



УДК 691.327.3

О. Б. КОНДРАШКИН, зав. кафедрой технологии строительства, канд. техн. наук, доц.; **В. А. ВОЙТОВИЧ**, канд. техн. наук, доц. кафедры технологии строительства; **Т. А. ГАВРИКОВА**, канд. техн. наук, доц. кафедры технологии строительства; **И. А. ГУЛИН**, ст. преп. кафедры технологии строительства

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЛИНОГИПСОВОГО БЕТОНА В СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЯХ ЗДАНИЙ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-74;
эл. почта: tsp-nngasu@mail.ru

Ключевые слова: глиногипсовый бетон, древесные опилки, истинная плотность, заполнитель, вяжущие вещества, статические показатели.

Приводятся результаты исследований по получению глиногипсобетона с использованием строительного гипса, мелких частиц глины и древесных опилок, позволяющие расширить применение в современном строительстве эффективных строительных материалов и изделий. Определены величины показателей прочности образцов глиногипсового бетона после их высушивания в естественных условиях до момента окончания процесса уменьшения массы образцов. Проведена статическая обработка полученных результатов. Надежность эксперимента обеспечена, показатель точности меньше 5 %. Установлена возможность получения экологически чистого строительного материала – глиногипсового бетона – с использованием отходов деревообрабатывающей промышленности и использование его в малоэтажном строительстве, а также для наружных стен каркасных зданий.

В настоящее время одной из главных задач строительства является обеспечение современного строительства эффективными строительными материалами и изделиями. Большое значение имеет использование отходов древесины при производстве строительных материалов изделий и конструкций. Отходы древесины в виде опилок, стружки, дробленки используются в качестве заполнителей при производстве таких конструкционных материалов, как гипсоопилкобетон, опилкобетон, стружкобетон, арболит на основе гипсового и цементного вяжущих [1–6].

Программа правительства РФ по возрождению малоэтажного строительства в России ставит перед специалистами отрасли серьезные задачи, среди которых увеличение объемов строительства индивидуального жилищного строительства, расширение типологии малоэтажного жилья и моделей комплексной застройки, в том числе индустриальным способом, определение идей новой культуры частного домовладения, устойчивых современных стандартов и финансовых инструментов реализации программы индивидуального жилищного строительства.

Стратегией развития также предусмотрена взаимосвязь мероприятий федерального проекта «Жилье» национального проекта «Жилье и городская среда» с мероприятиями других национальных проектов. Программой «Мой



частный дом» Минстроем России предусматривается решение жилищной проблемы страны за счет существенного увеличения объемов малоэтажного строительства, в том числе на основе применения эффективных строительных материалов, технологий, применяемых в современных конструктивных решениях зданий. На современном этапе развития строительного производства разработано и усовершенствовано большое количество вариантов несущих конструкций зданий. Поэтому при реализации инвестиционного проекта возникает проблема выбора оптимального конструктивного решения. Для решения данной проблемы, а также для постановки вопроса о необходимости усовершенствования конструктивного решения используются нормативные технико-экономические показатели, вариантное сравнение, применение аналитических или экспертных методов.

Возведение монолитных зданий из легкого бетона на органическом заполнителе по традиционной технологии, с подачей бетонной смеси краном в бадьях и применением инвентарной разборно-переставной стальной опалубки сопряжено с большими трудозатратами и сроками строительства, что обуславливается свойствами применяемых бетонных смесей и бетонов. Во-первых, необходимо выполнение трудоемкого уплотнения трамбованием при укладке смесей, что обусловлено достаточно жесткой их консистенцией. Во-вторых, длительное время происходит набор бетоном распалубочной (до 18 сут.) и марочной (до 90 сут.) прочности, что увеличивает общую продолжительность строительства зданий. Поэтому необходимо создание интенсивной технологии возведения малоэтажного домостроения из экологически чистых местных материалов с применением мелкоштучных материалов из современных легких опилочных бетонов на гипсовом вяжущем.

Одним из путей успешного решения задач создания строительных материалов и изделий нового поколения, которые минимальным образом будут воздействовать на окружающую среду и обеспечат экологическую безопасность, является расширение производства и применение в строительстве гипсовых вяжущих.

Опилочные бетоны на гипсовом вяжущем являются эффективным материалом как для производства штучных стеновых материалов, так и в применении монолитных конструкций. Одним из видов опилочных бетонов на глиногипсовом вяжущем является глиногипсовый бетон.

Глиногипс (ганч, гаж, арзык, тюрк. *ganch*) – это вяжущий материал, искусственная или (редко) природная смесь гипса (30–60 % двуводного сернокислого кальция) и мелких частиц глины (40–70 % гаж, примеси кварца и кальцита, землистого гипса) или лесса. Строительный глиногипс получают в результате обжига гипсового мергеля при температуре 160–250 °С и последующего измельчения его в порошок. В состав строительного глиногипса кроме гипса и глины входят еще некоторое количество кремнезема, углекислого кальция и древесных опилок в качестве заполнителя.

Глиногипс обладает рядом важных преимуществ по сравнению с другими строительными материалами:

– основной компонент глиногипса (глины) имеет более высокие, чем бетон на основе портландцемента теплоизолирующие свойства, поэтому в глинобитных домах летом прохладнее, а зимой теплее;



– глины – более чем воздухопроницаемые и более паропроницаемые, поэтому в глинобитных домах легче дышится;

– глины гидрофильны. При затворении водой они образуют пластичное, хорошо формируемое тесто, увеличиваясь при этом в объеме. А при потере воды (высыхании) их объем уменьшается, и происходит усадка. При этом глины приобретают прочность, достаточную для использования в качестве строительного материала для многих целей.

В производстве опилочных бетонов глиногипс имеет ряд неоспоримых преимуществ перед цементом. Глиногипсовые материалы создают в помещениях наиболее благоприятный для организма человека микроклимат. Величины коэффициента паропроницаемости и водородного показателя строительного гипса близки к значениям таких же показателей кожного покрова человека. Кроме того, гипс не содержит оксидов металлов, например, оксидов хрома, которые являются аллергенами и способны образовывать и выделять токсичные газы. Поровая структура гипсового камня обуславливает его ускоренное высыхание и, как следствие, невысокую продолжительность процесса стабилизации температурно-влажностного режима во вновь построенных зданиях [3].

Требования в области охраны окружающей среды при архитектурно-строительном проектировании, строительстве, реконструкции, капитальном ремонте диктуют соблюдение радиационной безопасности объектов капитального строительства. Доза излучения, обусловленная природными источниками, сопоставима с дозой от естественных радионуклидов (ЕРН), содержащихся в строительных материалах. О. П. Сидельниковой установлено, что в коммунальной сфере получаемая людьми доза гамма-излучения определяется концентрацией ЕРН в материалах, использованных для строительства здания [7]. Существенный вклад (47–50 %) в получаемую людьми общую дозу облучения вносят природные источники ионизирующих излучений, «вносимые» в жилые дома и производственные помещения строительными материалами. Скорость эксхалляции (выделения) радона из строительных материалов и конструкций (стен и перекрытий) определяется его эффективной удельной (в пересчете на 1 кг радона) активностью $A_{эф}$, которая равна произведению удельной активности радона A_{Ra} и коэффициента его эманирования (выделения) η . Исследования строительного гипса показывают, что активность радона более чем в 10 раз меньше, чем у цемента [7, 8].

Современные промышленные технологические системы обеспечивают утилизацию древесных отходов и производство строительных материалов и изделий на их основе [4]. Необходимость утилизации древесных отходов обусловлена рядом экологических, экономических и технологических причин. Наиболее важные экологические причины таковы:

– накопление отходов снижает разнообразие видов растений, животных и микроорганизмов, составляющих биоценозы, и ведет к деградации последних;

– накопление отходов ведет к нарушению экологического равновесия в экосистеме и снижению ее устойчивости;

– накопление отходов ведет к нарушению структур естественных биологических сообществ (биоценоз);

– промышленная утилизация древесных отходов определит снижение объема потребления традиционных лесных ресурсов и, следовательно, нагрузок на экосистемы.



В том числе опилки обладают рядом преимуществ перед другими заполнителями. Например, однородное гранулированное строение обуславливает их хорошую текучесть и, как следствие, широкие перспективы для производства глиногипсового бетона. В токсикологическом отношении древесные опилки безвредны. Фактов отравления людей отходами деревообрабатывающего производства не зафиксировано, в литературе они не описаны. Безвредность опилок объясняется и химическим составом древесины, ее безопасность для человека и уникальные физико-механические свойства – все это предопределяет большую перспективу использования древесных отходов для производства глиногипсовых материалов.

Глиногипсовый бетон можно отнести к пористым материалам. Глиногипсовый бетон способен поглощать водяные пары из влажного воздуха и отдавать обратно, тем самым обеспечивая баланс влажности в помещении. Уровень равновесной влажности зависит от температуры и влажности окружающего воздуха. Эффективность процесса выравнивания влажности также зависит от скорости адсорбции или десорбции. Например, в ходе экспериментов было установлено, что при резком повышении влажности окружающего воздуха с 50 до 80 % первый слой грунтовой стены толщиной 1,5 см поглощает в течение 48 часов около 300 г водяных паров на квадратный метр. За этот же отрезок времени известняк или сосна, имеющие такую же толщину, поглощает только около 100 г/м² влаги, известково-цементно-песчаная штукатурка – 26–27 г/м², а обожженный кирпич – всего 6–30 г/м². Грунтовые кирпичи, которые не подвержены обжигу и сохнут естественным путем, впитывают в 30 раз больше влаги, чем обожженные кирпичи.

Авторами исследована возможность получения глиногипсового бетона марок М50, М75 с использованием строительного гипса и мелких частиц глины. Для изготовления стеновых конструкций малоэтажных зданий и ограждающих конструкций многоэтажных зданий с марочной прочностью материала М50, М75 может быть использовано глиногипсовое вяжущее, смесь измельченной глины и гипса марок Г6 и Г7, который в технической литературе прошлых лет обычно назывался «строительный гипс».

Состав глиногипсовой смеси подбирали с учетом следующих исходных данных: насыпная плотность древесных опилок (заполнителя) фракцией 2–5 мм – 220 кг/м³; истинная плотность заполнителя – 87,2 %; нормальная густота глиногипсового теста – 0,5. Состав глиногипсового бетона марок М50, М75 на глиногипсовом вяжущем, полученный в результате экспериментального исследования, приведен в табл. 1.

В качестве органического заполнителя применялись выдержанные в естественных условиях опилки хвойных пород фракцией 2–5 мм. Полученные после распиловки бревен на лесопильных рамах опилки сначала просеивались через сито с отверстиями 10–20 мм для отделения коры и крупных фракций, а затем через сито 5 мм. В качестве вяжущего использовался глиногипс. Экспериментальные составы глиногипсового бетона в зависимости от соотношения вяжущего и заполнителя приведены в табл. 1.



Таблица 1

Экспериментальные составы глиногипсового бетона

Серия образцов	Состав по объему (глиногипс : опилки)	Расход материалов на 1 м ³		
		Глиногипс, кг	Опилки, кг	Вода, л
С-1	30 : 70	657	153	492
С-2	60 : 40	800	88	555
С-3	80 : 20	897	44	597

Производство опытных образцов глиногипсового бетона выполнялось в следующем порядке:

- 1) в лабораторной шаровой мельнице выполнялось измельчение глины. При измельчении материалов их характеристики значительно улучшаются;
- 2) производилось взвешивание материалов согласно подобранным составам;
- 3) после взвешивания производилось перемешивание измельченной глины, строительного гипса и опилок. При завершении тщательного перемешивания производится затворение водой полученного состава;
- 4) в течение не менее 20 суток проходила естественная сушка образцов;
- 5) перед кратковременными испытаниями образцов кубиков глиногипса на центральное сжатие была определена весовая плотность материала.

Проведены кратковременные испытания образцов кубиков глиногипсового бетона размером 7,07×7,07×7,07 см. Кратковременные испытания на одноосное сжатие проводились с постоянной скоростью загрузки 0,6±0,2 МПа/с на прессах для испытаний на сжатие УИМ-30 (рис. 1, 2) и ИП-100 (рис. 3, 4).

Авторы определяли величины показателей прочности образцов глиногипсового бетона после их высушивания в естественных условиях (относительная влажность воздуха в помещении составляла 60 %, а температура воздуха – 20 °С) до момента окончания процесса уменьшения массы образцов. Влажность материала, находящегося в этом состоянии (когда масса образца стабильна), называется равновесной. Полученное значение равновесной влажности гипсоопилочного бетона (1,14 %) совпадает с найденным в работе.

В табл. 2 приведены показатели средних арифметических значений предела прочности трех составов образцов глиногипсового бетона и величины соответствующих основных статистических показателей: эмпирического стандарта, коэффициента вариации и показателя точности при доверительной вероятности 95 %.

Таблица 2

Показатели значений предела прочности трех составов образцов глиногипсового бетона

Серия образцов	Число образцов, шт.	\bar{R} , МПа	S , МПа	V , %	Δ , %
С-1	10	5,05	0,19	3,8	4,02
С-2	10	6,6	0,187	4,2	3,9
С-3	10	8,8	0,21	5,1	3,95



Рис. 1, 2. Проведение испытаний глиногипсового бетона на сжатие в УИМ-30



Рис. 3, 4. Проведение испытаний глиногипсового бетона на сжатие в ИП-100

Полученные показатели коэффициентов вариации свидетельствуют о минимальной степени расхождения экспериментальных величин со средними значениями. Надежность эксперимента обеспечена, показатель точности меньше 5 %.

Таким образом, экспериментально установлена возможность получения экологически чистого строительного материала – глиногипсового бетона с использованием отходов деревообрабатывающей промышленности. Применение такого конструкционного материала при строительстве малоэтажных зданий с нормальными температурно-влажностными условиями эксплуатации позволит расширить базу стройматериалов и существенно продвинуться в работе по частичному решению проблем охраны окружающей среды путем максимальной утилизации древесных опилок.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цапаев, В. А. Легкие конструкционные бетоны на древесных заполнителях / В. А. Цапаев, А. К. Яворский, Ф. И. Хадонова ; Северо-Кавказский горно-металлургический институт, Северо-Осетинский государственный университет им. К. Л. Хетагурова. – Орджоникидзе : Ир, 1990. – 134 с. – ISBN 5-7534-0276-3. – Текст : непосредственный.
2. Клименко, М. И. Легкие бетоны на органических заполнителях / М. И. Клименко. – Саратов : Саратовский государственный университет, 1977. – 160 с. – Текст : непосредственный.
3. Передерий, И. А. Лёгкие гипсовые бетоны на органическом заполнителе / И. А. Передерий, М. И. Клименко. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура. – 1987. – № 2. – С. 62–64.
4. Одум, Ю. П. Экология. В 2-х томах / Ю. П. Одум ; перевод с английского Ю. М. Фролова ; под ред. В. Е. Соколова. – Москва : Мир, 1986. – Том 1. – 325 с. – Текст : непосредственный.
5. Кондрашкин, О. Б. Стеновые камни из гипсоопилкобетона в строительстве / О. Б. Кондрашкин. – Текст : непосредственный // Сборник трудов аспирантов и магистрантов. Технические науки / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2003. – С. 17–20.
6. Цапаев, В. А. Экспериментально-теоретическая оценка длительной прочности гипсоопилкобетона при одноосном сжатии / В. А. Цапаев, Е. М. Панюжев, О. Б. Кондрашкин. – Текст : непосредственный // Стратегическое городское и региональное планирование. Межвузовский сборник научных трудов / Самарская государственная архитектурно-строительная академия. – Самара, 2002. – С. 208–213.
7. Сидельникова, О. П. Снижения влияния активности естественных радионуклидов строительных материалов строительных материалов на радиационную безопасность жилища : специальность 11.00.11 : автореферат диссертации на соискание доктора технических наук / Сидельникова Ольга Петровна ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 1999. – 40 с. – Текст : непосредственный.
8. Нормы радиационной безопасности (НРБ-96) : 2. 6. 1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность : гигиенические нормативы : ГН 2.61.054-96. – Москва : Госкомсанэпиднадзор РФ, 1996. – 126 с. – ISBN 5-7508-0040-7. – Текст : непосредственный.

KONDRASHKIN Oleg Borisovich, holder of the chair of construction technology, candidate of technical sciences, associate professor; VOYTOVICH Vladimir Antonovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of construction technology; GAVRIKOVA Tatyana Aleksandrovna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of construction technology; GULIN Ivan Anatolevich, senior teacher of the chair of construction technology

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF LOW-RISE CONSTRUCTION USING CLAY GYPSUM CONCRETE IN MODERN STRUCTURAL SOLUTIONS OF BUILDINGS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-74;
e-mail: tsp-nngasu@mail.ru

Key words: clay gypsum concrete, sawdust, true density, filler, binders, static indicators.



The article presents the results of research on the production of clay gypsum concrete using construction gypsum, fine clay particles and sawdust, which make it possible to expand the use of effective building materials and products in modern construction. The values of the strength indicators of clay gypsum concrete samples after their drying in natural conditions until the end of the process of reducing the mass of the samples were determined. Static processing of the obtained results was carried out. The reliability of the experiment is ensured, the accuracy rate is less than 5 %. The possibility of obtaining an environmentally friendly building material – clay gypsum concrete – using waste from the woodworking industry and using it in low-rise construction, as well as for the exterior walls of frame buildings has been established.

REFERENCES

1. Tsepaev V. A., Yavorsky A. K., Khadonova F. I. Lyogkie konstruksionnye betony na drevesnykh zapolnitelyakh [Lightweight structural concretes based on wood fillers]. Severo-Kavkaz. gorno-metallurg. in-t, Severo-Osetin. gos. un-t im. K. L. Khetagurova. Ordzhonikidze: Ir, 1990. – 134 p. – ISBN 5-7534-0276-3.
2. Klimenko M. I. Lyogkie betony na organicheskikh zapolnitelyakh [Lightweight concretes on organic aggregates]. – Saratov: Saratov. gos. un-t, 1977. – 160 p.
3. Perederiy I. A., Klimenko M. I. Lyogkie gipsovye betony na organicheskom zapolnitele [Light gypsum concretes on an organic filler] // Izv. vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitelstvo i arkhitektura [News of higher educational institutions. Construction and architecture]. – 1987. – № 2. P. 62–64.
4. Odum Yu. P. Ekologiya [Ecology] ; per. s angl. Yu.M. Frolova; pod red. V. E. Sokolova. – Moscow : Mir, 1986. – Vol. 1. – 325 p.
5. Kondrashkin O. B. Stenovye kamni iz gipsoopilkobetona v stroitelstve [Wall stones from gypsum-sawn concrete in construction] // Sb. trudov aspirantov i magistrantov. Tekh. nauki [Collection of works of graduate students and undergraduates. Technical sciences] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod : NNGASU, 2003. P. 17–20.
6. Tsepaev V. A., Panyuzhev E. M., Kondrashkin O. B. Eksperimentalno-teoreticheskaya otsenka dlitelnoy prochnosti gipsoopilkobetona pri odnoosnom szhatii [Experimental and theoretical assessment of the long-term strength of gypsum-sawn concrete under uniaxial compression] // Strategicheskoe gorodskoe i regionalnoe planirovanie. Mezhevuzovskiy sbornik nauchnykh trudov [Strategic urban and regional planning. Interuniversity collection of scientific works]. Samar. gos. arkhitektur.-stroit. akademiya. Samara, 2002. P. 208–213.
7. Sidelnikova O. P. Snizheniya vliyaniya aktivnosti estestvennykh radionuklidov stroitelnykh materialov na radiatsionnyuyu bezopasnost zhilishcha [Reducing the effect of the activity of natural radionuclides of building materials on the radiation safety of housing] : spetsialnost 11.00.11 : avtoref. dis. ...d-ra tekhn. nauk ; Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 1999. – 40 p.
8. Normy radiatsionnoy bezopasnosti NRB-96 : 2. 6. 1. Ioniziruyushchee izluchenie, radiatsionnaya bezopasnost : gigenicheskie normativy : GN 2.6.1.054-96 [Standards of radiation safety NRB-96 : 2. 6. 1. Ionizing radiation, radiation safety : hygienic standards : GN 2.6.1.054-96]. – Moscow : Goskomsanepidnadzor RF, 1996. – 126 p. – ISBN 5-7508-0040-7.

© О. Б. Кондрашкин, В. А. Войтович, Т.А. Гаврикова, И. А. Гулин, 2024

Получено: 03.04.2024 г.