

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 691: 035.267

РАСТИТЕЛЬНЫЕ ОТХОДЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭФФЕКТИВНЫХ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

канд. тех. наук А.А. БАКАТОВИЧ, А.В. ДОЛЖОНОК, Н.В. ДАВЫДЕНКО
(Полоцкий государственный университет, Беларусь)

Приведены результаты исследований разработанного стенового материала с повышенными теплотехническими характеристиками на основе соломы злаковых и костры льна. Проанализированы показатели плотности, прочности, теплопроводности с учетом технологических аспектов формовки стеновых блоков. Определена сорбционная влажность стеновых блоков при относительной влажности воздуха 97%. Рассмотрена кинетика сорбции костросоломенных блоков и установлен коэффициент теплопроводности материала при максимальной сорбционной влажности.

Ключевые слова: *стеновые материалы, солома, костра льна, крупный и мелкий наполнитель, коэффициент теплопроводности, прочность.*

Отходы растительного происхождения используются для производства строительных материалов на протяжении многих столетий, что обусловлено доступностью данного сырья и его низкой стоимостью. Также материалы на основе растительного сырья характеризуются малой теплопроводностью, низкой плотностью и относительно высокой прочностью. Данные свойства позволяют обеспечить широкий спектр применения растительных отходов в строительной сфере.

Наиболее широко из сельскохозяйственных растительных отходов в строительстве применяют солому злаковых культур и костру льна. В Великобритании спрессованную солому используют для получения экопанелей «Stramit» выдерживающих нагрузку в 1100 кгс без деформаций и обладающих теплопроводностью 0,099 Вт/м·°С [1]. На основе соломенных тюков производят стеновые панели «Есососон» (Литва) и «Экобуд» (Россия) толщиной 400 мм с коэффициентом теплопроводности 0,05–0,065 Вт/м·°С [2, 3]. Из дробленой соломы ржи, гречихи с применением цемента изготавливают стеновые блоки прочностью 2–2,5 МПа [4]. Разработана технология производства на основе костры льна гипсосодержащего костробетона плотностью 630–980 кг/м³ с пределом прочности на сжатие 0,8–4,4 МПа [5]. При использовании костры льна в цементных смесях для нейтрализа-

ции сахаров используют специальные химические добавки, что обеспечивает прочность стеновых блоков в пределах 0,98–5,4 МПа при плотности 480–735 кг/м³ [6]. При анализе литературных источников не выявлено сведений о стеновых материалах с совместным применением соломы и костры льна в качестве заполнителей. В работе ставилась задача получения стеновых блоков на основе комплексного заполнителя из смеси соломы и костры льна.

С этой целью в исследовательской лаборатории кафедры строительного производства разработаны составы арболита содержащие в виде крупного и мелкого заполнителей солому злаковых культур фракцией 20–40 мм и костру льна размером до 10 мм. В качестве комплексного вяжущего использована цементно-известковая композиция. За контрольные приняты составы на основе заполнителя из соломы. Формовка образцов производилась под давлением. Выдержка образцов в форме составляла от 1 до 4 суток. Результаты исследований арболита приведены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики арболита

№ состава	Расход компонентов на 1 м ³ в долях от единицы					Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С	Время выдержки в форме, сут.
	солома	костра	цемент	известь	вода				
1	0,2	-	0,23	0,23	0,34	529	1,6	0,081	1
2	0,11	0,09	0,23	0,23	0,34	529	2	0,073	1
3	0,14	0,1	0,21	0,21	0,35	585	2,4	0,078	1
4	0,27	-	0,19	0,19	0,35	631	2,2	0,092	2
5	0,16	0,11	0,19	0,19	0,35	631	2,7	0,085	2
6	0,17	0,13	0,18	0,18	0,34	672	2,9	0,095	3
7	0,2	0,14	0,17	0,17	0,32	753	3,1	0,112	4

По результатам исследований установлено, что с заменой части соломы кострой при одинаковой плотности арболита (составы 1, 2) происходит увеличение прочности на 25%, и уменьшение коэффициента теплопроводности на 0,008 Вт/м·°С. Возрастание доли заполнителей до 0,24 (состав 3) при повышении плотности арболита на 11% по сравнению с составом 2, увеличивает прочность на 20% и коэффициент теплопроводности на 0,005 Вт/м·°С, при сохранении времени выдержки в форме 1 день. Аналогично составам 1, 2 у состава 5 относительно показателей свойств состава 4 наблюдается увеличение прочности на 23% и снижение коэффициента теплопроводности на 0,007 Вт/м·°С. Повышение расхода заполнителя (составы 4, 5) вызывает увеличение плотности на 19 %, прочности на сжатие на 35–38% и коэффициента теплопроводности на 0,011–0,012 Вт/м·°С

в сравнении с показателями составов 1, 2, а время выдержки в форме возрастает до 2 дней. Эффект от использования костры обусловлен формированием из крупного и мелкого заполнителя двух взаимопроникающих структурных систем образующих прочную структуру «каркас в каркасе». Ограничение по расходу вяжущего не позволяет получить плотную структуру материала. Костра заполняет пустотное пространство, образуемое в каркасе из соломы и формирует второй каркас, препятствующий перемещению воздушных потоков в композиции и тем самым, уменьшает теплопроводность материала.

Дальнейшее увеличение расхода заполнителей до 0,3–0,34 (составы 6, 7) обеспечивает повышение плотности и прочности арболита при существенном увеличении теплопроводности и сроков выдержки в форме. Значительные изменения физико-механических характеристик отмечается при сравнении составов 2 и 7. Так для состава 7 плотность возросла на 42%, прочность на сжатие на 55%, однако коэффициент теплопроводности увеличился на 53%, а время выдержки в форме возросло до 4 дней. В процессе исследований установлено, что чем выше плотность арболита, тем больше время выдержки в форме, а это существенно снижает количество циклов оборачиваемости форм. Если произвести распалубку раньше минимально необходимого срока, то происходит деформирование образца в объеме, т.е. разуплотнение арболита, за счет упругих деформаций соломы и недостаточной прочности вяжущего на момент распалубливания. Применение извести позволяет снизить негативное влияние сахаров на процесс формирования структуры цементного камня. Также присутствие извести обеспечивает возрастание объема вяжущего, в результате чего увеличивается зона контакта цементного камня с соломой и кострой, что повышает прочность сцепления между заполнителями и вяжущим.

Важной характеристикой стенового арболита для выполнения расчета влажностного режима является кинетика сорбции водяных паров. В качестве экспериментальных приняты составы 1, 2 (табл. 1), образцы изготавливали в виде плит размером 250×250×30 мм (рис. 1, 2).

Образцы материалов выдерживали в герметичной камере над водой при относительной влажности воздуха 97% после чего извлекали и определяли коэффициент теплопроводности на приборе ИТП–МГ4. Результаты лабораторных испытаний приведены в таблице 2.

На начало проведения испытаний, величина коэффициента теплопроводности высушенных соломенных образцов на 11% превышало показатели образцов на основе смеси соломы с кострой льна. Коэффициенты теплопроводности влажных плит (состав 1, 2) по сравнению с сухими образцами увеличиваются на 48% и 45% соответственно. По окончании экс-

перимента коэффициент теплопроводности влажных плит на основе соломы превысил на 0,014 Вт/м·°С значение образцов на основе смеси соломы и костры льна.



Рис. 1. Плита на основе соломы



Рис. 2. Плита на основе смеси соломы с кострой льна

Таблица 2

Показатели теплопроводности арболитовых плит

№ состава	Время выдерживания образца в камере, сутки	Коэффициент теплопроводности арболитовой плиты, Вт/(м·°С)	
		сухой	влажной
1	90	0,081	0,12
2	106	0,073	0,106

Кинетика сорбции водяных паров арболитом представлена на рисунке 2. В возрасте 4 суток сорбционные влажности материалов составов 1, 2 практически совпадают. Наиболее интенсивно кинетика сорбции протекает в первые 50 суток. При этом для состава 1 сорбционная влажность равна 20%, а для состава 2–12,5%. В дальнейшем поглощение водяных паров протекает менее интенсивно. Поглощение водяных паров составом 1 продолжается 90 суток и равно 24,2%, а составом 2 длится на 16 суток дольше и составляет 16,4%, что в 1,5 раза меньше показателя сорбции состава 1. После завершения процесса сорбции во всех случаях наблюдается стабилизация поглощения водяных паров материалом.

При визуальном исследовании макроструктуры арболитовых образцов (состав 1) установлено, что структура материала на основе соломенно-го каркаса имеет в большом количестве пустоты. В связи с этим поглощение водяных паров материалом протекает быстрее, что отрицательно влияет на физико-механические и теплофизические свойства материала. При

введении в состав мелкого заполнителя (костры льна) материал имеет более плотную структуру с существенным сокращением пустот, препятствующую быстрому прохождению воздуха и поглощению из него влаги, что улучшает теплотехнические характеристики арболитовой плиты. Более продолжительный процесс сорбции, и меньшая сорбционная влажность материала состава 2 также достигается за счет применения самой костры льна, обладающей более низкой сорбционной влажностью, чем ржаная солома, что также способствует повышению теплотехнических свойств арболитовых плит в условиях эксплуатации.

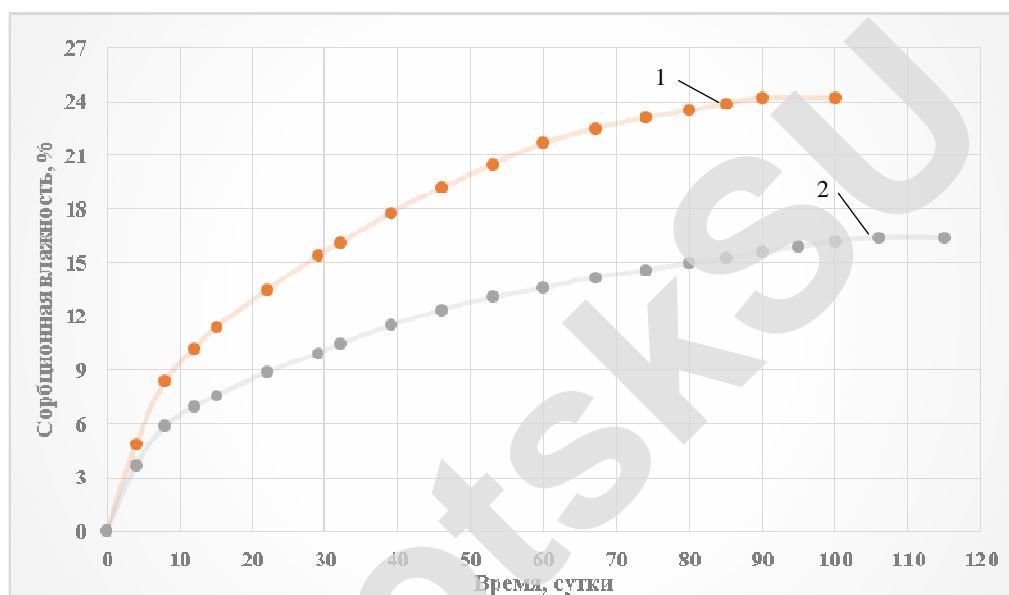


Рис. 2. Кинетика сорбции водяных паров материалом:
1 – состав 1; 2 – состав 2

Испытания по определению сорбционной влажности арболита проведены при относительной влажности воздуха 97% и максимально приближены к условиям замокания стеновых блоков при нарушении сплошности защитного покрытия сооружения. После завершения процесса сорбции образцы оставались в камере для определения времени образования плесени на образцах. В результате установлено, что начальное образование плесени на поверхности образца состава 1 происходит на 95 сутки, а на образце состава 2 на 112 сутки, что в 1,2 раза больше, чем у состава 1. Однако такие влажностные условия (3 и более месяцев при относительной влажности воздуха 97%) в процессе эксплуатации зданий исключены при правильном содержании конструкций и своевременном устранении дефектов и повреждений защитных стеновых и кровельных покрытий.

Полученные результаты подтверждают возможность применения разработанных арболитовых блоков на основе соломы и костры льна для возведения стен с повышенными теплотехническими характеристиками. Основываясь на полученных данных и исходя из требований по обеспечению необходимых значений физико-механических характеристик и времени оборачиваемости форм, составы 2 и 3 являются наиболее оптимальными. Стеновые блоки из арболита (составы 2, 3) обладают достаточной прочностью для возведения несущих стен высотой до 2,5 м в одноэтажных зданиях, а также ненесущих наружных стен в каркасных зданиях и при толщине стены 300–350 мм обеспечивают требуемое сопротивление теплопередаче.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интернет портал [Электронный ресурс] / Энергоэффектив. стр-во. – Режим доступа: <http://straw.z42.ru/node/449>. – Дата доступа: 25.07.2016.
2. Интернет портал [Электронный ресурс] / Пр-во и стр-во каркасных домов из солом. панелей. – Режим доступа: <http://eco-bud.com/>. – Дата доступа: 25.07.2016.
3. Интернет портал [Электронный ресурс] / Солом. щиты «Ecosocoon». – Режим доступа: <http://www.ecosocoon.lt/russian/>. – Дата доступа: 26.08.2016.
4. Интернет портал [Электронный ресурс] / Стеновые облегчен. блоки. – Режим доступа: <http://spinel73.ru/bloki.php>. – Дата доступа: 02.09.2016.
5. Гаврикова, Т.А. Совершенствование технологии малоэтажного монолитного домостроения из кострбетона : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08 / Т.А. Гаврикова. – Нижний Новгород, 2006. – С. 10–12.
6. Лобанова, А.В. Стеновые изделия из арболита на основе костры льна / А.В. Лобанова, И.Э. Казимагомедов // Комунальне господарство міст – 2015. – № 124. – С. 18 – 20.

PLANT WASTES FOR MANUFACTURING EFFECTIVE WALL MATERIALS

A. BAKATOVICH, N. DAVYDENKO, A. DOLZHONOK

The results of research of worked out walling material based on the straw of gramineous and shover with high thermotechnical characteristics are listed in the given article. We have also analyzed the indicators of imporosity, resistibility and heat conductance considering technological aspects of modeling of wall component. We have determined the sorbate water content of wall component at relative air humidity 97%. We have examined the kinetics of sorption of the given wall components and fixed the coefficient of heat conductance at maximum sorbate water content.

Keywords: walling material, straw, shover, coarse and fine aggregate, heat conductivity coefficient, resistibility

ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

*канд. техн. наук, доц. Л.М. ПАРФЕНОВА, М.Н. ВЫСОЦКАЯ
(Полоцкий государственный университет, Беларусь)*

Представлены зарубежные технологии утилизации золошлаковых отходов теплоэлектростанций. Рассмотрены различные технологические решения по получению алюмосиликатных микросфер из золошлаковых отходов теплоэлектростанций. Сделан краткий анализ технологий компании «Zolanewtechnology» (Россия), OmegaMineralsGroup (Германия), RockTron (Великобритания), SeparationTechnologies (США).

Ключевые слова: *золошлаковые отходы, алюмосиликатные микросферы, комплексная утилизация.*

Введение. Увеличение количества теплоэлектростанций, работающих на местных видах топлива, в частности на торфе, делает актуальным для нашей республики решение вопросов, связанных с утилизацией образующихся золошлаковых отходов. В этой связи практический интерес представляет зарубежный опыт получения высококачественных товарных продуктов из золы. Уровень утилизации золошлаковых отходов в развитых странах составляет около 50%, во Франции и в Германии – 70%, в Финляндии – около 90% их текущего выхода.

Основная часть. Основной коммерческий интерес представляет извлечение алюмосиликатных микросфер, кремнезема (SiO_2), глинозема (Al_2O_3), оксидов редких и редкоземельных металлов.

Алюмосиликатные микросферы являются одним из компонентов золошлаковых отходов угольных ТЭС, образующихся при сгорании угля в котлах электростанций в результате грануляции расплава минеральной части углей и раздува раздробленных мелких капель внутренними газами. В результате этого процесса получают полые алюмосиликатные микросферы почти идеальной сферической формы. Диаметр частиц в среднем от 10–20 до 500 мк. Этот материал обладает рядом уникальных свойств: низкая плотность, высокая механическая прочность, химическая инертность, термостойкость, низкая теплопроводность [1].