



Безобжиговый стеновой кирпич компрессионного формования на основе трепела

С.Н. Курилова

Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Повышение эффективности безобжигового стенового кирпича компрессионного формования достигается использованием в качестве заполнителя - трепела. Применение трепела позволяет повысить группу кирпича по теплотехническим характеристикам от малоэффективного к условно-эффективному. Обеспечиваются высокие марки кирпича по прочности. Большая величина водопоглощения по массе и низкий коэффициент размягчения свидетельствуют о низкой водостойкости кирпича. Безобжиговый стеновой кирпич компрессионного формования на основе трепела можно рассматривать только как рядовой, защищенный лицевым кирпичом или другим более водостойким материалом.

Ключевые слова: кирпич, цемент, трепел, вода, прессование, давление, твердение, плотность, прочность, водопоглощение.

Безобжиговый стеновой кирпич – цементно-минеральный композит полусухого прессования, широко применяемый в жилищном строительстве. Он получается на основе цемента, минерального заполнителя и воды в результате твердения в нормальных условиях или в условиях тепловлажностной обработки. Для изготовления кирпича рекомендуется портландцемент марки не ниже М400 и минеральный заполнитель с размером зерен меньше 2,5 мм. Соблюдение рекомендаций к зерновому составу заполнителя позволяет обеспечивать качество кирпича полусухого прессования [1, 2]. В качестве минерального заполнителя используют отсеvy от дробления горных пород, например известняк плотный, известняк-ракушечник, травертин, песчаник [3, 4]. Цемент и минеральный заполнитель перемешиваются в течение одной минуты до получения однородной сухой смеси. Затем смесь орошается водой и перемешивается еще пять минут, в результате чего получается полусухая формовочная смесь. Смесь засыпают в матрицу пресс-формы и уплотняют снизу и сверху под давлением 15-40МПа.



Такой способ уплотнения называется компрессионным формованием [5, 6]. Отформованные изделия имеют достаточную распалубочную прочность не менее 1 МПа, поэтому сразу извлекаются из формы и направляются на твердение. Твердение может происходить в нормальных условиях при температуре (17-23) °С и относительной влажности воздуха не менее 90% в течение 28 суток или в условиях тепловлажностной обработки при температуре 85 °С и относительной влажности воздуха не менее 90% в течение 10-12 часов. Безобжиговый стеновой кирпич бывает рядовой, лицевой и цокольный.

Одним из нормируемых свойств, стенового кирпича является его средняя плотность. Чем ниже класс средней плотности кирпича, тем выше его группа по теплотехническим характеристикам (ГОСТ 530-2012). Это значит, что кирпич является менее теплопроводным и более эффективным. Средняя плотность безобжигового стенового кирпича, изготавливаемого на традиционных заполнителях (например, известняке плотном, известняке-ракушечнике, травертине, песчанике) находится в интервале 1600-1900 кг/м³, что соответствует классу средней плотности 2,0. Кирпич такого класса средней плотности соответствует группе по теплотехническим характеристикам - малоэффективный (обыкновенный) (ГОСТ 530-2012).

Актуальной задачей в области безобжигового стенового кирпича является получение изделий с более низким классом средней плотности и более высокой группой по теплотехническим характеристикам.

Решение поставленной задачи возможно в результате использования в качестве минерального заполнителя безобжигового стенового кирпича горных пород с повышенной пористостью. Одной из таких пород является органогенная (биохимическая) порода осадочного происхождения - трепел. Трепелы - легкие тонкопористые породы, состоящие в основном из мельчайших, глобулярных зерен кремнезема, размером менее 0,005 мм.



Окраска трепелов может быть светло-серая почти белая, желто-серая, буровато-серая. Их средняя плотность находится в интервале от 700 до 1200 кг/м³, а пористость зерен – от 50 до 70%. Месторождения трепелов на территории России являются очень крупным. Запасы этого сырья составляют более 50 млн. м³ [8-10].

Для оценки трепелов как сырья для безобжигового стенового кирпича был поставлен эксперимент, в котором использовался трепел Успенского месторождения. Вначале эксперимента были определены свойства трепела как мелкого заполнителя прессованных композитов, а также цемента завода «Пролетарий» (г. Новороссийск). Зерновой состав трепела представлен в таблице № 1.

Таблица № 1

Зерновой состав трепела Успенского месторождения

Остатки на ситах	Размер отверстий контрольных сит, мм				Прошло через сито 0, 16 мм
	1,25	0,63	0,315	0,16	
Частные, г	110	162	120	400	208
Частные, %	11,0	16,2	12,0	40,0	20,8
Полные, %	11,0	27,2	39,2	79,2	100

Физические свойства трепела представлены в таблице № 2.

Таблица № 2

Физические свойства трепела Успенского месторождения

Вид заполнителя	Физические свойства трепела				
	Истинная плотность, г/см ³	Средняя плотность, кг/м ³	Насыпная плотность, кг/м ³	Пористость, %	Гигроскопическая влажность, %
Трепел	2,6	1170	1000	55	2,6

Физико-механические свойства цемента завода «Пролетарий» (г.Новороссийск) представлены в таблице № 3.



Таблица № 3

Физико-механические свойства цемента завода «Пролетарий»

Вид цемента	Физико-механические свойства цемента				
	Тонкость помола, %	Истинная плотность, г/см ³	Насыпная плотность, кг/м ³	Нормальная густота цементного теста, %	Активность цемента, МПа
Портланд-цемент	6,2	3,1	1157	26	45

В эксперименте оценивалось влияние расхода цемента на физико-механические свойства прессованных цементно-минеральных композитов на основе трепела Успенского месторождения и устанавливалось рациональное количество цемента для обеспечения необходимых эксплуатационных свойств безобжигового стенового кирпича.

Расход цемента в композитах был принят 10, 20 и 30% от массы сухих компонентов - цемента и трепела. Было принято во внимание, что расход цемента более 30 % является экономически нецелесообразным. Расход трепела в композитах составил при этом, соответственно, 90, 80 и 70%. Расход воды был уточнен на предварительных экспериментах и составил 27% сверх массы сухих компонентов. Свойства композитов оценивались на образцах цилиндрах диаметром и высотой 5 см, изготовленных методом компрессионного формования при давлении прессования 20 МПа. Образцы твердели в нормальных условиях и в условиях тепловлажностной обработки.

В качестве исследуемых свойств были выбраны коэффициент уплотнения композитов, их средняя плотность, предел прочности при сжатии, водопоглощение по массе и коэффициент размягчения.

Для свежееотформованных композитов, извлекаемых из матрицы пресса сразу после прессования, оценивалось влияние расхода цемента на коэффициент уплотнения, среднюю плотность и распалубочную прочность.



Физико-механические свойства этих композитов представлены в таблице №4.

Таблица № 4

Физико-механические свойства свежеотформованных композитов

№ п/п	Расход цемента, %	Физико-механические свойства		
		Коэффициент уплотнения	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа
1	10	2,47	1810	1,5
2	20	2,65	1830	1,8
3	30	2,67	1850	2,0

Коэффициент уплотнения с увеличением расхода цемента от 10 до 30% в композитах увеличивается от 2,47 до 2,67. Это объясняется уменьшением расхода трепела. Трепел имеет пористые зерна. Чем меньше содержание пористых зерен и больше тонких плотных частиц цемента при одном и том же расходе воды, тем уплотняемость прессованного композита будет больше. Величина коэффициента уплотнения свидетельствует о том, что композиты на основе трепела хорошо прессуются. Средняя плотность с увеличением расхода цемента от 10 до 30% в композитах увеличивается от 1810 до 1850 кг/м³, что объясняется более высоким содержанием плотных частиц цемента в композитах. Распалубочная прочность при всех расходах цемента не менее 1 МПа, что соответствует требованиям к прессованным композитам и говорит о достаточной прочности зерен трепела. С увеличением расхода цемента от 10 до 30% в композитах предел прочности при сжатии увеличивается от 1,5 до 2,0 МПа закономерно с увеличением средней плотности материала.

Для затвердевших композитов оценивались средняя плотность, предел прочности при сжатии, водопоглощение по массе и коэффициент размягчения.



Средняя плотность и предел прочности при сжатии определялись для образцов, твердевших в нормальных условиях, в условиях тепловлажностной обработки и образцов, высушенных до постоянной массы. Сушка до постоянной массы проводилась с целью снижения влажности образцов на пористом заполнителе.

Средняя плотность затвердевших прессованных композитов, представленная в таблице № 5, закономерно растет с увеличением расхода цемента от 10 до 30%.

Таблица № 5

Средняя плотность затвердевших прессованных композитов

№ п/п	Расход цемента, %	Средняя плотность, кг/м ³		
		Образцов после тепловлажностной обработки	Образцов после нормального твердения	Образцов высушенных до постоянной массы
1	10	1780	1750	1440
2	20	1840	1820	1470
3	30	1850	1830	1510

Рост средней плотности в композитах объясняется увеличением более плотных частиц цемента и уменьшением количества легких пористых зерен трепела. Средняя плотность композитов, высушенных до постоянной массы, в среднем на 19% меньше средней плотности композитов после нормального твердения и на 20% меньше средней плотности композитов после тепловлажностной обработки. Это объясняется присутствием в композитах значительного количества пористых зерен трепела. При тепловлажностной обработке за счет тепло-массообмена пористые зерна трепела поглощают большее количество воды, а после нормального твердения, при котором тепло-массообмен отсутствует, зерна поглощают меньшее количество воды [11]. Средняя плотность композитов высушенных до постоянной массы представляет практический интерес как эксплуатационное свойство



безобжигового стенового кирпича. В образцах эта плотность соответствует малоэффективному кирпичу (ГОСТ 530-2012). Однако, если рассматривать стандартный кирпич с пустотностью 12 %, то средняя плотность кирпича на трепеле при расходе цемента 10% составит 1271 кг/м^3 , при расходе цемента 20% - 1294 кг/м^3 , а при расходе цемента 30% - 1329 кг/м^3 . Кирпич со средней плотностью $1210\text{-}1400 \text{ кг/м}^3$ имеет класс средней плотности 1,4 и соответствует группе изделий по теплотехническим характеристикам - условно-эффективные (ГОСТ 530-2012). Тем самым применение трепела позволяет повысить группу кирпича по теплотехническим характеристикам от малоэффективного к условно-эффективному.

Прочность при сжатии затвердевших прессованных композитов, представленная в таблице № 6, также растет с увеличением расхода цемента от 10 до 30 %, соответственно увеличению средней плотности.

Таблица № 6

Предел прочности при сжатии затвердевших прессованных композитов

№ п/п	Расход цемента, %	Предел прочности при сжатии, МПа		
		Образцов после тепловлажностной обработки	Образцов после нормального твердения	Образцов высушенных до постоянной массы
1	10	7,9	10,4	28,6
2	20	10,5	21,4	32,7
3	30	15,5	26,5	40,2

Практическое значение имеет прочность композитов высушенных до постоянной массы. Она выше прочности на сжатие после нормального твердения в 1,5 - 2,75 раза, а прочности на сжатие после тепловлажностной обработки в 2,6 – 3,6 раза. Это объясняется ролью пористых зерен трепела. После тепловлажностной обработки в результате тепло-массообмена пористые зерна трепела впитывают большее количество воды [11], поэтому образцы имеют более высокую среднюю плотность (таблица № 5), но



прочность при сжатии более влажных образцов оказывается более низкой (таблица № 6). После нормального твердения, при котором отсутствует тепло-массообмен между композитом и средой, пористые зерна трепела впитывают меньшее количество воды [11], поэтому средняя плотность образцов по сравнению с тепловлажностной обработкой оказывается меньше (таблица № 5), а прочность при сжатии менее влажных образцов оказывается больше (таблица № 6). Прочность композитов высушенных до постоянной массы при расходе цемента 10% составляет 28,6 МПа, при расходе 20% - 32,7 МПа, а при расходе 30% - 40,2 МПа. Таким образом, даже при небольшом расходе цемента 10-20% можно получать кирпич на основе трепела высоких марок 250 и 300 (ГОСТ 530-2012). Тем самым применение трепела как заполнителя безобжигового стенового кирпича в сухом состоянии позволяет повысить группу кирпича по теплотехническим характеристикам и в то же время обеспечивает его высокую марочную прочность.

Водопоглощение по массе с увеличением расхода цемента в композитах уменьшается. Композиты с расходом цемента 10% не выдержали испытание и разрушились. Это говорит о большой открытой пористости композитов и их не водостойкости. Композиты с расходом цемента 20 и 30% сохранили свою целостность и выдержали испытание. В композитах с расходом цемента 20% водопоглощение по массе составило 31%, а в композитах с расходом цемента 30% водопоглощение по массе оказалось 29%. Величина водопоглощения по массе в композитах с трепелом в целом высокая, поэтому композиты должны работать в условиях, защищенных от влаги.

Коэффициент размягчения удалось определить только в композитах с расходом цемента 20 и 30%. С увеличением расхода цемента в композитах от 20 до 30% коэффициент размягчения увеличивается. В композитах с расходом цемента 20% коэффициент размягчения составил 0,3, а в



композитах с расходом цемента 30% - 0,4. Низкая величина коэффициента размягчения не рекомендует использовать материал во влажных условиях.

По показателям водопоглощения по массе и коэффициента размягчения прессованные цементно-минеральные композиты на основе трепела рекомендуются для рядового стенового кирпича. Расход цемента 10% является нецелесообразным с точки зрения водостойкости кирпича. По показателям водопоглощения по массе и коэффициента размягчения для рядового стенового кирпича на основе трепела рекомендуется расход цемента 20–30%.

Применение трепела в качестве заполнителя безобжигового стенового кирпича является актуальным и целесообразным. При расходах цемента 10–30% кирпич имеет среднюю плотность в сухом состоянии 1271-1329 кг/м³. Кирпич с такой средней плотностью имеет класс средней плотности 1,4 и соответствует группе изделий по теплотехническим характеристикам условно-эффективные (ГОСТ 530-2012). Тем самым применение трепела в качестве заполнителя безобжигового стенового кирпича повышает группу кирпича по теплотехническим характеристикам от малоэффективного к условно-эффективному. Этой величине средней плотности соответствуют высокие марки кирпича по прочности 250 и 300. Однако эти эксплуатационные характеристики кирпича обеспечиваются только в сухих условиях. Большая величина водопоглощения по массе 31–29% и низкий коэффициент размягчения 0,3-0,4 свидетельствуют о низкой водостойкости кирпича на основе трепела. Рекомендуемый расход цемента с точки зрения водостойкости для кирпича составляет 20–30%. Безобжиговой стеновой кирпич компрессионного формования на основе трепела можно рассматривать только как рядовой кирпич, защищенный лицевым кирпичом или другим более водостойким материалом.



Литература

1. Наумов А.А. Повышение качества кирпича полусухого прессования, изготовленного на основе глинистого сырья месторождения «Кагальник-3» // Инженерный вестник Дона, 2016, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3823/.
 2. Мальцева И.В. Влияние глинистого вещества на реологию пеномасс с различной концентрацией твердой фазы // Инженерный вестник Дона, 2017, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3977/.
 3. M. Safiuddin, M.Z. Jumaat, M.A. Salam, M.S. Islam, R. Hashim. Utilization of solid wastes in construction materials. International Journal of the Physical Sciences. 2010. №10. pp. 1952-1963.
 4. Berge B. The Ecology of Building Materials. [Architectural press]. Oxford, 2005. 474 p.
 5. Попильский Р.Я., Кондрашев Ф.В. Прессование керамических порошков. Изд-во «Металлургия», 1968. 272 с.
 6. Курилова С.Н. Влияние рецептурно-технологических факторов на свойства безобжиговых стеновых изделий компрессионного формования на основе опоки Авило-Федоровского месторождения. // Научное обозрение. 2015. № 22. С.153-156.
 7. Дистанов У.Г. Минеральное сырье. Опал-кристобалитовые породы. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998. 27 с.
 8. Талпа Б.В. Новые виды минерального сырья на юге России / Б.В. Талпа, Н.И. Бойко, В.Д. Котляр // Известия Вузов, Сев.-Кав. регион, Естеств. науки. 1995. № 2. С.32-34.
 9. Курилова С.Н., Шаталов А.А. Прессованные эффективные изделия на основе кремнистых пород-опок. // Научное обозрение. 2012. № 6. С. 135-137.
 10. Кудинов А.А. Тепломассообмен. М.:Инфра-М, 2012. 375с.
-



References

1. Naumov A.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3823/.
2. Mal'ceva I.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3977/.
3. M. Safiuddin, M.Z. Jumaat, M.A. Salam, M.S. Islam, R. Hashim. Utilization of solid wastes in construction materials. International Journal of the Physical Sciences. 2010. №10. pp. 1952-1963.
4. Berge B. The Ecology of Building Materials. [Architectural press]. Oxford, 2005. 474 p.
5. Popil'skij R.Ja., Kondrashev F.V. Pressovanie keramicheskikh poroshkov. [Pressing of ceramic powders.] Izd-vo: «Metallurgija», 1968. 272 p.
6. Kurilova S.N. Nauchnoe obozrenie. 2015. №22. pp.153-156.
7. Distanov U.G. Mineral'noe syr'e. Opal-kristobalitovye porody. [Mineral raw materials. Opal-Cristobalite rocks]. M.: ZAO «Geoinformmark», 1998. 27 p.
8. Talpa B.V. Izvestija Vuzov, Sev.-Kav. region, Estestv. nauki. 1995. №2. pp. 32-34.
9. Kurilova S.N., Shatalov A.A. Nauchnoe obozrenie. 2012. №6. pp. 135-137.
10. Kudinov A.A. Teplomassoobmen. [Heat and mass transfer]. M.: Infra-M, 2012. 375 p.