

УДК 691:035.267

**К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛОМЫ И КОСТРЫ В КАЧЕСТВЕ  
ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ****А.В. ДОЛЖОНОК, С.А. РОМАНОВСКИЙ**  
(Представлено: Н.В. ДАВЫДЕНКО)

*Приведены сведения по применению соломы зерновых культур и костры льна в производстве стеновых строительных материалов. Рассмотрены результаты исследований основных физико-механических характеристик арболита на основе композитного заполнителя из смеси соломы и костры льна. В качестве связующего использована цементно – известковая композиция. Полученные составы возможно использовать для изготовления стеновых блоков или возведения монолитных ограждающих конструкций.*

Растительные компоненты в производстве строительных материалов используются человеком на протяжении многих веков своего исторического развития. Применение растительного сырья обусловлено распространенностью и невысокой стоимостью. Растительные материалы характеризуются низкой плотностью при достаточно высокой прочности и малой теплопроводности. Перечисленные положительные факторы обеспечивают востребованность и большие возможности для применения в строительстве.

В настоящее время актуальность использования растительных отходов приобрела новое переосмысление, обусловленное экологической чистотой материалов и быстрой возобновляемостью сырья. В связи с этим большое внимание уделяется научным исследованиям по рациональной утилизации отходов растениеводства, увеличивающихся в объемах с каждым годом. Значительных успехов удалось достичь в производстве строительных материалов с использованием соломы различных злаковых культур. Наиболее простой технологией является возведение ограждающих конструкций зданий из соломенных тюков.

При строительстве домов из соломенных тюков существует два конструктивных решения. Наиболее распространенной является конструкция здания из несущего деревянного каркаса с заполнением соломенными тюками наружных стеновых проемов. Второй вариант предусматривает использование соломенных тюков в качестве сборных элементов несущих стен. Тюки укладываются с перевязкой швов как в кирпичной кладке, а для дополнительной жесткости и устойчивости стен в тюки вертикально вбивают деревянные колья. При устройстве стропильной системы по верху стены предварительно укладывают распределительные балки [1].

Существует технология производства соломенных панелей «Экобуд» и «Есососоп». Панели состоят из ржаной соломы, поскольку она очень плотно запрессовывается. Солома на производстве прессуется в деревянном каркасе с помощью гидравлического пресса. Поэтому со временем она не даст усадку. Материал имеет теплопроводность 0,05–0,065 Вт/м·°С, коэффициент шумопоглощения 0,9 и высокую пожаробезопасность, так как солома в панелях спрессована настолько сильно, что в ней нет воздуха, который нужен для горения. Для производства соломенных щитов «Есососоп» используют солому с уровнем влажности лишь до 15 %. При прессовании соломы в щите удерживается степень сжатия 10–120 кг/м<sup>3</sup>, благодаря чему сохраняется многонаправленная структура соломы, обеспечивающая более хорошее тепловое сопротивление соломенного щита. Теплопроводность соломенного щита равна 0,054–0,059 Вт/м·°С [2, 3].

Известна технология получения соломенных плит под торговой маркой «Stramit». Уникальная технология придает материалу ряд качественных преимуществ, включая прочность, огнестойкость. Соломенные плиты «Stramit» производятся в мире в соответствии с Британским Стандартом BS4046. Стандартные характеристики панелей «Stramit» следующие: длина – 2500 мм, ширина – 1200 мм, толщина – 58 мм, масса около 67 кг, плотность – 398 кг/м<sup>3</sup>. Плиты могут быть использованы как самостоятельные несущие перегородки и наружные стены без конструктивных каркасов. Огнестойкость составляет 59 мин, класс по огнеупорности – 0, что обусловлено плотностью основы соломенной плиты, которая не содержит достаточно кислорода для того, чтобы поддерживать горение. Материал также не содержит смолу, спиртовые компоненты или другие химические вещества, способствующие процессу горения. Экологически чистые панели «Stramit» изготавливаются из пшеничной соломы под высоким давлением и при высокой температуре, без использования искусственных добавок, вредных для здоровья [4].

В качестве основного структурообразующего компонента для изготовления теплоизоляционного арболита крупнопористой структуры предлагается использовать гречишную солому, обработанную ком-

плексным минерализатором, с максимальным размером частиц до 30–40 мм, что препятствует значительному конвективному переносу тепла в сообщающихся порах. Мелким пористым наполнителем в разработанных составах являлась овсяная лузга. Теплоизоляционный материал обладает следующими характеристиками: плотность 544–617 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности на сжатие 0,39–1,32 МПа, коэффициент теплопроводности 0,06–0,084 Вт/м·°С. Полученный материал по своим качествам можно отнести к эффективным утеплителям, отличающимся малой энергоемкостью и теплопроводностью. Отмечается, что одной из главных проблем при проектировании и производстве арболитовых изделий на цементе является низкая адгезионная прочность на границе наполнитель – вяжущее, что обусловлено большими влажностными деформациями растительного наполнителя и выделением водорастворимых производных сахарозы, являющихся вредными для нормальной гидратации цемента [5].

Возможно применение соломы в виде гранулированного наполнителя в легком бетоне. Применяя в качестве наполнителя гранулы из соломы, получают материал со следующими физико-механическими характеристиками: плотность 810 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности на сжатие 5,2 МПа, теплопроводность 0,28 Вт/м·°С. В результате легкий бетон на гранулированном растительном наполнителе по усадке и сжимаемости находится на уровне обычных легких бетонов на керамзитовом гравии и золошлаковой смеси, а также имеет существенные резервы восприятия нагрузки по сравнению с арболитом. Проявление эффекта смягчения способствует восприятию всех эксплуатационных воздействий и нагрузок без трещинообразования [6].

Разработана технология производства костробетона для малоэтажного монолитного домостроения. В качестве основных компонентов использовались гипсоцементное вяжущее, костра, вода. Время укладки костробетона регламентировано из-за ограничений по жизнеспособности смеси. Для решения данной проблемы потребовалось увеличение водовяжущего соотношения и введение воздухововлекающей добавки СДО с целью повышения подвижности смеси. Данная технология позволяет получить костробетон с плотностью 630–980 кг/м<sup>3</sup>, пределом прочности на сжатие 0,8–4,4 МПа. В результате получен гипсосодержащий костробетон с широким диапазоном прочностных свойств, что позволяет использовать материал в различных по назначению конструкциях зданий [7].

В Харьковском университете рассматривается вопрос об использовании костры льна в качестве наполнителя для изготовления эффективных стеновых изделий. Основными компонентами являются цемент, льняная костра, хлористый кальций или жидкое стекло, вода. Химические добавки позволили использовать костру льна без предварительной выдержки, так как благодаря им, имеющиеся сахара нейтрализуются и качество изделия улучшается. Разработаны составы арболитовых смесей с плотностью 480–735 кг/м<sup>3</sup>, прочность 0,98–5,4 МПа. После проведенных лабораторных исследований, установлено, что из костры льна можно изготовить арболитовые изделия с высокими теплоизоляционными свойствами, позволяющими заметно снизить стоимость строительства [8].

В проводимых исследованиях на кафедре строительного производства предпринята успешная попытка по совместному использованию соломы и костры в качестве наполнителей для стеновых материалов. Крупным и мелким наполнителем является солома фракцией 20–40 мм и мелким - костра льна размером до 10 мм. В качестве комплексного вяжущего применяется цементно – известковая композиция. Образцы формируются под давлением. Выдержка в форме составляет 1 – 4 суток. Результаты представлены в таблице.

Таблица

Физико-механические характеристики арболита

№ состава	Расход компонентов на 1 м <sup>3</sup> в долях от единицы					Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность, МПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С	Время выдержки в форме, сут.
	солома	костра	цемент	известь	вода				
1	0,2	0,14	0,17	0,17	0,32	753	3,1	0,12	4
2	0,17	0,13	0,18	0,18	0,34	672	2,9	0,098	3
3	0,16	0,11	0,19	0,19	0,35	631	2,7	0,09	2
4	0,27	-	0,19	0,19	0,35	631	2,2	0,095	2
5	0,14	0,1	0,21	0,21	0,35	585	2,4	0,086	1
6	0,11	0,09	0,23	0,23	0,34	529	2	0,08	1
7	0,2	-	0,23	0,23	0,34	529	1,6	0,09	1

Анализ результатов составов 6 и 7 показал, что замена части соломы кострой при одинаковой плотности арболита позволяет увеличить прочность на 25% и уменьшить коэффициент теплопроводности на 0,01 Вт/м·°С. Также наблюдается увеличение прочности на 23% и снижение коэффициента теплопроводности на 0,005 Вт/м·°С у состава 3 по сравнению с характеристиками состава 4. При сопоставле-

нии результатов составов 6, 7 и 3, 4 плотность повышается на 19%, прочность на сжатие – на 35–38%, время выдержки в форме увеличивается до двух дней. Эффект от использования костры обусловлен формированием из крупного и мелкого заполнителя двух взаимопроникающих структурных систем, образующих прочную структуру «каркас в каркасе». Костра заполняет пустотное пространство, образуемое в каркасе из соломы, и формирует второй каркас, препятствующий перемещению воздуха в композиции и тем самым, уменьшает теплопроводность материала.

Значительные изменения физико-механических характеристик отмечается при сравнении составов 1 и 6. Так, для состава 1 плотность возросла на 42%, прочность на сжатие на 55%, коэффициент теплопроводности на 50%, однако время выдержки в форме возросло до четырех 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, то есть разуплотнение арболита, за счет упругих деформаций соломы и недостаточной прочности вяжущего на момент распалубки. 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 прочностные сцепления между заполнителем и вяжущим.

Адгезия образцов арболита со штукатурным цементно – известковым раствором изучалась визуально (рисунок). Цементно-известковый раствор наносили вручную на боковую грань образца (состав 6).



Рис. Поверхность арболита, оштукатуренная цементно-известковым раствором марки 50

При осмотре образцов через 28 суток после нанесения раствора отслоение штукатурного слоя не зафиксировано. При ударных воздействиях молотком по штукатурке отслоение раствора от поверхности арболита не установлено. В дальнейших исследованиях планируется определить прочность сцепления штукатурных растворов с арболитом, а также прочность сцепления кладки из арболитовых блоков. Результаты визуальных исследований образцов дают основание предположить, что арболитовые стеновые блоки должны обладать высокой прочностью сцепления со строительными растворами.

Основываясь на полученных данных и исходя из требований по обеспечению необходимых значений физико-механических характеристик и времени оборачиваемости форм, составы 5 и 6 являются наиболее оптимальными. Стеновые блоки из арболита (составы 5, 6) обладают достаточной прочностью для возведения несущих стен высотой до 2,5 м в одноэтажных зданиях, а также несущих наружных стен в каркасных зданиях и при толщине стены 300–350 мм обеспечивают требуемое сопротивление теплопередаче.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Широков, Е.И. Экотехнология биопозитивных ограждающих конструкций из соломенных блоков в Беларуси. В 2 ч. Ч. 1. Экодома из соломы: технология строительства / Е.И. Широков. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2007. – 40 с.
2. Интернет портал [Электронный ресурс] / Пр-во и стр-во каркасных домов из соломенных панелей. – Режим доступа: <http://eco-bud.com/>. – Дата доступа: 26.01.2016.
3. Интернет портал [Электронный ресурс] / Соломенные щиты «Есососон». – Режим доступа: <http://www.ecosocoon.lt/russian/>. – Дата доступа: 26.01.2016.

4. Интернет портал [Электронный ресурс] / Энергоэффективное строительство. – Режим доступа: <http://straw.z42.ru/node/449>. – Дата доступа: 26.01.2016.
5. Солдатов, С.Н. Создание и исследование свойств утеплителей на основе местного сырья : дис. ... канд. тех. наук : 05.23.05 / С.Н. Солдатов. – Пенза, 2001. – 67 л.
6. Авраменко, В.В. Легкие бетоны на основе растительного сырья и минеральных вяжущих для стеновых ограждений : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / В.В. Авраменко. – Новосибирск, 2010. – 89 л.
7. Гаврикова, Т.А. Совершенствование технологии малоэтажного монолитного домостроения из костробетона : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08 / Т.А. Гаврикова. – Нижн. Новгород, 2006. – С. 10–12.
8. Лобанова, А.В., Казимагомедов И.Э. Стеновые изделия из арболита на основе костры льна / А.В. Лобанова, И.Э. Казимагомедов // Комунальне господарство міст. – 2015. – № 124. – С. 18–20.