

Получение теплоизоляционных материалов на основе диатомита и техногенных отходов методом гидратационного твердения

А.С. Хайруллина^{1*}, А.Е. Матен^{1,2}, А.Б. Артықбаева^{1,2},
Т.Б. Осеров¹, Б.С. Садықов¹, А.Е. Бакқара², А.Ж. Турешева¹

¹Институт проблем горения, ул. Богенбай батыра, 172, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, пр. аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан

АННОТАЦИЯ

Данная исследовательская работа посвящена разработке эффективных теплоизоляционных материалов на основе диатомита и техногенных отходов, полученных методом гидратационного твердения. Применение метода гидратационного твердения позволяет создавать структурно стабильные теплоизоляционные материалы с высокими теплоизоляционными свойствами. В процессе исследования оптимизированы соотношения компонентов, а также параметры гидратационного твердения для достижения оптимальных режимов получения теплоизоляционных материалов. Разработанные материалы обладают потенциалом для применения в строительстве и других отраслях, способствуя улучшению энергоэффективности и сокращению использования традиционных материалов, что содействует устойчивому развитию и снижению экологического воздействия. В данном исследовании разработаны составы теплоизоляционных материалов на основе природного диатомита и техногенных отходов (золошлак и золоунос) с использованием цемента и гипса в качестве вяжущих веществ. Полученные материалы демонстрируют хорошие физико-механические свойства: низкий коэффициент теплопроводности 0,336 Вт/м*К и высокая прочность 10,2 МПа после 30 суток твердения. Материалы обладают приемлемыми коэффициентами водопоглощения, что обеспечивает их долговечность и устойчивость к влаге. Таким образом, настоящее исследование открывает новые возможности для создания экологически чистых, экономически эффективных теплоизоляционных материалов на основе диатомита и техногенных отходов. Разработанные материалы могут найти широкое применение в различных областях промышленности, что подчеркивает важность и актуальность проведенной работы.

Ключевые слова: метод гидратационного твердения, диатомит, техногенные отходы, золошлак, золоунос, теплоизоляционные материалы

1. Введение

Современное строительство сталкивается с вызовами по повышению эффективности, качества и экологической безопасности конструкций, при этом стремясь снизить материалоемкость и капитальные затраты. Теплоизоляционные материалы играют важную роль в данном направлении [1]. В исследовании рассматривается перспективное направление в создании теплоизоляционных материалов с использованием диатомита и техногенных отходов методом гидратационного твердения.

**Ответственный автор*
E-mail: H_ainura_98@mail.ru

В последние десятилетия энергоэффективность и экологическая устойчивость стали центральными вопросами в строительной отрасли. Поиск новых, эффективных и экологически безопасных теплоизоляционных материалов становится все более актуальным. Одним из перспективных направлений в этой области является использование природных минералов и техногенных отходов, таких как диатомит и промышленные отходы, соответственно. Диатомит, будучи пористым силикатным материалом биогенного происхождения, обладает высокими теплоизоляционными свойствами и легкостью. Техногенные же отходы являются доступным ресурсом, использование которого позволяет не только улучшить экологическую обстановку, но и снизить себестоимость конечного продукта [2].

Механохимическая обработка представляет собой важный этап, который предшествует процессу гидратационного твердения. Метод гидратационного твердения открывает новые возможности в создании композиционных материалов, позволяя активизировать связующие свойства компонентов за счет гидратационных процессов. Такой подход не только способствует повышению прочностных характеристик, но и обеспечивает дополнительные теплоизоляционные свойства за счет формирования пористой структуры материала. Использование диатомита и техногенных отходов в составе теплоизоляционных материалов может стать основой для разработки нового класса экологически чистых и эффективных решений в сфере строительства [3].

Метод гидратационного твердения применяется в различных областях, включая создание теплоизоляционных и конструкционных материалов. Процессы, происходящие в материале во время гидратационного твердения, часто накладываются друг на друга, что делает точное разграничение стадий технологического процесса сложным. Однако общая последовательность технологического процесса от подготовительной стадии к стадии фиксации структуры материала обычно сохраняется [4]. Гидратационное твердение может включать изменения в рельефе поверхности материалов, как показано в исследовании пористых композитов [5].

В исследованиях, касающихся получения пористых материалов методом гидратационного твердения, особое внимание уделяется структуре, механической прочности и проницаемости полученных материалов. Использование различных порошкообразных материалов в процессе гидратационного твердения позволяет получать теплоизоляционные материалы с разнообразной пористой структурой и соответствующими физическими свойствами [6-7].

Таким образом, метод гидратационного твердения представляет собой сложный и многоступенчатый процесс, в ходе которого можно регулировать физические и механические свойства материалов, что делает его перспективным для использования в различных технологических процессах, включая создание теплоизоляционных материалов [8].

2. Экспериментальная часть

Методом гидратационного твердения были получены теплоизоляционные материалы на основе минерального сырья и техногенных отхо-

дов (золошлак, золоунос). В теплоизоляционных материалах гидратационное твердение служит нескольким целям. Во-первых, усиливает структурную целостность материала, делая его более устойчивым к механическим нагрузкам и деформации. Во-вторых, создает более плотную матрицу, тем самым уменьшая проницаемость материала для воздуха и попадания влаги. Это, в свою очередь, повышает его тепловые характеристики и устойчивость к факторам окружающей среды, таким как влажность и колебания температуры.

Эксперименты проводили с использованием минерального сырья, такого как обожженная крошка диатомитовая марки «А» с фракцией 0-0,2 мм, а также техногенного сырья в виде золоуноса и золошлаков. Результаты рентгенофазового анализа показали, что диатомит содержит 88,5% SiO_2 , 5,8% $\text{NaAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{11}$ и 2,8% $(\text{Fe}_4\text{Si})_{0,4}$, золошлак содержит: $\text{Al}_2(\text{Al}_{2,8}\text{Si}_{1,2})\text{O}_{9,6}$ -муллит – 70% и SiO_2 -кварц – 29,1%.

Отходы тепловых электростанций (ТЭЦ) обладают высоким потенциалом для использования в производстве различных ценных продуктов и существенно способствуют развитию строительной индустрии. Основными техногенными отходами ТЭЦ и ГРЭС являются золошлаки и дымовые газы. В Республике Казахстан ежегодно образуется около 19 млн тонн золоуноса и золошлаковых смесей при сжигании угля, при этом в золоотвалах уже накопилось более 300 млн тонн таких отходов. Хотя большая часть золоуноса улавливается различными фильтрами, ежегодно в атмосферу выбрасывается около 250 млн тонн мелкодисперсных аэрозолей. Основной компонент техногенных отходов представляет собой муллит с небольшим содержанием диоксида кремния и несгоревшего углерода. Техногенные отходы были отобраны из золошлакового отвала ТЭЦ-2 города Алматы [9].

Для исследования были подготовлены образцы техногенного сырья, включая золоунос и золошлаки ТЭЦ-2, и проведен их рентгенофазовый анализ. Согласно результатам анализа, состав золошлака включает 70% муллита ($\text{Al}_2(\text{Al}_{2,8}\text{Si}_{1,2})\text{O}_{9,6}$) и 29,1% кварца (SiO_2), а также небольшое количество рентгеноаморфной фазы, состоящей из несгоревшего углерода (рис. 1).

Результаты рентгенофазового анализа показали, что образец практически полностью состоит из монофазного соединения $\text{Al}_2(\text{Al}_{2,8}\text{Si}_{1,2})\text{O}_{9,6}$ – муллита. Кроме того, в образце присутствует рентгеноаморфная фаза, включающая углерод (рис. 2).

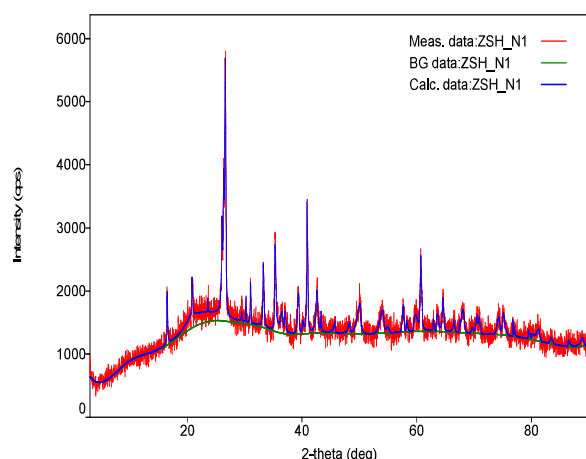


Рис.1. Дифрактограмма исходных частиц золошлака.

Коэффициент водопоглощаемости в теплоизоляционных материалах играет важную роль в определении их производительности и долговечности. Этот коэффициент отражает способность материала впитывать воду при воздействии влаги, что может повлиять на его теплопроводность, структурную целостность и общую эффективность в качестве изолятора.

Метод включает погружение изоляционного материала в воду на определенный период времени, обычно 24 часа, а затем измерение прироста массы. Прирост массы выражается в процентах от начальной сухой массы материала.

Механохимическая обработка предшествует процессу гидратационного твердения и выполняется для предварительной подготовки сырья и увеличения поверхности взаимодействия частиц, что способствует более эффективному сцеплению с матрицей цементного материала или другими связующими веществами. Это, в свою очередь, способствует формированию более прочной и устойчивой структуры материала, а

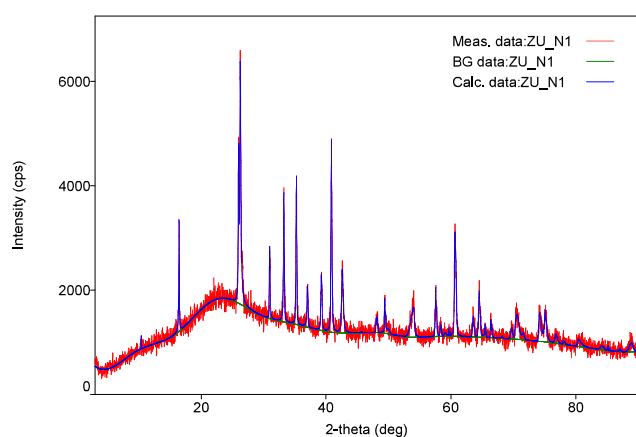


Рис.2. Дифрактограмма исходных частиц золоуноса.

также увеличению пористости и оптимизации распределения частиц, что снижает теплопроводность и улучшает его теплоизоляционные характеристики.

Диатомит и техногенные отходы измельчали в центробежно-планетарной мельнице ЦПМ “Пульверизетте 5” (FRITTSCH) в течение 20 минут при соотношении массы порошка (M_p) и массы шаров ($M_{ш}$) 1/4.

Механические свойства минерального сырья и техногенных отходов определяли прибором «Измеритель прочности» марки ИПС-МГ 4.03.

Коэффициент теплопроводности позволяет оценить тепловые характеристики изоляционных материалов. Теплопроводность экспериментальных образцов измеряли контактным методом, включающим применение плитки и прибора для измерения температуры термопарой ТМ 902 °С. Прибор имеет компактные размеры, снабжен экраном и кнопкой включения, температурный диапазон его измерений составляет от -50 до +1300 °С.

Для определения теплопроводности полученных образцов была применена эмпирическая формула, разработанная для расчета толщины теплоизоляции горячих поверхностей в соответствии с нормами проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования электростанций [10]:

$$\delta_{из} = \frac{\lambda_{из}(t_T - t_n)}{\alpha_n(t_T - t_0)}$$

где: λ – коэффициент теплопроводности (Вт/мК); t_T – температура теплоносителя; t_n – температура холодной поверхности; t_0 – температура комнаты; α – коэффициент теплоотдачи; δ – толщина изоляции (м).

Расчетная формула получена из условия равенства величины теплового потока, определяемого через теплопроводность изоляционного слоя и через теплообмен поверхности изоляции и окружающего воздуха.

3. Результаты и обсуждение

В таблице 1 приведены физико-механические свойства теплоизоляционных материалов на основе природного диатомита при разных соотношениях с вяжущим веществом. Цементные и гипсовые образцы с наполнителем испытывали на водостойкость путем определения изменения массы образца в исходном состоянии и после продолжительной выдержки в воде и сушки в печи при 40-45 °С. Затем определяли показатели прочности и коэффициент теплопроводности.

Таблица 1. Характеристики теплоизоляционных материалов на основе диатомита, изготовленных методом гидратационного твердения

Состав	Коэффициент теплопроводности, Вт/м*К	Коэффициент водопоглощаемости, %	Прочность, МПа
1 сутки			
Д* + цемент 70:30	0,567	6,65	-
Д* + цемент 60:40	0,663	7,23	-
Д* + гипс 50:50	0,488	-	-
Д* + гипс 40:60	0,531	-	-
Д** + цемент 70:30	0,516	5,64	-
Д** + цемент 60:40	0,545	6,12	-
Д** + гипс 50:50	0,423	-	-
Д** + гипс 40:60	0,512	-	-
15 суток			
Д* + цемент 70:30	0,664	18,41	5,6
Д* + цемент 60:40	0,667	21,34	7,7
Д* + гипс 50:50	0,584	-	-
Д* + гипс 40:60	0,527	-	-
Д** + цемент 70:30	0,500	19,45	5,9
Д** + цемент 60:40	0,539	20,43	8,2
Д** + гипс 50:50	0,421	-	4,6
Д** + гипс 40:60	0,510	-	5,8
30 суток			
Д* + цемент 70:30	0,614	29,61	7,4
Д* + цемент 60:40	0,549	21,67	11,57
Д* + гипс 50:50	0,513	-	3,4
Д* + гипс 40:60	0,502	-	9,5
Д** + цемент 70:30	0,497	29,72	7,9
Д** + цемент 60:40	0,531	21,15	12,0
Д** + гипс 50:50	0,416	-	4,1
Д** + гипс 40:60	0,500	-	10,4

Д* - диатомит; Д** - диатомит после (1/4) 20 минут МХО

Как видно из таблицы 1, образцы с предварительно активированными частицами природного диатомита после 30 суток твердения имеют низкие показатели теплопроводности и высокую прочность. Коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала (диатомит исходный + цемент, соотношение компонентов 70/30) после 1 суток твердения равен 0,567 Вт/м*К, через 30 суток – 0,614 Вт/м*К. Коэффициент теплопроводности материала с предварительно активированными частицами (природный диатомит после МХО + цемент, 70/30) после 1 суток твердения равен 0,516 Вт/м*К, через 30 суток – 0,497 Вт/м*К. Самый низкий коэффициент теплопроводности 0,416 Вт/м*К у материала (природный диатомит после МХО + гипс, 50/50) после 30 суток твердения.

В таблице 2 приведены физико-механические свойства теплоизоляционных материалов на основе золошлака при разных соотношениях с вяжущим веществом.

Из таблицы 2 видно, что хорошие физико-механические характеристики имеют образцы (ЗШ** + гипс, 50/50) после 30 суток твердения, коэффициент теплопроводности равен 0,336 Вт/м*К, прочность – 7,5 МПа и (ЗШ** + цемент, 70/30), коэффициент теплопроводности – 0,370 Вт/м*К, прочность – 6,5 МПа.

После 30 суток твердения низкие показатели коэффициента теплопроводности 0,374 Вт/м*К и прочности 8,0 МПа имеют образцы (ЗУ** + гипс, 50/50) и (ЗШ** + цемент, 60/40) – 0,362 Вт/м*К и прочности 7,6 МПа.

Таблица 2. Характеристики теплоизоляционных материалов на основе золошлака, изготовленных методом гидратационного твердения

Состав	Коэффициент теплопроводности, Вт/м*К	Коэффициент водопоглощаемости, %	Прочность, МПа
1 сутки			
ЗШ* + цемент 70:30	0,475	8,14	3,4
ЗШ* + цемент 60:40	0,561	8,34	7,1
ЗШ* + гипс 50:50	0,566	-	-
ЗШ* + гипс 40:60	0,602	-	-
ЗШ** + цемент 70:30	0,457	8,14	5,6
ЗШ** + цемент 60:40	0,549	8,34	8,0
ЗШ** + гипс 50:50	0,557	-	-
ЗШ** + гипс 40:60	0,562	-	-
15 суток			
ЗШ* + цемент 70:30	0,405	25,7	4,3
ЗШ* + цемент 60:40	0,392	23,38	4,2
ЗШ* + гипс 50:50	0,410	-	-
ЗШ* + гипс 40:60	0,379	-	8,4
ЗШ** + цемент 70:30	0,388	25,7	5,6
ЗШ** + цемент 60:40	0,376	23,38	5,9
ЗШ** + гипс 50:50	0,357	-	5,3
ЗШ** + гипс 40:60	0,364	-	9,1
30 суток			
ЗШ* + цемент 70:30	0,465	30,12	14,05
ЗШ* + цемент 60:40	0,407	26,83	21,8
ЗШ* + гипс 50:50	0,428	-	-
ЗШ* + гипс 40:60	0,387	-	6,3
ЗШ** + цемент 70:30	0,370	38,07	6,5
ЗШ** + цемент 60:40	0,400	28,84	7,2
ЗШ** + гипс 50:50	0,336	-	7,5
ЗШ** + гипс 40:60	0,366	-	10,3

*ЗШ** - золошлак исходный, *ЗШ*** - золошлак после (1/4) 20 мин МХО

Как видно из таблиц 1-3, образцы с предварительно активированными частицами природного диатомита, золошлака и золоноса после 30 суток твердения имеют низкие показатели теплопроводности и высокую прочность.

Строительная индустрия предлагает множество видов теплоизоляционных материалов. Например, коэффициент теплопроводности силикатного кирпича составляет 0,7-0,8 Вт/(м*К), а клинкерного кирпича – 0,8-0,9 Вт/(м*К). Зола и шлак, частично или полностью заменяя кварцевый песок, уменьшают плотность силикатного кирпича, улучшая его теплоизоляционные свойства до 0,7-0,8 Вт/(м*К) и прочность, а также снижают себестоимость на 15-20% [11].

Сравнительные анализы показывают, что полученные теплоизоляционные материалы на основе диатомита и техногенных отходов имеют более низкий коэффициент теплопроводности по сравнению с силикатным кирпичом, а также характеризуются дешевизной. Полученные теплоизоляционные материалы являются перспективными для использования в строительной индустрии, обеспечивая высокую экономическую эффективность и хорошие теплоизоляционные свойства.

4. Заключение

Были разработаны составы из природного минерала и техногенных отходов (ЗШ, ЗУ) с вяжущими веществами (цемент и гипс) методом гидратационного твердения.

Таблица 3. Характеристики теплоизоляционных материалов на основе золоуноса, изготовленных методом гидратационного твердения

Состав	Коэффициент теплопроводности, Вт/м*К	Коэффициент водопоглощаемости, %	Прочность, МПа
1 сутки			
ЗУ* + цемент 70:30	0,838	7,55	-
ЗУ* + цемент 60:40	0,679	10,90	-
ЗУ* + гипс 50:50	0,643	-	-
ЗУ* + гипс 40:60	0,573	-	-
ЗУ** + цемент 70:30	0,800	7,76	-
ЗУ** + цемент 60:40	0,651	11,05	-
ЗУ** + гипс 50:50	0,636	-	-
ЗУ** + гипс 40:60	0,554	-	-
15 суток			
ЗУ* + цемент 70:30	0,756	27,07	-
ЗУ* + цемент 60:40	0,729	26,56	5,2
ЗУ* + гипс 50:50	0,721	-	2,6
ЗУ* + гипс 40:60	0,611	-	3,5
ЗУ** + цемент 70:30	0,755	29,01	2,3
ЗУ** + цемент 60:40	0,612	28,75	7,1
ЗУ** + гипс 50:50	0,602	-	4,9
ЗУ** + гипс 40:60	0,549	-	4,7
30 суток			
ЗУ* + цемент 70:30	0,757	35,34	3,56
ЗУ* + цемент 60:40	0,687	30,62	10,75
ЗУ* + гипс 50:50	0,620	-	-
ЗУ* + гипс 40:60	0,684	-	-
ЗУ** + цемент 70:30	0,450	38,19	5,5
ЗУ** + цемент 60:40	0,362	26,33	7,6
ЗУ** + гипс 50:50	0,374	-	8,0
ЗУ** + гипс 40:60	0,431	-	8,6

ЗУ* - золоунос исходный, ЗУ** - золоунос после (1/4) 20 мин МХО

Включение в состав теплоизоляционных материалов предварительно активированных частиц природного диатомита и техногенных отходов приводит к низким коэффициентам теплопроводности, что свидетельствует об улучшении теплоизоляционных свойств.

Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки МНВО РК по грантовому проекту AP19680089.

Список литературы

- [1]. Abden Md J., Zhong T., Alim M.A., Zhu P., George L., Wuhler R. Combined use of phase change material and thermal insulation to improve energy efficiency of residential buildings // Journal of Energy Storage. – 2022. – Vol. 56. – P. 105880
- [2]. Xu B., Li Z. Performance of novel thermal energy storage engineered cementitious composites incorporating a paraffin/diatomite composite phase change material // Applied Energy. – 2014. – Vol. 121(C). – P. 114-122.
- [3]. Singh A., Bhadauria S.S., Thakare A.A., Kumar A., Mudgal M., Chaudhary S. Durability assessment

- of mechanochemically activated geopolymers concrete with a low molarity alkali solution // *Case Studies in Construction Materials*. – 2023. – Vol. 20. – P. e02715
- [4]. Характеристика общих технологических переделов изоляционных материалов // *Материалы: Общая информация ARHPLAN.ru*. <https://www.arhplan.ru/materials/information/harakteristika-obschih-tehnologicheskikh-peredelov-izolyacionnyh>.
- [5]. Пористый композит - носитель катализатора дегидрирования изобутана // *Физико-химические основы гидратационного твердения порошковых сред*. https://vuzdoc.org/43742/tehnika/poristy_kompozit_nositel_katalizatora_degidrirovaniya_izobutana.
- [6]. Проницаемые материалы с полидисперсной пористой структурой для каталитических процессов // *Физико-химические основы гидратационного твердения порошковых сред*. https://vuzdoc.org/43740/tehnika/pronitsaemye_materialy_polidispersnoy_poristoy_strukturoy_kataliticheskikh_protsesov
- [7]. Taoukil D., El meski Y., Lahlaouti M.I. Effect of the use of diatomite as partial replacement of sand on thermal and mechanical properties of mortars // *Journal of Building Engineering*. – 2021. – Vol. 42. – P. 103038
- [8]. Coppola B., Courard L., Michel F., Incarnato L., Scarfato P., Di Maio L. Hygrothermal and durability properties of a lightweight mortar made with foamed plastic waste aggregates // *Construct. Build. Mater.* – 2018. – Vol. 170. – P. 200-206.
- [9]. Ахмедьянов А.У., Киргизбаева К.Ж., Туреханова Г.И. Вторичная переработка отходов (золашлаков) промышленных предприятий // *Технические науки. Горное дело*. – 2018. – № 10.
- [10]. Расчет толщины теплоизоляции трубопроводов // <https://edvans.com.ua/statji/raschet-teploizolyatsii-trub/>
- [11]. Коэффициент теплопроводности кирпича в сравнении с другими материалами // <https://jsnip.ru/normy/kiprich-teploprovodnost>
- [4]. Materials: General information ARHPLAN.ru. Characteristics of general technological processes of insulating materials [Kharakteristika obshchikh tekhnologicheskikh peredelov izolyatsionnykh materialov]. <https://www.arhplan.ru/materials/information/harakteristika-obschih-tehnologicheskikh-peredelov-izolyacionnyh>.
- [5]. Physicochemical principles of hydration hardening of powder media. Porous composite - carrier of isobutane dehydrogenation catalyst [Porictyy kompozit - nocitel katalizatora degidrirovaniya izobutana]. https://vuzdoc.org/43742/tehnika/poristy_kompozit_nositel_katalizatora_degidrirovaniya_izobutana.
- [6]. Physicochemical bases of hydration hardening of powder media. Permeable materials with a polydisperse porous structure for catalytic processes [Pronitsaemye materialy s polidispersnoy poristoy strukturoy dlya kataliticheskikh protseccov]. https://vuzdoc.org/43740/tehnika/pronitsaemye_materialy_polidispersnoy_poristoy_strukturoy_kataliticheskikh_protsesov
- [7]. Taoukil D, El meski Y, Lahlaouti Ml (2021) *Journal of Building Engineering* 42: 103038 <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103038>
- [8]. Coppola B, Courard L, Michel F, Incarnato L, Scarfato P, Di Maio L (2018) *Construct Build Mater* 170: 200-206. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.083>
- [9]. Akhmedyanov AU, Kirgizbayeva KZh, Turekhanova GI (2018) *Technical science. Mining [Tekhnicheskiye nauki. Gornoye delo]* 10. (in Russian)
- [10]. Calculation of the thickness of thermal insulation of pipelines [Raschet tolshchiny teploizolyatsii truboprovodov]. <https://edvans.com.ua/statji/raschet-teploizolyatsii-trub/>
- [11]. Thermal conductivity coefficient of brick in comparison with other materials [Koeffitsient teploprovodnosti kirpicha v sravnenii s drugimi materialami]. <https://jsnip.ru/normy/kiprich-teploprovodnost>

References

- [1]. Abden Md J, Zhong T, Alim MA, Zhu P, George L, Wuhrer R (2022) *Journal of Energy Storage* 56: 105880. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105880>
- [2]. Xu B, Li Z (2014) *Applied Energy* 121(C): 114-122. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.02.007>
- [3]. Singh A, Bhaduria SS, Thakare AA, Kumar A, Mudgal M, Chaudhary S (2023) *Case Studies in Construction Materials* 20: e02715. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02715>

Production of heat-insulating materials on the basis of diatomite and technogenic wastes by hydration curing method

A.S. Khairullina^{1*}, A.E. Maten^{1,2}, A.B. Artykbaeva^{1,2}, T.B. Oserov¹, B.S. Sadykov¹, A.E. Bakkara^{1,2}, A.Zh. Turesheva¹

¹Institute of Combustion Problems, 172, Bogenbai batyr str., Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, 71, Al-Farabi ave., Almaty, Kazakhstan

ABSTRACT

This research work is dedicated to the development of efficient thermal insulation materials using diatomite and industrial waste. The application of the hydration hardening method allows for the creation of structurally stable composite materials with high thermal insulation capacity.

In the course of the research, the ratios of the components were optimized, as well as the parameters of hydration hardening to achieve optimal modes for obtaining thermal insulation materials. The developed materials have the potential for use in construction and other industries, contributing to improved energy efficiency and a reduction in the use of traditional materials, which contributes to sustainable development and a decrease in environmental impact.

In this study, compositions of thermal insulation materials based on natural diatomite and technogenic waste (ash, slag) were developed using cement and gypsum as binders. The obtained materials demonstrate good physical and mechanical properties: low thermal conductivity coefficient of 0.336 W/m*K and high strength of 10.2 MPa after 30 days of hardening. The materials have acceptable water absorption coefficients, which ensures their durability and resistance to moisture.

Thus, the present study opens up new possibilities for the creation of environmentally friendly, cost-effective thermal insulation materials based on diatomite and technogenic waste. The developed materials can find wide application in various fields of industry, which emphasizes the importance and relevance of the work carried out.

Keywords: hydration hardening method, diatomite, technogenic wastes, ash and slag, ash and slag, heat-insulating materials

Гидратациялық қатаю әдісімен диатомит және техногендік қалдықтар негізінде жылу оқшаулағыш материалдарды алу

А.С. Хайруллина^{1*}, А.Е. Матен^{1,2}, А.Б. Артыкбаева^{1,2}, Т.Б. Осеров¹, Б.С. Садыков¹, А.Е. Баққара^{1,2}, А.Ж. Турешева¹

¹Жану проблемалары институты, Бөгенбай батыр к-сі, 172, Алматы, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы, 71, Алматы, Қазақстан

АННОТАЦИЯ

Бұл зерттеу жұмысы диатомит пен техногендік қалдықтарды пайдалана отырып, тиімді жылу оқшаулағыш материалдарды әзірлеуге арналған. Гидратациялық қатаю әдісін қолдану жоғары жылу оқшаулау қабілеті бар құрылымдық тұрақты Композициялық материалдарды жасауға мүмкіндік береді.

Зерттеу барысында материалдардың жылу оқшаулау сипаттамаларын алудың оңтайлы режимдеріне қол жеткізу үшін компоненттердің арақатынасы, сондай-ақ гидратациялық қатаю параметрлері оңтайландырылды. Әзірленген материалдар құрылыста және басқа салаларда қолдану әлеуетіне ие, энергия тиімділігін жақсартуға және тұрақты дамуға және экологиялық әсерді төмендетуге ықпал ететін дәстүрлі материалдарды пайдалануды азайтуға ықпал етеді.

Бұл зерттеуде цемент пен гипсті тұтқыр заттар ретінде пайдалана отырып, табиғи диатомит және техногендік қалдықтар (күл, қож) негізінде жылу оқшаулағыш материалдардың құрамы әзірленді. Алынған материалдар жақсы физика-механикалық қасиеттерді көрсетеді: төмен жылу өткізгіштік коэффициенті 0,336 Вт/м*К және жоғары беріктігі 10,2 МПа 30 күндік қатаюдан кейін. Материалдар суды сіңірудің қолайлы коэффициенттеріне ие, бұл олардың беріктігі мен ылғалға төзімділігін қамтамасыз етеді.

Осылайша, осы зерттеу диатомит пен техногендік қалдықтарға негізделген экологиялық таза, үнемді және жоғары тиімді жылу оқшаулағыш материалдарды жасаудың жаңа мүмкіндіктерін ашады. Әзірленген материалдар өнеркәсіптің әртүрлі салаларында кеңінен қолданыла алады, бұл жүргізілген жұмыстың маңыздылығы мен өзектілігін көрсетеді.

Түйін сөздер: гидратациялық қатаю әдісі, диатомды топырақ, техногендік қалдықтар, күл және күл-қож, жылу оқшаулағыш материалдар