

УДК 666.973.2:666.972.1

**ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
КОСТРОСОЛОМЕННЫХ ПЛИТ****Н.В. ДАВЫДЕНКО***(Полоцкий государственный университет)*

Представлены результаты исследований эксплуатационно-технологических характеристик костросоломенных плит. Натурные испытания показали, что костросоломенные плиты хорошо подвергаются распилу бензопилами, ручной и циркуляционной пилой, легко сверлятся при помощи ручных и электрических дрелей без нарушения структуры материала. Установлено, что воздействие открытым пламенем не вызывает возгорания материала, происходит только обугливание костросоломенной плиты, что объясняется входящим в состав плит в качестве вяжущего жидким стеклом, которое положительно сказывается и на их сохранности от разрушения. Исследования по сорбционной влажности костросоломенных плит выявили, что предлагаемый материал имеет более плотную, чем соломенные плиты, со взаимопроницающими компонентами структуру, препятствующую быстрому поглощению влаги, что улучшает теплотехнические характеристики как самой костросоломенной плиты, так и ограждающих конструкций в целом. Определены теплотехнические параметры костросоломенных и соломенных плит, включая плотность теплового потока, термическое сопротивление теплопередаче, коэффициент теплопроводности.

В настоящее время с ужесточением теплотехнических требований, в том числе по тепловой реабилитации ограждающих конструкций, применение растительных отходов в качестве сырья для изготовления теплоизоляционных материалов является особенно актуальным. Современные теплоизоляционные материалы должны обладать комплексом эксплуатационных характеристик, обеспечивающих формирование благоприятного микроклимата помещений и экономию тепловой энергии при эксплуатации зданий. Многочисленные сырьевые ресурсы образуются в сельскохозяйственной отрасли (солома, костра, лузга, стебли хлопчатника и конопля). В качестве связующих возможно применение органических и неорганических вяжущих веществ.

Основная часть. В Полоцком государственном университете проведены исследования свойств теплоизоляционных материалов на основе рубленной соломы и костры льна, неорганическим связующим являлось натриевое жидкое стекло. После установления основных физико-механических характеристик костросоломенных образцов [1] проведены эксперименты по определению эксплуатационно-технологических характеристик костросоломенных плит. Выполнены эксперименты на возможность распила костросоломенных плит различными видами пил. Плиты подвергались распилу как в поперечном, так и в продольном направлении. Результаты опытных распилов показали, что плиты одинаково хорошо подвергаются распилу ручной пилой, бензопилой и циркуляционной пилой (рис. 1). После распила на поверхности плит отсутствуют сколы на углах и ребрах по грани распила (рис. 2). Грань распила имеет сплошную ровную поверхность без раковин и выщерблин. Как показали испытания, толщина отпиливаемой части блока может быть любой. На рисунке 2 толщина отпиленной части блока в продольном направлении составляет 25 мм.



Рис. 1. Распил бензопилой плиты в продольном направлении



Рис. 2. Ровная поверхность по грани распила, отсутствие сколов на углах и ребрах

Костросоломенные плиты легко сверлятся при помощи ручных и электрических дрелей. Входные отверстия не имеют выщерблин и сколов. Структура костросоломенного каркаса в объеме вокруг отверстия не нарушается.

Исследования по определению огнестойкости плит. В процессе эксперимента плиты подвергались прямому воздействию огня. На рисунке 3 показан фрагмент плиты во время проведения испытания.

В процессе эксперимента костросоломенная плита под воздействием огня не воспламенялась. Грань плиты, подвергающаяся воздействию огня, не деформировалась. Спустя 40 мин непрерывного воздействия открытого огня поверхность плиты осматривалась. После погашения источника пламени, горение плиты, т.е. пламени на плите, не зафиксировано. Область, подвергавшаяся воздействию огня, почернела, в центре плиты на поверхности диаметром 55 мм костросоломенная смесь обуглилась и разрушилась на глубину до 15 мм (рис. 4). Грань плиты, противоположная испытываемой поверхности, не получила каких-либо повреждений. При соприкосновении с поверхностью не ощущалось тепла от нагревания. Отсутствие возгорания, т.е. негорючесть костросоломенной смеси, объясняется присутствием в смеси жидкого стекла в качестве вяжущего компонента. На стадии изготовления плит в процессе перемешивания смеси жидкое стекло обволакивает частицы соломы и костры, образуя сплошную оболочку, которая и препятствует их возгоранию. При осмотре установлено, что при обугливании соломы на поверхности происходит спекание жидкого стекла в сrostки, также препятствующие возгоранию и разрушению костросоломенного каркаса плиты.



Рис. 3. Воздействие огня на плиту в процессе испытания

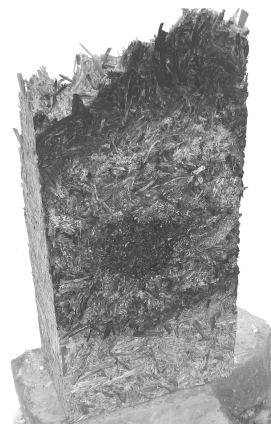


Рис. 4. Внешний вид плиты после воздействия открытым пламенем

Присутствие жидкого стекла положительно сказывается и на сохранности плит – их поверхность не повреждается мелкими грызунами, как это происходит в случае соломенных блоков, применяемых в качестве утеплителя [2], что особенно важно в сельской местности.

Для выполнения расчета влажностного режима ограждающих конструкций проведены исследования сорбционной влажности материалов. Количество поглощаемой материалом влаги зависит от температуры, влажности воздуха, а также от состава, структуры и пористости материала. Значения сорбционной влажности теплоизоляционных материалов определяли в соответствии с методикой, представленной в [3]. В качестве заполнителя использовали рубленую солому фракцией 2...4 см (состав 1) и смесь рубленой соломы с кострой льна при соотношении компонентов смеси 1:0,4 (состав 2). Расход связующего принимали равным 1,4 массовых долей от массы заполнителя, давление формования – 0,03 МПа. Средняя плотность теплоизоляционного материала составила 224 кг/м³ для состава 1 и 237 кг/м³ для состава 2.

По экспериментальным данным построены зависимости между сорбционной влажностью материала и относительной влажностью воздуха в виде изотерм сорбции (рис. 5).

Из анализа полученных зависимостей следует, что сорбционная влажность материала на основе рубленой соломы при относительной влажности воздуха до 60 % ниже сорбционной влажности материала на основе смеси рубленой соломы и костры льна на 11,5 %. Однако при влажности воздуха 80 % сорбционная влажность материала состава 1 достигала 26,3 %, что больше на 24 % сорбционной влажности материала состава 2, равной 20 %. Сорбционная влажность материала состава 1 при влажности воздуха 90 % достигала 36,8 %, что на 15,8 % больше сорбционной влажности материала состава 2, равной 31 %. При относительной влажности воздуха 97 % сорбционная влажность материала состава 1 достигала 85,2 %, что на 15 % больше, чем состава 2, равной 72 %.

Диапазон относительной влажности воздуха от 65 до 90 % является рабочим на территории Беларуси. В указанных пределах влажности воздуха процесс сорбции водяных паров материалом состава 1 протекает интенсивнее, чем материалом состава 2, что подтверждается большими значениями сорбционной влажности. Таким образом, при эксплуатации теплоизоляционного материала коэффициент тепло-

проводности материала состава 2 будет ниже, чем у материала состава 1. Следовательно, по теплотехническим свойствам материал на основе смеси рубленой соломы и костры льна превосходит материал на основе рубленой соломы.

Параллельно с исследованием сорбционной влажности костросоломенной смеси и соломы определены **предельные влажностные и временные условия стойкости по образованию плесени и грибковых образований**. После 140 суток испытаний при относительной влажности воздуха 97 % на поверхности соломы появилась плесень и точечный грибок. На поверхности костросоломенной смеси плесень и точечный грибок зафиксированы на 160 сутки при относительной влажности воздуха 97 %. При относительной влажности воздуха 90 % после 175 суток испытания на поверхности соломы отмечена плесень и точечный грибок. Через 210 суток испытаний при относительной влажности воздуха 90 % на поверхности костросоломенной смеси плесень и точечный грибок отсутствовали. На 210 сутки при относительной влажности воздуха 80 % на поверхности как соломы, так и костросоломенной смеси плесень и точечный грибок отсутствовали.

Исследования теплотехнических параметров образцов теплоизоляционных материалов на основе рубленой соломы и смеси рубленой соломы и костры льна проводились в климатической камере. Размеры экспериментальных плит определены из условия заполнения проема между теплым и холодным отделением климатической камеры и составляют 300 × 400 мм. Толщина образцов принята 100 мм. Средняя плотность материала на основе рубленой соломы в сухом состоянии равнялась 220 кг/м³ (образец 1), а материала на основе смеси рубленой соломы и костры льна – 250 кг/м³ (образец 2).

В условиях переменных тепловых воздействий установлено распределение температуры по сечению образцов, определены плотности тепловых потоков, вычислены термические сопротивления, коэффициенты теплопроводности и определены влажности материалов (рис. 5).

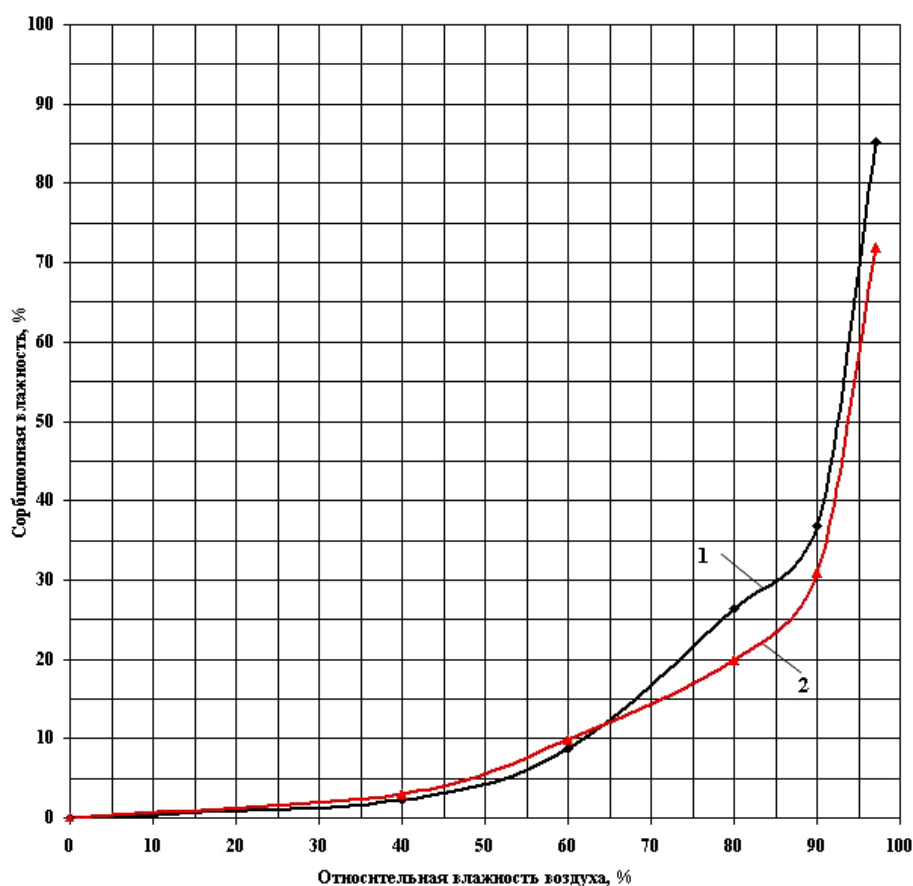


Рис. 5. Изотермы сорбции водяного пара:

1 – материалом на основе рубленой соломы; 2 – материалом на основе смеси рубленой соломы и костры льна

В теплом отделении климатической камеры за все время испытаний поддерживались расчетные параметры для жилого здания:

- температура воздуха $t_g = 18$ °С;
- относительная влажность воздуха $\phi = 55$ % [4].

В холодном отделении климатической камеры температура воздуха t_n изменялась во времени в следующей последовательности:

- 1) от $t_n = +10$ °C до $t_n = +5$ °C;
- 2) от $t_n = +5$ °C до $t_n = 0$ °C;
- 3) от $t_n = 0$ °C до $t_n = -5$ °C;
- 4) от $t_n = -5$ °C до $t_n = -10$ °C;
- 5) от $t_n = -10$ °C до $t_n = -15$ °C;
- 6) от $t_n = -15$ °C до $t_n = -20$ °C.

Во всех случаях выдержка при заданном значении температуры составляла 120 часов. В качестве начального распределения температуры принято стационарное состояние в исследуемой области в начальный момент времени $t_n = +10$ °C и $t_e = 18$ °C. Для определения значения температур по сечению образца теплоизоляционная плита была разделена на 4 зоны шириной 25 мм каждая. Величины температур и плотностей тепловых потоков фиксировались информационно-измерительным комплексом РТП-1-16Т через каждые 1,5 минуты.

На основании данных исследования получено распределение температуры по толщине образцов в виде линий падения температур (рис. 6).

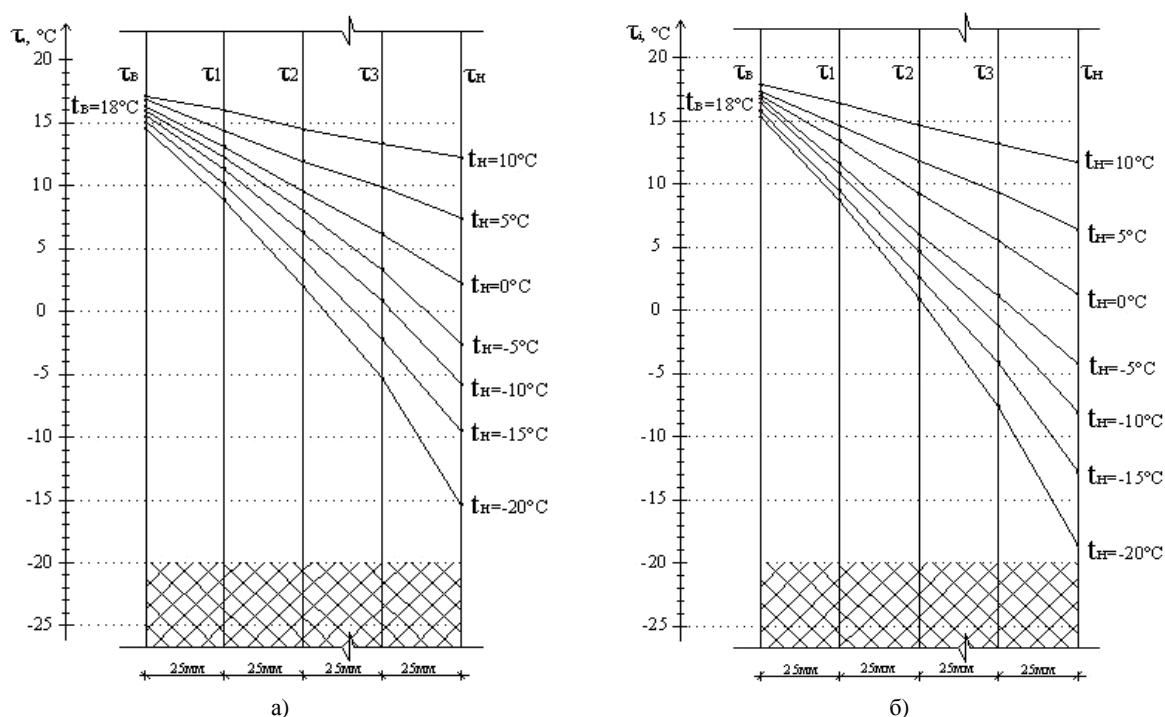


Рис. 6. Распределение температур по толщине теплоизоляционного материала на основе рубленой соломы (а), на основе смеси рубленой соломы и костры льна (б)

Полученные зависимости позволили определить коэффициенты теплопроводности и термические сопротивления теплопередаче образцов при заданных значениях температур наружного воздуха. Результаты экспериментальных и расчетных данных представлены в таблице.

Теплотехнические характеристики материалов по данным исследования

Температура наружного воздуха, °C	Плотность теплового потока, Вт/м ²		Термическое сопротивление теплопередаче, м ² ·°C/Вт		Коэффициент теплопроводности, Вт/м ² ·°C	
	образец 1	образец 2	образец 1	образец 2	образец 1	образец 2
+10	5,56	5,71	0,9	1,05	0,111	0,095
+5	11,3	8,87	0,92	1,23	0,109	0,081
0	14,6	12,4	0,97	1,27	0,103	0,079
-5	18,6	16,2	1,0	1,29	0,100	0,077
-10	20,11	16,9	1,06	1,45	0,094	0,069
-15	21,57	17,99	1,14	1,59	0,088	0,063
-20	25,13	20,3	1,19	1,67	0,075	0,060

Анализ полученных результатов показал:

- с уменьшением температуры наружного воздуха увеличивается плотность теплового потока и термическое сопротивление теплопередаче, а коэффициент теплопроводности материала уменьшается;
- эффективность материала по термическому сопротивлению теплопередаче образца 2 по сравнению с образцом 1 составляет 29 % при температуре наружного воздуха $t_n = -20^\circ\text{C}$;
- плотность теплового потока образца 2 на 19 % больше, чем показатель образца 1;
- коэффициент теплопроводности материала на основе рубленой соломы уменьшается с понижением температуры на 32 %, а материала на основе смеси рубленой соломы и костры льна на 37 %;
- коэффициент теплопроводности образца 2 при температуре наружного воздуха $t_n = +10^\circ\text{C}$ на 15 % меньше, чем образца 1, и на 20 % меньше при $t_n = -20^\circ\text{C}$.

По окончании проведения эксперимента в климатической камере определена влажность образцов в соответствии с [5]. Изменение влажности по толщине материала представлено на рисунке 7.

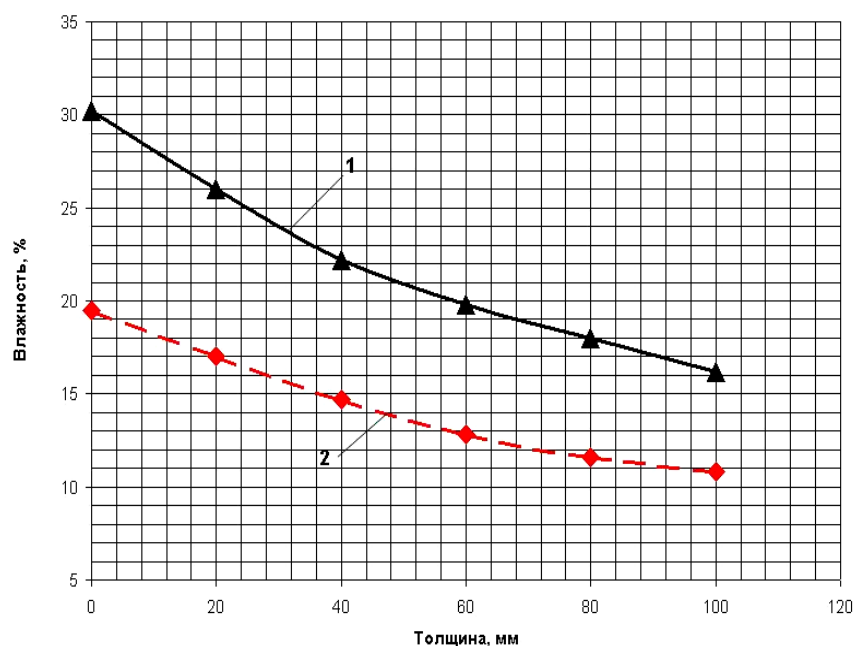


Рис. 7. Распределение влажности по толщине материала:
1 – теплоизоляционный материал на основе рубленой соломы;
2 – теплоизоляционный материал на основе смеси рубленой соломы и костры льна

Анализ полученных зависимостей позволяет сделать вывод: среднее значение влажности материала на основе соломы составляет 22 %, что на 34 % больше, чем значение материала на основе смеси соломы и костры льна, равное 14,4 %.

Влажность образца 1 со стороны теплого отделения камеры достигает 16,2 %, что на 33 % меньше, чем влажность образца 2, равная 10,8 %. При этом со стороны холодного отделения камеры влажность образца 2 составляет 19,5 %, что на 35 % меньше влажности образца 1, равной 30,2 %.

Заключение. Проведенные испытания показали, что костросоломенные плиты одинаково хорошо подвергаются распилу различными видами пил, легко поддаются сверлению без нарушения структуры материала. Под воздействием огня происходит только обугливание костросоломенной плиты без возгорания, при этом не наблюдаются температурные деформации материала. Присутствие жидкого стекла повышает сохранность плиты от разрушающих действий.

Из результатов проведенных исследований следует, что при давлении формования 0,02...0,03 МПа в соломенном каркасе материала на основе рубленой соломы имеются пустоты. В этой связи поглощение водяных паров материалом протекает быстрее, что отрицательно влияет на физико-механические и теплофизические свойства материала. Теплоизоляционный материал при введении второго компонента – мелкого заполнителя костры льна – имеет более плотную, со взаимопроникающими компонентами структуру, препятствующую быстрому поглощению влаги, что улучшает теплотехнические характеристики как самой костросоломенной плиты, так и ограждающей конструкции в целом.

Испытания, проведенные в «жестких» условиях, при максимальной относительной влажности воздуха 90...97 %, сопоставимы с замораживанием в условиях эксплуатации. Как показали опыты, образование плесени и точечного грибка на костросоломенной смеси возможно только при относительной влажности 97 % в условиях длительного выдерживания. При этом образцы костросоломенных плит проявили большую стойкость по времени к образованию плесени и точечного грибка по сравнению с соломенными плитами.

В процессе исследования установлено, что по своим теплотехническим параметрам, таким как термическое сопротивление теплопередаче и коэффициент теплопроводности, костросоломенные плиты превосходят показатели плит на основе соломы.

Проведенные эксперименты подтвердили возможность технологической обработки, эксплуатационную безопасность костросоломенных плит при обеспечении высоких теплотехнических характеристик, а также возможность использования костросоломенных плит в качестве утеплителя наружных стен и покрытий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыденко, Н.В. Отходы сельскохозяйственной переработки в производстве теплоизоляционных материалов / Н.В. Давыденко, А.А. Бакатович // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2009. – № 12. – С. 55 – 60.
2. Широков, Е.И. Экотехнология биопозитивных ограждающих конструкций из соломенных блоков в Беларуси: в 2 ч. / Е.И. Широков. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2007. – Ч. 1: Экодома из соломы: технология строительства. – 40 с.
3. Материалы строительные. Метод определения сорбционной влажности: ГОСТ 24816-81. – Введ. 01.01.1982. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 5 с.
4. Строительная теплотехника: ТКП 45-2.04-43-2006 (02250). – Взамен СНБ 2.04.01-97; Введ. 29.12.2006. – Минск: Минстройархитектуры, 2007. – 35 с.
5. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний: ГОСТ 17177-94. – Введ. 22.08.1995. – Минск: Минстройархитектуры, 1996. – 56 с.

Поступила 01.06.2011

OPERATIONAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF CHAFF SLABS

N. DAVYDENKO

Results of researches of operational and technical characteristics of chaff slabs are observed. Full-scale tests have shown that chaff slabs equally well exposed to a sawcut handsaws, petrol-powered saw and a buzz saw, are easily drilled by means of manual and power drills without structure disturbance of a material. It is discovered that impact by a naked flame does not call ignition of a material and there is only a coalification of chaff slabs. The water glass as a binding part of slabs allows to keep a material from destruction by rodents. Researching of sorption humidity of chaff slabs have shown that the offered material has more consistent structure with interpenetrating components, than straw slabs, interfering a sweeping moisture pick-up that improves heat engineering characteristics of chaff slab and envelope building as a whole. Thus samples of chaff slabs have shown major durability to a mould growth and a punctiform fungus in comparison with straw slabs. The heat engineering parametres of chaff slab and straw slabs such as density of heat flow, thermal resistance to a heat, thermal conductivity are determined. The conducted tests have confirmed a possibility of technological processing, operational safety of chaff slabs with providing of high thermotechnical characteristics.