УДК 674.048:691.115

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ АТМОСФЕРОСТОЙКОГО АРБОЛИТА ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ ПО ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СТЕНОВЫХ БЛОКОВ

Матыева А.К.*Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры
им. Н. Исанова, Бишкек, e-mail: matyeva59@mail.ru*

Создание энергоресурсосберегающих материалов предусматривает использование местного сырья для получения изделий с улучшенными гидрофизическими и термодинамическими свойствами. Одним из таких материалов является арболит. В работе в качестве растительно-гипсовой композиции (РГК) использовались солома злаковых, произрастающих в Кыргызской Республике (КР), гипс строительный марки Г-5 и Г-7 на основе сырья Бактерекского месторождения, который относится к сырью I-го сорта, зола Бишкекской ТЭЦ (БТЭЦ), портландцементный клинкер ПЦК, природный, натуральный глиногипс (ганч). В качестве глинистой составляющей использовались суглинки Толойконского месторождения. Общие требования к строительным материалам таковы, что они должны быть гигиеничными и удовлетворять законам прочности, створа и конструкции. И это не полный перечень требований к строительным материалам, применяемым в современном строительстве, и улучшению состояния окружающей среды. Малоэтажное домостроение дает возможность более чем вдвое, по сравнению с кирпичным и крупнопанельным домостроением, снизить единовременные затраты на создание материально-технической базы строительства. По сравнению со стоимостью возведения домов из кирпича стоимость возведения домов из арболита уменьшается на 20–25 %, а по сравнению с возведением домов из панелей – на 10–12 %. Суммарная трудоемкость возведения домов из арболита снижается вдвое по сравнению с аналогичной трудоемкостью возведения домов из кирпича.

Ключевые слова: атмосферостойкий арболит, конструкционно-теплоизоляционный, гипсозольнощелочное вяжущее, полимерпластифицирующие добавки, структурообразование, пластификаторы, истинная плотность, прочность, водотвердые отношения, призмная прочность

RESEARCH OF STRENGTH AND DEFORMABILITY OF THE WEATHERPROOF ARBOLITE FROM LOCAL RAW MATERIALS ON ENERGY-SAVING TECHNOLOGY FOR WALL BLOCKS

Matyeva A.K.*Kyrgyz State University of Construction, Transportation and Architecture,
Bishkek, e-mail: matyeva59@mail.ru*

For creation the energy-and resource-saving materials were used a local raw materials to produce products with improved hydrophysical and thermodynamic properties. One of such materials is arbolite. To work as a plant-gypsum composition (PGC) has been used straw of cereals grown in the Kyrgyz Republic (KR), gypsum building brand G-5 and G-7 on the basis of raw materials Bacterec field, which refers to the raw materials of the I-th class, ash from Bishkek power electrical plant (TEP), Portland cement clinker PCC, a natural clay content gypssum (Ganch). As the clay component used loam Toloikon field. For improving the technical level of low-rise housing construction were have been found new stage qualitatively objects. It could be able to rapid progress for improving the new housing. The materials that used in low-rise housing construction have to be required the environmental, cost-effective, maintains requirements and made by low-energy technology with consist the local raw materials. General requirements for construction building materials are such that they must be hygienic and respond of strength and alignment. There is not a complete list of requirements for building materials used in modern construction and improvement of the environment. Low-rise housing construction allows reducing one-time costs for the creation of material and technical base of construction in comparison with brick and large-panel housing construction more than two times. In comparison with the cost of construction of houses of brick the cost of construction of houses from arbolite is reduced by 20-25 %, as compared with the construction of houses from panels 10-12 %. The total volume of construction of houses from arbolite reduced the similar complexity of construction of houses in comparison from bricks-made in half.

Keywords: waterproof arbolite, structure-thermo insulating, gypsum- ash binding agent, plasticizing additives, setting time, hardening, structure density, strength, water relations, prism strength

В основных направлениях экономического и социального развития Кыргызской Республики (КР) поставлена задача по созданию энергоресурсосберегающих материалов для строительства из местного сырья с улучшенными техническими свойствами. Это обеспечит повышение уровня индустриализации, сокращение

сроков строительства и его стоимости за счет импортозамещения аналогичных строительных материалов. А также предусмотрено развитие производства сейсмостойких строительных изделий и конструкций с пониженной металлоемкостью, стоимостью и трудозатратами, обеспечивающих уменьшение материалоемкости,

массы зданий и сооружений, улучшение их теплозащиты [1–3].

Для производства арболита, фибролита, стружко-, скопо- и опилкобетона и др. материалов из растительно-вяжущей композиции, используются целлюлозосодержащие заполнители растительного происхождения, к которым относятся отходы деревообрабатывающей (станочная стружка, щепа, низкосортная и некондиционная древесина, тонкомер, неделовой горбыль срезки, торцы, лесорамные опилки, одубина), сельскохозяйственной (солома, коistra льна, кенафа, джута, стебли хлопчатника, камыша) и целлюлозно-бумажной (скоп и др.) промышленности. Обладая общей специфичностью свойств, эти заполнители оказывают существенное влияние на технологические и эксплуатационные свойства, а также на процессы структурообразования растительно-вяжущих композитов (РВК) [4, 5].

В условиях центрально-азиатского региона, в частности в Кыргызской Республике, где дефицитом является деловая древесина и ее отходы, но достаточно растительных отходов сельского хозяйства, которые почти не утилизируются, целесообразно их применение в качестве заполнителя вместо древесины в производстве арболита (солома, стебли хлопчатника, табака и др.) [6].

Прочность арболита обуславливается следующими основными качественными показателями свойств заполнителя: химическим к гранулометрическим составом, а также коэффициентом формы зерен, деформативностью. Требуемые активность и расход вяжущего, а также плотность получаемого арболита при его оптимальной структуре и при оптимальном составе смеси обеспечивают необходимую прочность структурных связей между затвердевшим вяжущим и органическим заполнителем. Далее прочность арболита зависит от правильно выбранного режима твердения [7, 8].

Применение химических добавок (жидкое натриевое стекло и хлористый кальций) позволило нейтрализовать действие экстрактивных веществ заполнителя на цемент путем образования дополнительных химических связей в зоне контакта и уменьшить их отравляющее действие на цемент по мере удаления от этой зоны. Таким образом, термическая обработка заполнителей является эффективным способом повышения прочности арболита и адгезионного сцепления с цементом. Класс арболита по прочности на сжатие повышен до В1,5, то есть получен арболит теплоизоляционно-конструкционного назначения, что расширяет область его применения в качестве стеновых ограждений малоэтажного строительства. Данное

направление, по-видимому, исчерпывает свои возможности. Об этом свидетельствуют поиски новых вяжущих, не подверженных влиянию экстрактов, стремление образовать гибкие адгезионные связи, воспринимающие влажностные деформации древесины. Потребность усиления физического сцепления волокнистой поверхности увеличивает расходы материала.

Одним из путей направленного структурообразования арболита может служить использование внутренних резервов органического заполнителя как капиллярно-пористого химически активного материала. Структура капилляров и пор определяет перспективу целенаправленного переноса в системе «вяжущее – заполнитель», а химическая активность древесины способна создать необходимые условия для этой цели [8].

Структура арболита близка к структуре крупнопористых легких бетонов на пористых минеральных заполнителях. В отличие от последних, прочность арболита зависит от значительно большего количества факторов, а именно от химической активности заполнителя, его анизотропности, влажностных деформаций и коэффициентов линейного расширения, значительно отличающихся от соответствующих коэффициентов цементного камня [9].

В Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры выполнены исследования по использованию рисовой и другой соломы злаковых в качестве заполнителя в производстве арболита.

При этом в качестве местного минерального вяжущего стали применять строительный гипс, а для получения стабильных прочностных характеристик и обеспечения атмосферостойкости материала заполнитель обрабатывать полимерсиликатными модификаторами.

Повышение эксплуатационных и водостойких свойств гипсовых вяжущих достигается введением в них местного сырья Кыргызской Республики – извести, золы, глины и др.

С целью повышения водостойкости и снижения расхода гипса предлагается использование в составе гипсовых смесей до 2,5–7,5 % извести, 20–25 % золы-уноса, содержание Na_2SO_4 от 1–4 % и остальное гипс марки Г4.

А.С. Мавлянов, Б.Т. Ассакунова, А.А. Абдыкалыков, А.А. Абышов, при разработке гипсовых композиционных вяжущих, в качестве наполнителей были использованы базальтовые породы, гранит, воласстонит, глиеж.

В качестве вяжущего был использован гипс марки Г4 и Г5. Повышение водостойкости и прочностных характеристик гипсовых вяжущих осуществляется использованием наполнителей, модифицирующих, пластифицирующих, воздухововлекающих добавок. В качестве удлинения срока схватывания вяжущего введены лимонная кислота и костный клей.

Использование добавок изменяет условия структурообразования в гипсовом камне, что влияет на механические свойства материалов. Механизм действия добавок зависит от их свойств и часто носит комплексный характер. Так, замедлители уменьшают скорость образования зародышей кристаллов, скорость роста, габитус кристаллов.

Изучены физико-химические особенности процесса гидратации пластифицированных гипсовых вяжущих, полученных методом введения пластифицирующих добавок для снижения водопотребности и улучшения их прочностных характеристик [10–12].

Цель исследования: получение теплоизоляционно-конструкционного, атмосферостойкого арболита средней плотностью 600–650 кг/м³ на основе измельченной пшеничной соломы, а также изучение его деформативных свойств для возможного применения в ограждающих конструкциях.

Материалы и методы исследования

В работе в качестве растительно-гипсовой композиции (РГК) использовались солома злаковых, произрастающих в КР, и гипс строительный.

По природному происхождению, морфологической структуре и химическому составу стебли соломы зерновых близки к древесине. Солома пшеницы (*Triticum aestivum*) для производства арболита имеет повышенную прочность по сравнению с другими злаковыми (ячмень, овес, рис и др.), так как она содержит в 2 раза меньше воска и кремнезема.

Технические свойства соломы пшеницы с размером частиц по длине 20–50 мм следующие: прочность при растяжении – 316,2 Н/мм²; процент удлинения – 2,41 %; средняя сухая насыпная плотность – 50–60 кг/м³.

Качество заполнителя на основе соломы: не допускается присутствие гигроскопической влажности 80 %, гнили, кусков грунта, плесени от уборки. По объемам производства в КР, физико-механическим свойствам соломы пшеницы является подходящим сырьем для производства строительного арболита.

В исследованиях в качестве минерального вяжущего был использован быстротвердеющий строительный гипс марки Г-5 и Г-7 на основе сырья Бактерекского месторождения, который относится к сырью I-го сорта, гипсового предприятия с. Кулан-Ак Нарынской области. Начало схватывания 6 минут, конец – 14 минут. Предел прочности на сжатие – 6,4 МПа, на изгиб – 3,9 МПа и зола БТЭЦ, а также портландцементный клинкер ПЦК, природный, натуральный глиногипс (ганч). В качестве глинистой составляющей использовались суглинки Толойконского месторождения.

В качестве модификаторов для образования пористой полимерсиликатной системы использовались: жидкое стекло (ГОСТ 13078) плотность 1,32 г/см³, латекс СКС (ГОСТ 10564), смола малокоцентрированная СФЖ-3066 + катализатор ионного типа (ГОСТ 20908). Пластифицирующие добавки при изготовлении арболита приняты СКС, СДБ и ЛСТ. В качестве замедлителя схватывания гипса – нитрофлюорометилфосфорная кислота (НПФК) и антипирены. Все компоненты исследовались в лаборатории на соответствие нормативным требованиям.

Свойства арболита физические и механические определялись на образцах-кубах размером 15х15х15 см и 10х10х10 см согласно ГОСТ 18105-85 и ГОСТ 1922, морозостойкость по ГОСТ 10060.0-95.

При проведении испытаний использовали пресс гидравлический малогабаритный ПГМ-1500МГ4, прибор ультразвуковой УК-15М (прочность бетона) по ГОСТ 17624, ПЛС-100, ДРОН-2, лазерный анализатор ЛГ-78, вискозиметр Суттарда ВС – для определения сроков схватывания гипсового теста по ГОСТ 23789, визуально-измерительный комплект ВИК-1 и др. Физико-химические анализы выполнены с использованием рентгенофазового, ИК-спектроскопического методов.

– испытание гипса и разработанных составов полимерсиликатногипсозольных вяжущих определялось согласно ГОСТ 23789. Тонкость помола – ГОСТ 310.2; сроки схватывания – ГОСТ 310.3; предел прочности при изгибе и сжатии – ГОСТ 310.4.

– испытание золы проводилось согласно действующей технической документации (ТУ 21-31-2-71, ГОСТ 9592).

– дисперсность золы характеризуется гранулометрическим составом (ситовым анализом) ГОСТ 310.2-76 и удельной поверхностью ГОСТ 310.2-76*.

Результаты исследования и их обсуждение

На основании экспериментально-теоретических исследований разработаны состав арболита и способы активации гипсозольного вяжущего для получения атмосферостойкого арболита. Целью настоящей работы получение теплоизоляционно-конструкционного арболита средней плотностью 600–650 кг/м³ на основе измельченной пшеничной соломы, а также является изучением его деформативных свойств для возможного применения в ограждающих конструкциях [6, 7].

В работе использовались составы растительно-вяжущей композиции для водостойкого стенового арболита из местного сырья, состоящий: солома – (24–32 %); гипс (Г-7) – (30–34 + нитрофлюорометилфосфорная кислота (НПФ) – (+0,05 %); зола (18–22 %) + сульфатно-дрожжевая бражка (СДБ) (+0,15 %); ПЦК-5 %; глиногипс (гажа) – 2 %; полимерсиликатные добавки (ПСД) (8–12 %) на основе малокоцентрированного олигомера СФЖ-3066+0,2 бутадистирольный латекс (СКС) и лигносульфат технический (ЛСТМ) (0,15 %), катализаторы – (ТПФН) – (0,8 %), отвердитель – НТВ (0,5 %) и остальное вода.

Рис. 1. Содержание компонентов в % сырьевой смеси, кг/м³

Рис. 2. Свойства водостойкого арболита

Показатели деформативности были проведены на стандартных образцах размерами 15х15х60 см после 28-суточного их твердения в нормальных условиях с использованием методами, приведенной в ГОСТ 24452-80 «Методы определения призмной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона». Согласно этому нормативному документу, к показателям деформативности относят: коэффициент призмной прочности – (K_p); модуль упругости – (E , МПа).

Составы и свойства полученных арболитовых материалов с использованием дробленой пшеничной соломы различной фракции и класса (марки) по прочности приведены на рис. 1 и 2.

В результате исследования испытуемых арболитовых образцов материалов кубиками размерами 15х15х15 см, а также призмами размерами 15х15х60 см установлено, что значение отношения призмной прочности (R_p) к кубковой прочности (R) для арболитовых материалов с использованием измельченной пшеничной соломы составляют соответственно 0,61 и 0,65. При этом значение начального модуля упругости испытуемых арболитовых материалов с использованием измельченной пшеничной соломы более чем в два раза превышает ее нормативные значения.

Заключение

Введение в растительно-вяжущей композиции (РВК) на основе гипса и малоизвестных зол структурообразующих добавок и полимерсиликатных композиций с пластификаторами (ЛСТ, СКС, СДБ) способствует повышению прочностных свойств и получению на их основе гипсозолощелочных вяжущих с повышенными техническими характеристиками.

По результатам проведенных испытаний по определению физико-механических свойств арболитовых материалов с использованием измельченной пшеничной соломы установлена возможность изготовления атмосферостойких стеновых блоков, на основе разработанных новых технологий, которые удовлетворяют основным нормативным требованием МРТУ 21-5-64 [11].

Разработана новая технология по приготовлению арболитовых гипсозолощелочных смесей с полимерсиликатными

добавками, обеспечивающими заданные деформативные и реологические свойства вяжущего по ГОСТ 19222 «Арболит и изделия из него», и может быть рекомендована для производства стеновых и теплоизоляционных блоков в малоэтажном строительстве.

Список литературы

1. Курдюмова В.М., Ильченко Л.В., Чымыров А.У. Повышение долговечности соломолита в конструкциях малоэтажных мобильных зданий // Современное состояние и перспективы развития строительной науки: материалы Международной научно-практ. конф. Бишкек, 2000. Ч. 1. С. 10–13.
2. Матыева А.К. Строительно-технические свойства атмосферостойкого арболита // Приволжский научный вестник – ИЦНП. Приволжский, 2016. С. 40–42.
3. Столбушкин А.Ю., Бердов Г.И. Ресурсосберегающая комплексная переработка минерального техногенного сырья в производстве строительных материалов // Известия вузов. Строительство. Новосибирск: НГАСУ, 2011. № 1. С. 46–53.
4. Матыева А.К. Полимерсиликатно-гипсовое связующее (ПСГС) в составе органокомполитов из растительного сырья // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве: Межд. науч. тех. инт. конф. Харьков, 2012. С. 40–45.
5. Удербает С., Аримбаев С., Курманаева Ж.М. Исследование адгезии рисовой лузги с золоцементными вяжущими смесями // Научный журнал Молодой ученый. 2014. № 12 (71). С. 113–115.
6. Матыева А.К. Курдюмова В.М., Ильченко Л.В., Азыталиев У.Ш., Суворова Е.С., Рекомендации по проектированию и расчету ограждающих комбинированных конструкций зданий из местного материала: учебное пособие. Бишкек: КГУСТА, Госархстройнадзор, 2012. 49 с.
7. Абышов А.А., Абдысадырова А.А., Пайдиева О.С. Исследование влияния метода прессования на физико-механические свойства смешанных гипсозелестковых вяжущих // Материаловедение. 2014. № 2. С. 5.
8. Шешуков А.П., Лычагин Д.В., Макаров Е.Я. Исследование процессов формирования структуры арболита при химической активации древесины // Вестник ТГАСУ. 2014. № 3. С. 145–152.
9. Акулова М.В., Исакулов Б.Р., Тукашев Ж.Б., Джумабаев М.Д., Сартова А.М. Производство строительных материалов на основе отходов и местных сырьевых ресурсов Западного Казахстана // Новейшие достижения науки – 2013: материалы Международной научно-практической конференции. София, 2013. С. 77–82.
10. Абыкаева А.К., Омурбеков И.К., Абышов А.А. Мелкоштучные изделия из глиногипсовых материалов с органическим наполнителем // Научный и информационный журнал. Материаловедение. Вып. 1. Бишкек, 2013. С. 96–99.
11. Matyeva A.K. The research of the wether resistant gypsum- ash- alkaline arbolit structure by scanning electron microscopy. Proceeding of the In International Scientific and Practical Conference «The goals of the WorldScience № 3 (7), Vol. 1, March 2016 (February 25–26, 2016, Dubai, UAE)». P. 98–102.
12. Мавлянов А.С., Абдыкалыков А.А. Комплексное использование минерального сырья. Бишкек: Илим, 2016. 326 с.