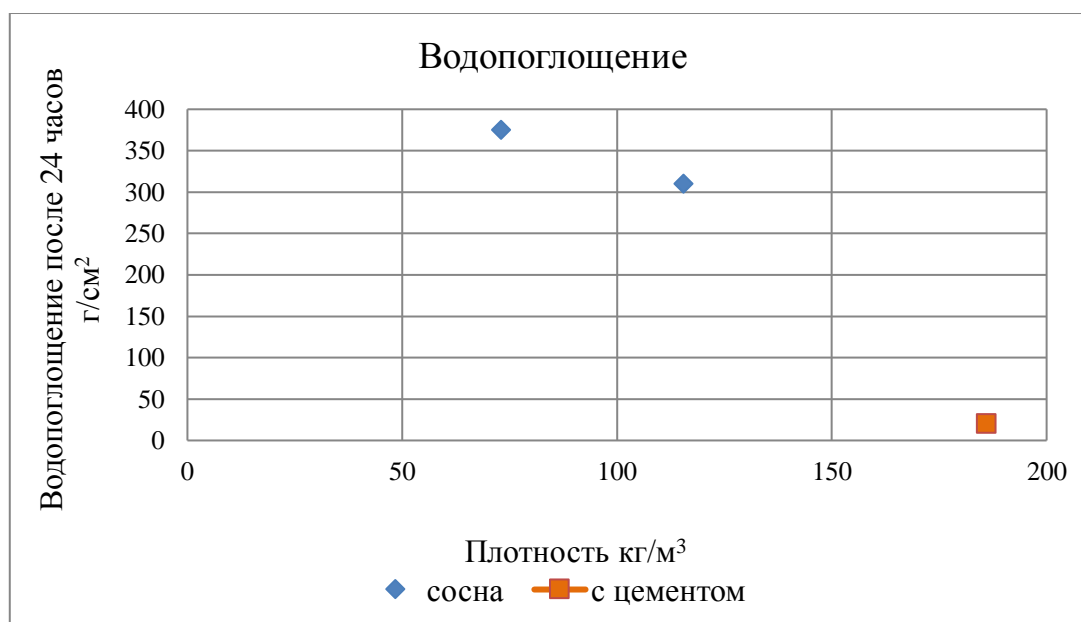


Рисунок 4. Водопоглощение древесного пенопласта (разработано автором)

Дальнейшие исследования будут направлены на уменьшение водопоглощения за счет покрытия уже готового древесного пенопласта различными веществами.

Одним из возможных вариантов является покрытие пенопласта эпоксидной смолой ЭД-20. Даже тонкий слой смолы позволит закупорить поры и избежать поглощения воды в столь значительных объемах.

Устойчивость к климату и природным воздействиям. Три образца древесного пенопласта были помещены в неотапливаемое чердачное помещение на 6 месяцев. Кубы воспринимали солнечный свет (через стекло) и перепад температур. За время наблюдения перепад температур составил 63 °С. Максимальная отрицательная температура -27 °С, максимальная положительная +36 °С. Влажность изменялась от 78 % в зимний период до 28 % в летний.

Изменение структуры, потеря плотности и теплоизоляционных свойств не наблюдается. Интерес насекомых и их негативное воздействие замечено не было.

Отсутствие избыточной влаги в помещении, естественное проветривание позволили сохранить исходное состояние древесному пенопласту. Следующий этап испытаний включает в себя наблюдение за образцом древесного пенопласта плотностью 82 кг/м³ в месте с повышенной влажностью.

Образец помещен в неотапливаемое подполье хозяйственной постройки, где на поверхностях часто выпадает конденсат. Результаты наблюдений будут представлены в дальнейших статьях. Характеры изменения структур, возможное образование плесени и грибка определяют направление дальнейшей модернизации древесного пенопласта.

Огнестойкость. Испытания на огнестойкость по российским регламентам еще не проводились. В соответствии с европейскими EN ISO 9239-1 присвоена категория В2 для древесного пенопласта в чистом виде.

Образцы материала из разных пород древесины дали одинаковые результаты. Для повышения характеристик возможно комбинирование с другими материалами. Также целесообразно провести исследования с другими известными средствами, повышающими

огнеустойчивость материалов из древесины. Примеры таких средств и их изучение представлены в работах [8–10].

Звукопоглощение. Открытая пористая структура дает древесной пене превосходные свойства в качестве поглотителя звука. Древесный пенопласт даже высокой плотности показывает достойные значения: например, 30-миллиметровый образец 150 кг/м^3 , изготовленный из соснового волокна, соответствует эксплуатационным характеристикам пенополистирола.

При более низких плотностях преимущество над полистиролом более заметно: образцы буковой пены толщиной 30 мм плотностью 70 кг/м^3 дают поглощение, аналогичное толщине полистирола 80 мм.

Полученные образцы не испытывались в акустической камере на предмет определения звукоизоляционных свойств. На рисунке 5 представлен график с результатами испытаний древесного пенопласта, предоставленными Институтом исследований древесины им. Фраунгофера.

На графике приведены полученные в Германии зависимости коэффициентов звукопоглощения от частоты Гц для пенополистирола, древесного пенопласта из бука и сосны.

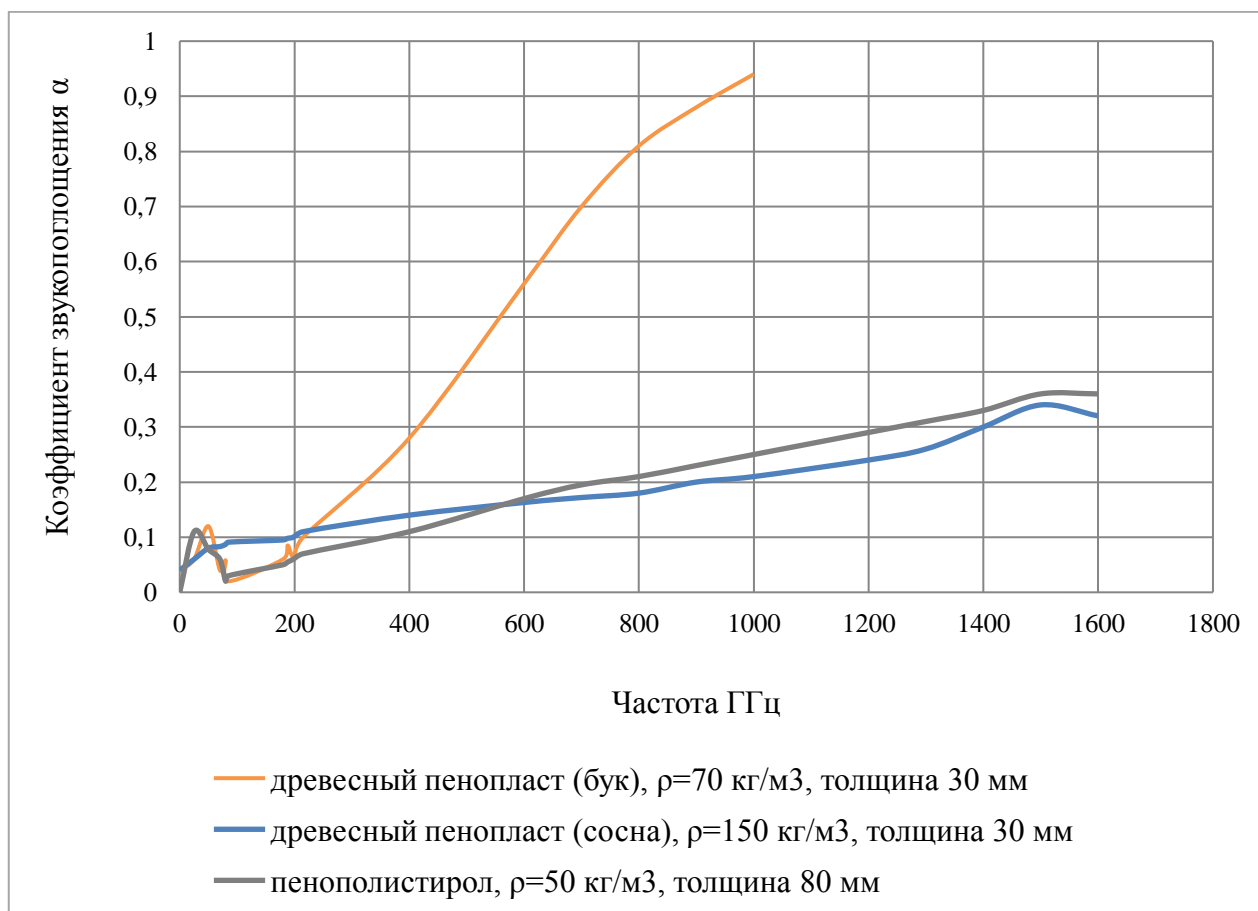


Рисунок 5. Зависимости коэффициентов звукопоглощения от частоты Гц для пенополистирола толщиной 80 мм, древесного пенопласта толщиной 30 мм из бука и сосны (разработано автором на основе данных, предоставленных Институтом исследований древесины им. Фраунгофера, Германия)

Комбинирование с другими материалами. Для улучшения и оптимизации свойств для определенной сферы применения древесный пенопласт комбинируется с другими материалами.

Специалисты института им. Фраунгофера представили три комбинированных материала:

- сэндвич-панель: древесный пенопласт с армированным текстилем бетоном;
- древесный пенопласт с металлическим скелетом-губкой «HoMe-foam»;
- сэндвич-панель: древесный пенопласт с металлическим скелетом-губкой и алюминиевыми пластинами «HoMe-foam sandwich».

Перечисленные материалы представлены на рисунке 6.

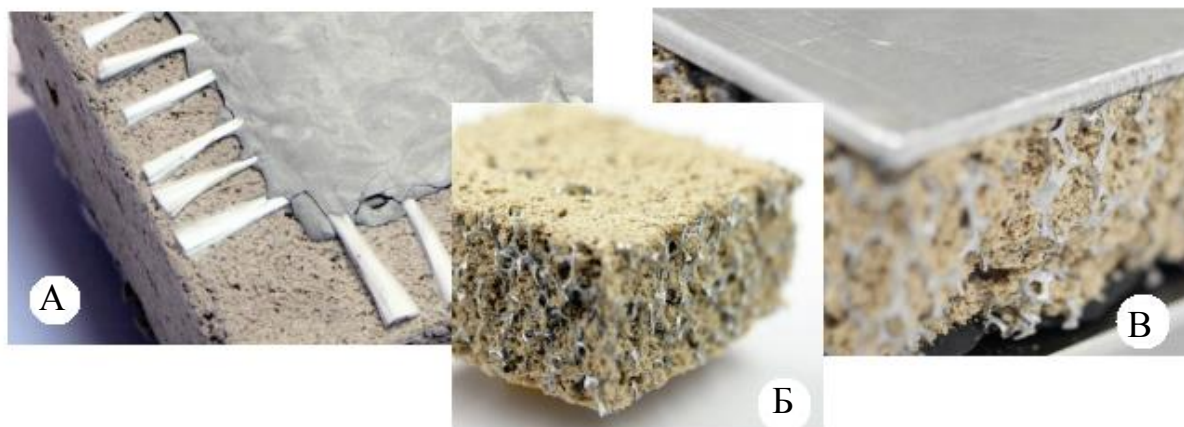


Рисунок 6. Комбинированные материалы: А – сэндвич-панель: древесный пенопласт с армированным текстилем бетоном; Б – древесный пенопласт с металлическим скелетом-губкой «HoMe-foam»; В – сэндвич-панель: древесный пенопласт с металлическим скелетом-губкой и алюминиевыми пластинами «HoMe-foam sandwich» (коллаж разработан авторами. Фото предоставлены Институтом исследований древесины им. Фраунгофера, Германия)

3. Интеграция древесного пенопласта в отечественное производство

На пути интеграции возникает ряд трудностей. Годовой перепад температур, воздействие насекомых остается возможной угрозой. Опасность природного воздействия будет оцениваться с дальнейшим наблюдением.

Более серьезная проблема – высокая конкурентность на рынке изоляционных материалов. Обуславливается рядом недавно открытых производств пенополистирольных изделий и нефтеперерабатывающих заводов, таких как ЗапСибНефтехим.

Наряду с консерваторскими настройками крупных застройщиков, которые так же отметил проректор СПбГУ Боровков Алексей Иванович, интегрировать древесный пенопласт в отечественное строительное производство в ближайшее время не представляется возможным.

Начинать реализацию стоит с частного застройщика. В случае, если материал зарекомендует себя на рынке частного домостроения, можно направляться к крупным девелоперам, предварительно разработав технические регламенты и узлы конструкций.

Для интеграции древесного пенопласта необходима конкурентоспособная себестоимость. Без налаженного коммерческого производства себестоимость материала оценить трудно. Возможна лишь ориентировочная оценка.

Сравнительный расчет себестоимости пенопласта ППС-10 и древесного пенопласта плотностью 60 кг/м³ приведен в таблице 1 и 2. Коэффициенты теплопроводности для пенопласта ППС-10 и древесного пенопласта плотностью 60 кг/м³ составляют 0,044 Вт/мК.

Таблица 1

Расчет себестоимости 1 м³ пенопласта марки ППС-10

Наименование	Ед. измерения	Цена	Количество	Сумма
ПСВ-с	кг	129 руб.	10	1290 руб.
Электроэнергия	1/кВт*час	5,75 руб.	1	5,75 руб.
Зарплата	руб.	60		60 руб.
Прочие расходы	руб.	10		10 руб.
ИТОГО себестоимость 1 м ³				1365,75 руб.
Цена продажи в Тюмени: опт/розница (опт от 100 м ³) данные на декабрь 2019 г.				1600/1900 руб.
Прибыль с продажи 1 м ³				234,7/ 534,7 руб.

Таблица 2

**Ориентировочный расчет себестоимости
1 м³ древесного пенопласта плотностью 60 кг/м³**

Наименование	Ед. измерения	Цена	Количество	Сумма
Опил хвойный	50 литров	45 руб.	7	315 руб.
Электроэнергия (расход на измельчение опилок и осушение суспензии)	1/кВт*час	5,75 руб.	5,4	31,05 руб.
Зарплата	руб.	60		60 руб.
Прочие расходы	руб.	150		150 руб.
ИТОГО себестоимость 1 м ³				556,05 руб.

Тариф электроэнергии (руб./кВт*час) для малых предприятий приведен для Тюменской области на июль 2020 года. В графе прочие расходы учтены затраты на приобретение участвующих в производстве веществ.

Из таблиц 1 и 2 можно увидеть, что древесный пенопласт при схожих эксплуатационных характеристиках с пенопластом марки ППС-10 имеет конкурентоспособную себестоимость производства. Большую часть разницы в цене создает именно сырье. Даже наиболее экономичный вспенивающийся полистирол ПСВ-с дороже в 3 раза хвойного опила.

4. Обсуждение и выводы

Полученные в ходе испытаний на прочность, теплопроводность, водопоглощение результаты схожи с предоставленными данными Института исследований древесины им. Фраунгофера, Германия. Древесный пенопласт действительно может составить конкуренцию пенополистиролу.

Влияние естественных перепадов температуры, влажности не оказало влияние на образцы материала. Также на данный момент нельзя с волной уверенностью утверждать, что насекомые не оказывают негативного воздействия на древесный пенопласт. Более точная оценка влияния природных факторов на древесный пенопласт может быть дана только после дальнейших наблюдений.

Серьезным недостатком является водопоглощение и горючесть материала. В то же время наличие таких серьезных недостатков предоставляет большие возможности для модернизации древесного пенопласта. Комбинирование материалов, окраска и покрытие

пенопласта дают просторы для модификации без вмешательства в исходный рецепт изготовления древесного пенопласта.

Наиболее вероятное и скорейшее развитие в России древесный пенопласт получит в области звукоизоляции квартир и частных домов. Это обуславливается проблемой плохой звукоизоляции большинства новостроек и экологической чистотой материала. Люди не побоятся изолировать древесным пенопластом свои квартиры. При этом необходимость в уменьшении водопоглощения материала отпадает.

Одновременно стоит вернуться к рынку упаковочных материалов. Древесный пенопласт потенциально может вытеснить пенополистирол, который является большой частью проблемы загрязнения окружающей среды.

Ориентировочный расчет себестоимости 1 м³ древесного пенопласта показал значительную конкурентоспособность по сравнению с пенопластом. При одинаковых теплоизоляционных характеристиках в 0,044 Вт/мК себестоимость изготовления древесного пенопласта в 2,5 раза меньше, чем себестоимость пенопласта марки ППС-10.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пасько Ю.В., Мачнева О.П. Технология получения малотоксичных феноло-формальдегидных смол // Клеи. Герметики. Технологии 2018. № 10. С. 36–39.
2. Ткачук К.К., Борисюк И.Н. Процессы деревообработки с уменьшением выбросов формальдегидов в атмосферный воздух // Актуальные научные исследования в современном мире. 2018. № 11–6 (43). С. 86–89.
3. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г., Чухланова Н.В., Масталыгина Е.Е. Синтактические пены для заливочных герметизирующих составов на основе эпоксидной смолы и полых феноло-формальдегидных микросфер // Клеи. Герметики. Технологии. 2019. № 6. С. 9–13.
4. Кальянова А.А. Инновационные экологичные материалы для внутренней атериалы для внутренней отделки зданий // Строительство: новые технологии – новое оборудование. 2015. № 3. С. 38–39.
5. Кудрявцева И.С., Щеголева Э.В. Использование фосфогипса в качестве строительного материала // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Инновации в строительстве. 2017. № 3. С. 83–88.
6. Хёлинг А., Волков В.В. Протеины из вторичного сырья – инновационные компоненты в экологичном промышленном производстве // Известия КГТУ. 2015. № 38. С. 83–92.
7. Шапарин В.Д., Самошин А.П. Способы защиты древесины от горения // Теория. Практика. Инновации. 2017. № 4 (16). С. 141–144.
8. Графская Т.О., Парсанов А.С., Разматова И.А., Хадыев Я.А. Изучение влияния антипиренов на прочностные характеристики строительных утеплителей на основе растительных волокон // Наука молодых – будущее России: докл. 4-й Междунар. научной конф. перспективных разработок молодых ученых, Курск, 10–11 дек., 2019 г. Курск: ЮЗГУ, 2019. С. 297–298.
9. Панёв Н.М., Наконечный С.Н., Никифоров А.Л., Циркина О.Г. Защита деревянных конструкций уникальных объектов от гниения и горения // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2018. № 4. С. 92–99.
10. Хаертдинова А.Н., Шамсеева М.С. Инновационная модель управления предприятиями нефтегазохимического комплекса // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. 2018. № 3 (19). С. 114–119.

Korkishko Alexander Nikolaevich

Tyumen industrial university, Tyumen, Russia
Construction institute
E-mail: alexandr.korkishko@mail.ru

Glukhikh Dmitry Igorevich

Tyumen state university, Tyumen, Russia
Polytechnic school
E-mail: gluhidmitry@gmail.com

Klykov Ruslan Fakhraddinovich

Tyumen industrial university, Tyumen, Russia
Construction institute
E-mail: Klykov.rf@gmail.com

Wood foam. Material review and application in the Russian production possibilities

Abstract. The urgency of caring for the environment is growing every year. The phrase "green house" is increasingly heard from builders. The trend towards environmental protection and conservation is giving potential to wood foam, an environmentally friendly new material. In the future, it can become a replacement for many synthetic products in the field of insulation and packaging materials. But is it possible to use it in the harsh Siberian conditions? How does nature affect material?

Since 2015, the Wood Research Institute has been developing wood foam. Fraunhofer in Braunschweig, Germany. The emergence and development of the material shows the potential of wood from a completely new perspective. The authors – undergraduates of the Tyumen State and Tyumen Industrial University requested and received samples of analysis of the possibilities of using wood foam in the regions of Siberia and the Urals.

The authors present the results of a study of wood foam in western Siberia, Moscow. Tyumen, its physical properties, as well as the nature of the impact of natural factors. The article discusses the nuances of production and the possibility of modernizing the material. The authors have highlighted the advantages of wood foam over foam based on petrochemical products, which cause environmental friendliness and harmlessness.

The article presents an approximate calculation of the cost of a cubic meter of wood foam and compares the cost of a cubic meter of wood foam and the cost of a cubic meter of foam PPS-10. The calculation shows that wood foam in production is cheaper than PPS-10 foam.

A number of shortcomings of the material and possible ways of solving them have been identified for the readers. The analysis of the possibility of introducing wood foam into the building materials and packaging industry is presented. Conclusions are made about the most successful way of introducing the material into the domestic market in the building materials industry. The first steps of implementation are aimed at the private developer and home owner.

Keywords: insulating materials; polystyrene foam; wood foam; new materials; insulation; structural physics; ecology