






https://doi.org/10.51885/3134-8041_IACS_2026_2_10

MPHTI 67.09.33

ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ДИАТОМИТА

ДИАТОМИТ НЕГІЗІНДЕГІ ЖЕҢІЛ БЕТОНДАР

LIGHTWEIGHT CONCRETE BASED ON DIATOMITE

А.Т. Таскалиев *, К.А. Нариков , Б.Т. Шакешев , Б.Л. Идрисов ,
К.М. Джумабаева 

Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, г. Уральск, Казахстан

*Автор-корреспондент: Таскалиев Азамат Тюлепкалиевич, Taskalievazamat@mail.ru

Ключевые слова:

диатомит, бетон,
технология, термиз,
теплопорит, газобетон,
термолитобетон,
высокотемпературный
обжиг, физико-
механические свойства.

АННОТАЦИЯ

Данная исследовательская работа заключается в использовании диатомита Актыубинской области для современного производства строительных материалов, необходимых в решении экономической задачи, снижения энергопотребления в жизнеобеспечении зданий и сооружений, ключевым параметром которого является коэффициент теплопроводности строительных материалов с точки зрения теплоизоляции зданий и сооружений. Целью научно-исследовательской работы является разработка технологии производства бетонных изделий и конструкций на основе диатомита для современного гражданского и промышленного строительства. Диатомит исследовали как самостоятельный материал и как сырье для изготовления термолита, полученного путем высокотемпературного обжига диатомита при температуре 1150°C, используемых в качестве заполнителя для производства бетонных изделий, таких как термиз, теплопорит, газобетон и термолитобетон. Были определены средняя плотность, прочность на сжатие, водопоглощение, истираемость и коэффициент теплопроводности лабораторных бетонных образцов на основе диатомита и термолита по методике, соответствующей нормативным строительным документам. Для улучшения физико-механических свойств теплопорита использовали модифицирующую добавку MasterCast 727 в количестве 2,0% (7 кг) от массы цемента 350 кг состава теплопорита, в результате снизилось водопоглощение с 34,8 до 27,4% (на 21,3%), повысилась прочность с марки М25 (В1,5) до марки М35 (В2,5) и марка истираемости с G3 до G2. В статье представлены результаты проведенных научных исследований основных физико-механических свойств термиза, теплопорита, газобетона и термолитобетона. В дальнейших научно-исследовательских работах будут использованы результаты, отраженные в статье для разработки технологии производства бетонных изделий с использованием MasterCast 727 и других добавок.





Түйінді сөздер:

диатомит, бетон, технология, термиз, жылу пориті, газдалған бетон, термолит бетон, жоғары температуралы күйдіру, физика-механикалық қасиеттері.

ТҮЙІНДЕМЕ

Бұл зерттеу жұмысы Ақтөбе облысының диатомитін экономикалық міндеттерді шешуде қажетті құрылыс материалдарын заманауи өндіру, ғимараттар мен құрылыстарды тіршілікпен қамтамасыз етуде энергия тұтынуды азайту үшін пайдаланудан тұрады, оның негізгі параметрі ғимараттар мен құрылыстарды жылу оқшаулау тұрғысынан құрылыс материалдарының жылу өткізгіштік коэффициенті болып табылады. Ғылыми-зерттеу жұмысының мақсаты заманауи азаматтық және өнеркәсіптік құрылыс үшін диатомит негізіндегі бетон бұйымдары мен конструкцияларын өндіру технологиясын әзірлеу болып табылады. Диатомит дербес материал ретінде және термиз, жылу оқшаулағыш бетон, газдалған бетон және термолит бетон сияқты бетон бұйымдарын өндіру үшін агрегат ретінде пайдаланылатын 1150 °С температурада диатомитті жоғары температурада күйдіру арқылы алынған термолит жасау үшін шикізат ретінде зерттелді. Нормативтік құрылыс құжаттарына сәйкес әдістеме бойынша диатомит және термолит негізіндегі зертханалық бетон үлгілерінің орташа тығыздығы, қысу беріктігі, суды сіңіру, тозу және жылу өткізгіштік коэффициенті анықталды. Жылу оқшаулағыш бетонның физика-механикалық қасиеттерін жақсарту үшін mastercast 727 модификациялаушы қоспасы пайдаланылды, цемент массасының 2,0 % (7 кг) мөлшерінде 350 кг жылу поритінің құрамы, нәтижесінде суды сіңіру 34,8-тен 27,4 %-ға дейін (21,3 %-ға) төмендеді, беріктігі М25 (В1,5) маркасынан М35 (В2,5) маркасына дейін өсті және G3-тен G2-ге дейін тозу маркасы. Мақалада термиздің, термопориттің, газдалған бетонның және термолит бетонның негізгі физика-механикалық қасиеттеріне жүргізілген ғылыми зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Әрі қарайғы ғылыми-зерттеу жұмыстарында mastercast 727 және басқа да қоспаларды пайдалана отырып, бетон бұйымдарын өндіру технологиясын әзірлеу үшін мақалада көрсетілген нәтижелер пайдаланылатын болады.

keywords:

diatomite, concrete, technology, thermite, heat-resistant, aerated concrete, thermolite concrete, high-temperature firing, physical and mechanical properties.

ABSTRACT

This research work involves the use of diatomite from the Aktobe region for the modern production of building materials necessary for solving the economic problem of reducing energy consumption in the life support of buildings and structures, the key parameter of which is the thermal conductivity coefficient of building materials in terms of thermal insulation of buildings and structures. The aim of the research work is to develop a technology for the production of concrete products and structures based on diatomite for modern civil and industrial construction. Diatomite was studied as an independent material and as a raw material for the production of thermolite, obtained by high-temperature calcination of diatomite at a temperature of 1150°C, used as a filler for the production of concrete products such as thermite, teploporite, aerated concrete, and thermolite concrete. The average density, compressive strength, water absorption, abrasion resistance, and thermal conductivity coefficient of laboratory concrete samples based on diatomite and thermolite were determined using methods compliant with relevant construction standards. To improve the physical and mechanical properties of the heat-resistant material, a modifying additive MasterCast 727 was used in an amount of 2.0% (7 kg) of the 350 kg mass of cement in the heat-resistant concrete composition. As a result, water absorption decreased from 34.8 to 27.4% (by 21.3%), strength increased from grade M25 (B1,5) to grade M35 (B2,5), and abrasion

resistance increased from G3 to G2. The article presents the results of scientific research on the main physical and mechanical properties of thermite, heat-resistant concrete, aerated concrete, and thermolite-concrete. The results presented in the article will be used in further scientific research to develop a technology for the production of concrete products using MasterCast 727 and other additives.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальностью научного исследования диатомита Актюбинской области является анализ возможности применения данного природного сырья для обеспечения строительного рынка Республики Казахстан современными энергосберегающими строительными материалами.

Важность научного исследования заключается в разработке новых современных технологий промышленного производства на основе неиспользованных запасов месторождений диатомита Актюбинской области в настоящее время.

Промышленное использование диатомита основано на ряде его физических и химических свойств (Gupta, 2023), используется как гидравлическая добавка для производства портландцемента (Sharma и др., 2021), легких бетонов, керамических и теплоизоляционных изделий (И.А. Садаков, 2015).

Основным фактором повышения эффективности строительства является снижение материалоемкости, уменьшение массы и теплопроводности строительных конструкций без потери их несущей способности и других эксплуатационных свойств. Для достижения этой цели необходима разработка технологии и применение легких и прочных бетонов с пониженной теплопроводностью и водопроницаемостью.

В зависимости от вида применяемого пористого заполнителя легкие бетоны разделяют на керамзитобетон, аглопоритобетон, шлакобетон, пемзобетон, термолитобетон и т.д. Бетон с добавлением обожженного диатомита используется в качестве теплоизолятора, так как состоит из мелких частиц, которые заполняют пустоты, уплотняя бетонную матрицу (Barreto & Bautista, 2024).

В легком бетоне в качестве заполнителей используют щебень из пемзы (Parhizkar и др., 2012), керамзит (M & Abbas, 2022), вулканический пористый известняк и доломит, перлит, вулканический туф, вермикулит (Kumar и др., 2022; Vijayan и др., 2020), известняк-ракушечник, известковый туф, опоку, трепел, диатомит (Vijayan и др., 2020; Cáceres и др., 2019), топливные шлаки, пористые металлургические шлаки, вспученные при обжиге керамзита, термозита, перлита, вермикулита, термолита и др.

По своему происхождению диатомит относится к биохимическим горным породам, относящимся к группе кремнистых пород (М. Н. Баранова и др., 2011). Диатомит – это осадочная порода, состоящая в основном из аморфного или активного кремнезема (Sharma и др., 2021).

Диатомит представляет собой рыхлую или сцементированную кремнистую породу белого или светло-серого цвета, состоящую более 50 % из панцирей диатомей, содержит 70-98 % растворимого в щелочах кремнезема, обладает высокой пористостью до 75 % и малой объемной массой от 420 до 1250 кг/м³ (ГКЗ СССР, 1984).

Результаты исследований важны для применения диатомита – уникального природного материала для современного гражданского и промышленного строительства Республики Казахстан.

При решении задач исследования предполагалось использование диатомита в двух видах.

Во-первых, применение диатомита как самостоятельного материала в качестве заполнителя для производства бетонных изделий.



Во-вторых, применение продукта переработки диатомита – термолита (Barreto & Bautista, 2024), полученного высокотемпературным обжигом, в составе легких бетонных изделий и конструкций. Диатомит в качестве добавки после обжига и измельчения может значительно повысить прочность, текучесть, удобоукладываемость и долговечность бетона (Du, 2019).

Для решения таких задач необходимо спроектировать составы бетонных изделий экспериментальным путем, получить оптимальные составы строительных материалов, соответствующие нормативным строительным документам Республики Казахстан.

Важной задачей является определение основных физико-механических свойств изготовленных по разработанной технологии исследователями в лабораторных условиях модифицированных бетонных образцов. В исследованиях для улучшения физико-механических свойств бетонных изделий применяли модифицирующую добавку MasterCast 727 (MasterCast® 727, б. д.).

В современном производстве строительных материалов одной из важнейших экономических задач является снижение энергопотребления для жизнеобеспечения зданий и сооружений. Ключевым параметром является коэффициент теплопроводности строительных материалов с точки зрения теплоизоляции зданий и сооружений.

Целью таких расчетов является производство строительных материалов, предназначенных для минимизации теплообмена между окружающей средой и внутренним пространством зданий и сооружений через ограждающие конструкции, обеспечивающие максимальный комфорт для людей, с низкими затратами на отопление и вентиляцию.

Положительные результаты проведенного исследования по разработке технологии производства легких модифицированных бетонных изделий на основе диатомита позволят в будущем расширить рынок строительных материалов Республики Казахстан высококачественной строительной продукцией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследованиях использовали диатомит Актюбинской области и модифицирующую добавку MasterCast 727.

Для решения поставленной задачи необходимо исследовать свойства бетонных изделий с использованием диатомита западного региона Казахстана, экспериментальным путем получить лабораторные образцы по разработанной технологии производства легких бетонов и определить их основные физико-механические свойства согласно соответствующим нормативным строительным документам Республики Казахстан.

При изготовлении лабораторных бетонных образцов применяли следующее оборудование:

- измельчение диатомита и качественное смешивание компонентов предлагаемого состава бетонных изделий производилось в лабораторной шаровой мельнице МШЛ-1;
- высокотемпературный обжиг диатомита при температуре 1150°C осуществлялся в электропечи сопротивления СНОЛ 50/1300;
- в приготовлении растворной смеси использовали чашу и лопатку затворения;
- изготовление лабораторных образцов – кубов производилось с помощью форм куба 2 ФК-100;
- изготовление бетонных образцов осуществлялось с помощью виброплощадки СМЖ-539-220;
- для ускорения твердения лабораторных бетонных образцов использовали пропарочную камеру КУП-1;
- предварительный прогрев материала до 60°C осуществлялся в электропечи СНОЛ 67/350;

- для измерения линейных размеров и массы образцов использовали штангенциркуль ШЦ-200 и электронные весы ACS;
- прочность на сжатие образцов определяли на испытательном прессе ПГМ-МГ4;
- теплопроводность образцов определяли с помощью прибора ИТП-МГ-4 «ЗОНД»;
- для определения марки стираемости применяли круг истирания лабораторный ЛКИ-4;
- для просеивания материала использовали сито с размерами ячеек 2 мм.

В результате проведенных научных исследований были запроектированы составы теплопорита, термиза, термолитобетона в соответствии с требованиями ГОСТа 25820-2000 «Бетоны легкие. Технические условия» и газобетона (ячеистый бетон) в соответствии с требованиями ГОСТа 25485-2019 «Бетоны ячеистые. Общие технические условия».

Для изготовления лабораторных бетонных образцов, таких как теплопорит, термиз и газобетон, использовался диатомит (песок диатомитовый фракции менее 2 мм), для термолитобетона – песок термолитовый (обожженный диатомитовый песок при температуре 1150°C). В качестве вяжущего применяли цемент М500 (*Портландцемент со шлаком ЦЕМ III/A-III 42,5Н*, б. д.). Для затворения смесей использовали воду подходящего качества и объема (ГОСТ 23732 - 2011 «Вода для бетонов и строительных растворов», 2012).

Для изготовления газобетона, относящегося к группе неавтоклавных газобетонов (НААС) (С.А. Стельмах и др., 2017), использовалась алюминиевая пудра ПАП 1 (*Пудра алюминиевая пигментная ПАП-1*, б. д.) в качестве газообразователя, каустическая сода (Производитель АО «Каустик», г. Павлодар, Республика Казахстан) для усиления реакции газообразования в газобетонном массиве и сульфат натрия (*Натрий серноокислый (Сульфат натрия)*, б. д.) для ускорения процесса твердения газобетонной смеси.

Определение физико-механических свойств бетонных изделий осуществляли через 28 суток с момента укладки смеси в формы (ГОСТ 18105 - 2018 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности», 2019).

В результате проведения научных исследований согласно нормативным документам были определены:

- средняя плотность (ГОСТ 12730.1 - 2020 «Бетоны. Методы Определения Плотности», 2021)
- водопоглощение (ГОСТ 12730.3 - 2020 «Бетоны. Метод Определения Водопоглощения», 2021);
- поглощение жидкости бетоном связано с механизмами разрушения, влияющими на долговечность;
- прочность (ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам», 2012), прочность на сжатие газобетонов определяется двумя методами испытаний: высушив при температуре не выше 50 °С при влажности 6 % ± 2 % или высушив при температуре 70 °С и умножив результат на коэффициент 0,8;
- теплопроводность (ГОСТ 7076-99 «Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме», 1999);
- стираемость (ГОСТ 13087 - 2018 «Бетоны. Методы определения стираемости», 2018).

Для проведения научных исследований использовались приборы и оборудование лаборатории «Строительные материалы и строительная теплофизика» кафедры «Архитектура и строительство» Западно-Казахстанского инновационно-технологического университета.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для научного исследования по использованию диатомита в производстве легких бетонов была проведена работа по измельчению кусков диатомита и получению фракции с размерами зерен менее 2 мм (рис. 1).

Измельчение производилось с использованием лабораторной шаровой мельницы МШЛ 1 (Дробильно-измельчительное оборудование, б. д.).

В таблице 1 представлены результаты лабораторных исследований по определению физико-механических свойств диатомита фракции с размерами зерен менее 2 мм (песок диатомитовый).



Рисунок 1. Песок диатомитовый

Примечание – сфотографировано автором на основе данных (Таскалиев, 2025)

Таблица 1. Физико-механические свойства: песок диатомитовый

Наименование материала	Насыпная плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/м×К	Коэффициент пластичности	Липкость, г/см ²	Коэффициент чувствительности к сушке
Песок диатомитовый	410	0,098	5,88	8,8	0,173

Примечание – составлено автором на основе данных (Таскалиев, 2025)

Высокотемпературный обжиг песка диатомитового при температуре 1150 °С осуществлялся в электропечи сопротивления СНОЛ 50/1300 (рис. 2). Песок диатомитовый после обжига носит название песок термолитовый.



Рисунок 2. Обжиг диатомита в электропечи ЭКПС 50/1300

Примечание – сфотографировано автором на основе данных (Таскалиев, 2025)

В результате проведенных научных исследований были запроектированы составы теплопорита, термиза (табл. 2), термолитобетона (табл. 3) и газобетона (табл. 4):

Таблица 2. Состав теплопорита и термиза

Наименование бетонного изделия	Песок диатомитовый, кг	Цемент, кг	Вода, л
Теплопорит	900	350	90
Термиз	795	358	110

Примечание – составлено автором на основе данных (Таскалиев, 2025)

Таблица 3. Состав термолитобетона

Наименование бетонного изделия	Песок термолитовый, кг	Цемент, кг	Вода, л
Термолитобетон	900	350	80

Примечание – составлено автором на основе данных (Таскалиев, 2025)

Таблица 4. Состав газобетона

Наименование бетонного изделия	Песок диатомитовый, кг	Цемент, кг	Алюминиевая пудра, кг	Каустическая сода, кг	Сульфат натрия, кг	Вода, л
Газобетон	460	520	1,0	6,0	10	40

Примечание – составлено автором на основе данных (Таскалиев, 2025)

Для сохранения высокой пористости и повышения механической прочности неавтоклавных газобетонов необходима оптимизация состава (Н.И. Макридин & И.Н. Максимова, 2013). Качественное смешивание компонентов предлагаемого состава бетонных изделий производилось в лабораторной шаровой мельнице МШЛ-1.

Для получения растворной смеси в качестве затворителя использовалась вода с температурой 18-22 °С, положительно влияющая на скорость схватывания. В приготовлении растворной смеси использовали чашу и лопатку затворения. Изготовление лабораторных образцов кубов производилось с помощью форм куба 2 ФК-100.

Для ускорения твердения лабораторных бетонных образцов (теплопорит, термиз, термолитобетон) использовали пропарочную камеру КУП-1. В камере образцы подвергались воздействию горячего пара с температурой до 100 °С и влажностью до 100 %.

Технология получения газобетона отличается от технологии производства теплопорита, термиза и термолитобетона тем, что до смешивания воду, цемент, песок диатомитовый и химические добавки (каустическая сода и сульфат натрия) нагревают до 45-60 °С в электропечи СНОЛ 67/350 и засыпают в цилиндрический барабан шаровой мельницы МШЛ 1 без мелющих тел. Время перемешивания компонентов равно 5 минутам. Затем добавляется алюминиевая пудра с дополнительным временем перемешивания в течение 1 минуты.

Готовая смесь заливается в формы куба 2 ФК-100 (рис. 3) и помещается в электропечь СНОЛ 67/350 для предварительного прогрева в течение 1 часа, смесь затвердевает при температуре 35 °С.

После достижения конструкционной плотности газобетонного массива срезают верхнюю часть и извлекают из форм.

Полученные лабораторные образцы газобетона в виде куба с размерами ребра 100 мм помещают в электропечь СНОЛ 67/350 для окончательного твердения, где они набирают прочность в течение 6 часов при температуре 60 °С.

Через 28 суток, после окончательного набора прочности лабораторных образцов, выполненных в виде куба с размерами ребра равными 100 мм, исследовательская группа приступила к определению основных физико-механических свойств теплопорита, термиза, термолитобетона и газобетона.



Рисунок 3. Формование газобетона в форме куба 2 ФК – 100

Примечание – сфотографировано автором на основе данных (Таскалиев, 2025)

В производстве легких бетонов, таких как термиз, песок диатомитовый составляет ориентировочно 55 %, для производства теплопорита – около 70 % от массы состава бетонной смеси.

Термолитобетон изготавливался по технологии, аналогичной традиционной технологии производства бетонной смеси, где вместо строительного песка использовался песок термолитовый.

На начальном этапе проектирования состава и разработки технологии изготовления лабораторных образцов газобетона с использованием лабораторного оборудования в результате твердения наблюдалось появление трещин на поверхности образцов. Чтобы устранить причину возникновения трещин, были изучены научные труды ученых (Margarita Vladislavna, 2020), занимающихся данной проблемой при изготовлении газобетона.

Учитывая результаты исследования ученых в устранении образования трещин в газобетоне, был разработан технологический режим твердения газобетона под воздействием тепловой обработки с указанным выше температурным режимом и временем теплового воздействия.

В дальнейших исследованиях в лабораторных образцах газобетона трещин не наблюдалось (рис. 4).



Рисунок 4. Лабораторный образец газобетона

Примечание – сфотографировано автором на основе данных (Таскалиев, 2025)

Также следует отметить, что используемый в научных исследованиях перечень лабораторного оборудования, применяемый для изготовления теплопорита, термиза, термолитобетона и газобетона будет соответствовать наименованию основного промышленного оборудования технологической линии заводов-производителей строительных материалов данного вида строительной продукции (строительных изделий и конструкций из теплопорита, термиза, термолитобетона и газобетона), что облегчит выбор промышленного оборудования в перспективе для заводов, которые заинтересуются результатами наших исследований.

В таблице 5 представлены результаты исследований физико-механических свойств лабораторных образцов теплопорита, термиза, термолитобетона и газобетона.

Таблица 5. Физико-механические свойства теплопорита, термиза, термолитобетона и газобетона

Наименование бетонного изделия	Средняя плотность кг/м ³	Водопоглощение % по массе	Марка бетона по прочности	Класс бетона по прочности	Теплопроводность, Вт/м×К	Марка истираемости
Теплопорит	920	34,8	M25	B1,5	0,12	G3
Термиз	1045	28,4	M35	B2,5	0,18	G2
Термолитобетон	1370	16,4	M75	B5	0,192	G1
Газобетон	770	14,7	M25	B1,5	0,07	G3

Примечание – составлено автором на основе данных (Таскалиев, 2025)

По результатам проведенных исследований (табл. 5) физико-механических свойств теплопорита, термиза, термолитобетона и газобетона наибольшей прочностью M75 (B5), средней плотностью 1370 кг/м³ и истираемостью G1 обладает термолитобетон, наибольшим водопоглощением 34,8 % – теплопорит, наименьшим коэффициентом теплопроводности 0,07 Вт/м×К – газобетон.

Для определения прочности лабораторных образцов теплопорита, термиза, термолитобетона и газобетона применяли пресс ПГМ-МГ4 (рис. 5)

В дальнейших исследованиях для улучшения физико-механических свойств бетонных изделий применяли модифицирующую добавку MasterCast 277. Такой вид добавки применяют при изготовлении бетонных изделий для повышения прочности, удобоукладываемости, водопоглощения, морозостойкости и снижения высолообразования на поверхности изделий.

Состав рабочей смеси для изготовления теплопорита состоит из песка диатомитового в количестве 67 мас. %, портландцемента в количестве 26 мас. %, пластификатора MasterCast 277 в количестве 0,005 мас. %, остальное – вода.

Модифицированную добавку в составе теплопорита использовали в количестве 2,0 % (7 кг) от массы цемента 350 кг. Водоцементное отношение (В/Ц) составляло 0,26.

Для определения физико-механических свойств модифицированного теплопорита были изготовлены лабораторные бетонные образцы – кубы с размером ребер 100 мм в количестве 24 штук.



Рисунок 5. Пресс ПГМ-МГ4 для определения прочности лабораторных бетонных образцов

Примечание – сфотографировано автором на основе данных (Таскалиев, 2025)

В таблице 6 представлены результаты исследований лабораторных образцов теплопорита по определению средней плотности, водопоглощения, прочности, теплопроводности и истираемости.

Таблица 6. Физико-механические свойства теплопорита

Наименование бетонного изделия	Средняя плотность кг/м^3	Водопоглощение % по массе	Марка бетона по прочности	Класс бетона по прочности	Теплопроводность, $\text{Вт/м}\cdot\text{К}$	Марка истираемости
Теплопорит	920	34,8	M25	B1,5	0,12	G3
Теплопорит (модифицированный)	920	27,4	M35	B2,5	0,118	G2

Примечание – составлено автором на основе данных (Таскалиев, 2025)

В результате проведенных исследовательских работ модифицированного теплопорита (табл. 6) были определены следующие изменения физико-механических свойств: снижение водопоглощения с 34,8 до 27,4% (на 21,3%), повышение прочности с марки M25 (B1,5) до марки M35 (B2,5) и марки истираемости с G3 до G2. Исследованные свойства теплопорита подтверждают, что модифицированная добавка MasterCast 277 улучшает свойства теплопорита и пригодна для промышленного производства теплопорита.

По прочности на сжатие лабораторные образцы теплопорита, термиза, термолитобетона и газобетона согласно ГОСТу 57345 - 2016 «Бетоны ячеистые. Общие технические условия» и ГОСТу 25485 - 2019 «Бетоны ячеистые. Общие технические условия» относятся к конструкционно-теплоизоляционным бетонам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В проведенной научно-исследовательской работе было подтверждено, что уникальные физико-механические свойства диатомита Актюбинского месторождения пригодны, согласно нормативным документам, для использования диатомита в качестве сырьевого материала в производстве современных энергосберегающих строительных материалов, обладающих хорошими теплоизоляционными свойствами и достаточной прочностью, соответствующих классу конструкционно-теплоизоляционных бетонов для строительства гражданских и производственных зданий.

Результаты проведенных экспериментальных научных исследований:

- спроектированы оптимальные составы теплопорита, термиза, газобетона и термолитобетона;
- определены физико-механические свойства теплопорита, термиза, газобетона и термолитобетона;
- определены физико-механические свойства теплопорита, модифицированного добавкой MasterCast 277.

Для определения показателей физико-механических свойств бетонных изделий с использованием модифицирующей добавки был выбран состав теплопорита с наиболее низкими результатами по сравнению со свойствами термиза и термолитобетона (табл. 5). В результате проведенных исследовательских работ с модифицированным теплопоритом были получены следующие улучшенные изменения физико-механических свойств теплопорита: снижение водопоглощения на 22,6 %, повышение прочности с марки М25 (В2) до марки М35 (В2,5) и марки истираемости с G3 до G2 (табл. 6).

Использование в составе теплопорита модифицирующей добавки MasterCast 277 позволило улучшить физико-механические свойства теплопорита, полученные результаты подтверждают пригодность добавки в промышленном производстве теплопорита. Эффективность добавки подтверждает целесообразность проведения исследований с составами термиза, термолитобетона и газобетона. Планируется проведение исследований со следующими добавками кроме MasterCast 277: 1. Пластификатор Ф 1; 2. Суперпластификатор С-3; 3. Реламикс; 4. Суперпластификатор «Штайнберг»; 5. Карбоксил ПК-2. Исследования будут проводиться с отдельными и с несколькими добавками в экспериментальном составе.

Целью будущих исследований являются разработка технологии производства строительной продукции на основе диатомита с использованием результатов проведенных исследований, отраженных в статье, отличающейся от существующих известных технологий производства, и адаптация разработанной технологии к промышленной, полупромышленное испытание разработанной технологии в заводских условиях с анализом и подбором оптимального технологического оборудования для производства строительных материалов и изделий, на основе диатомита.

Таким образом, полученные результаты научных исследований, представленные в этой статье, а именно разработанные современные энергосберегающие технологии производства теплопорита, термиза, газобетона и термолитобетона, позволят в будущем расширить рынок производства строительных материалов Республики Казахстан новыми современными теплоизоляционно-конструкционными, энергосберегающими материалами в виде бетонных изделий и конструкций для современного гражданского и промышленного строительства.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Научно-исследовательские работы профинансированы Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № АР 32726337).



ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ОДОБРЕНИИ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫМ ЭТИЧЕСКИМ КОМИТЕТОМ (IRB): Не применимо.

ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ИНФОРМИРОВАННОМ СОГЛАСИИ: Не применимо.

ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ: Данные, подтверждающие результаты данного технического исследования, могут быть предоставлены соответствующим автором по обоснованному запросу.

БЛАГОДАРНОСТИ: Авторы выражают благодарность коллегам за методологическую поддержку и полезные обсуждения, а также анонимным рецензентам за ценные замечания, способствовавшие улучшению качества статьи.

УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: Авторы научных статей не использовали инструменты искусственного интеллекта (ИИ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 17177-94 «Материалы и изделия строительные теплоизоляционные». (2001). // GOST 17177-94 "Materialy i izdeliya stroitel'nye teploizolyatsionnye" [Thermal insulation building materials and products]. (2001). (In Russ.)
- ГКЗ СССР (Ред.). (1984). Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям кремнистых пород (диатомит, спонголит, трепел, опока). // GKZ SSSR (Ed.). (1984). Instruktsiya po primeneniyu klassifikatsii zapasov k mestorozhdeniyam kremnistykh porod (diatomit, spongolit, trepel, opoka) [Instructions for applying the reserves classification to deposits of siliceous rocks: diatomite, spongolite, tripoli, opoka]. (In Russ.)
- ГОСТ 7076-99 «Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме». (1999). // GOST 7076-99 "Metod opredeleniya teploprovodnosti i termicheskogo soprotivleniya pri statsionarnom teplovom rezhime" [Method for determining thermal conductivity and thermal resistance under steady-state thermal conditions]. (1999). (In Russ.)
- ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам». (б. д.). // GOST 10180-2012 "Betony. Metody opredeleniya prochnosti po kontrol'nyim obraztsam" [Concretes. Methods for determining strength using control specimens]. (n.d.). (In Russ.)
- ГОСТ 12730.1-2020 «Бетоны. Методы определения плотности». (2021). // GOST 12730.1-2020 "Betony. Metody opredeleniya plotnosti" [Concretes. Methods for determining density]. (2021). (In Russ.)
- ГОСТ 12730.3-2020 «Бетоны. Метод определения водопоглощения». (2021). // GOST 12730.3-2020 "Betony. Metod opredeleniya vodopogloshcheniya" [Concretes. Method for determining water absorption]. (2021). (In Russ.)
- ГОСТ 13087-2018 «Бетоны. Методы определения истираемости». (2018). www.gost.ru // GOST 13087-2018 "Betony. Metody opredeleniya istiraemosti" [Concretes. Methods for determining abrasion resistance]. (2018). www.gost.ru (In Russ.)
- ГОСТ 18105-2018 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности». (2019). www.gost.ru // GOST 18105-2018 "Betony. Pravila kontrolya i otsenki prochnosti" [Concretes. Rules for strength control and assessment]. (2019). www.gost.ru (In Russ.)
- ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов». (2012). // GOST 23732-2011 "Voda dlya betonov i stroitel'nykh rastvorov" [Water for concretes and mortars]. (2012). (In Russ.)
- Дробильно-измельчительное оборудование. (б. д.). <https://mechanobr.nt-rt.ru/> // Drobil'no-izmel'chitel'noe oborudovanie [Crushing and grinding equipment]. (n.d.). <https://mechanobr.nt-rt.ru/> (In Russ.)

- Садаков, И. А. (2015). Применение диатомита в областях промышленности. Молодежь и наука, 2, 48. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23906425> // Sadakov, I. A. (2015). Primenenie diatomita v oblastiakh promyshlennosti [Application of diatomite in industrial fields]. Molodezh' i nauka [Youth and Science], 2, 48. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23906425> (In Russ.)
- Баранова, М. Н., Коренькова, С. Ф., & Чумаченко, Н. Г. (2011). История освоения кремнистых пород. Строительные материалы, 8, 4–7. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18053239> // Baranova, M. N., Koren'kova, S. F., & Chumachenko, N. G. (2011). Istoriya osvoeniya kremnistykh porod [History of the development of siliceous rocks]. Stroitel'nye materialy [Construction Materials], 8, 4–7. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18053239> (In Russ.)
- Макридин, Н. И., & Максимова, И. Н. (2013). Искусственные пористые заполнители и легкие бетоны. // Makridin, N. I., & Maksimova, I. N. (2013). Iskusstvennye poristyie zapolniteli i legkie betony [Artificial porous aggregates and lightweight concretes]. (In Russ.)
- Натрий сернокислый (сульфат натрия). (б. д.). Извлечено 12 октября 2025 г., из <https://industrial.kz/catalog/chemical-products/sodium-sulfate.html> // Natriy sernokislyy (sul'fat natriya) [Sodium sulfate]. (n.d.). Retrieved October 12, 2025, from <https://industrial.kz/catalog/chemical-products/sodium-sulfate.html> (In Russ.)
- GOST 30256-94 "Materials and construction. Products method of determining thermal conductivity by a cylindrical sensor". (1995).
- Портландцемент со шлаком ЦЕМ II/A-Ш 42,5Н. (б. д.). Извлечено 12 октября 2025 г., из <https://www.akkermann.ru/product/portlandcement-so-shlakom-czem-ii-b-sh-425n-akkermann-500-maxi-2/> // Portlandtsement so shlakom TsEM II/A-Sh 42,5N [Portland cement with slag CEM II/A-S 42.5N]. (n.d.). Retrieved October 12, 2025, from <https://www.akkermann.ru/product/portlandcement-so-shlakom-czem-ii-b-sh-425n-akkermann-500-maxi-2/> (In Russ.)
- Пудра алюминиевая пигментная ПАП-1. (б. д.). Извлечено 12 октября 2025 г., из https://oboronmet.ru/product/pudra_aluminiumevaya_pigmentnaya_pap-1_gost_5494_95.html // Pudra alyuminievaya pigmentnaya PAP-1 [Aluminum pigment powder PAP-1]. (n.d.). Retrieved October 12, 2025, from https://oboronmet.ru/product/pudra_aluminiumevaya_pigmentnaya_pap-1_gost_5494_95.html (In Russ.)
- Стельмах, С.А., Щербань, Е.М., Халюшев, А.К., Холодняк, М.Г., Нажуев, М.П., & Галкин, Ю.В. (2017). Влияние технологических факторов на свойства неавтоклавного газобетона. Инженерный вестник Дона, 2. <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tehnologicheskikh-faktorov-na-svoystva-neavtoklavnogo-gazobetona> // Stel'makh, S.A., Shcherban', E.M., Khalyushev, A.K., Kholodnyak, M.G., Nazhueva, M.P., & Galkin, Yu.V. (2017). Vliyanie tekhnologicheskikh faktorov na svoystva neavtoklavnogo gazobetona [Influence of technological factors on the properties of non-autoclaved aerated concrete]. Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Journal of Don], 2. <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tehnologicheskikh-faktorov-na-svoystva-neavtoklavnogo-gazobetona> (In Russ.)
- Barreto, E. P., & Bautista, J. J. S. (2024). Influence of calcined diatoms on the properties of conventional concrete. International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology, 15(2), 101–114. <https://doi.org/10.30880/ijscet.2024.15.02.009>
- Cáceres, J. R., Rojas, J. P., & Sánchez, J. (2019). A review about the use of industrial by-products in the lightweight aggregates production of expanded clay. Journal of Physics: Conference Series, 1388(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1388/1/012011>
- Du, W. (2019). Study on preparation of ultra-high strength and high performance concrete from diatomite and its mechanical properties. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 376(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/376/1/012054>

- GOST 21216-2014 “Clay raw materials. Test methods”. (2015).
- Gupta, M. (2023). The effects of diatomite on cement mortar and concrete: A review. *Journal of Futuristic Sciences and Applications*, 6(1), 20–26. <https://doi.org/10.51976/jfsa.612303>
- Kumar, R., Srivastava, A., & Lakhani, R. (2022). Industrial wastes-cum-strength enhancing additives incorporated lightweight aggregate concrete (LWAC) for energy efficient building: A comprehensive review. *Sustainability*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/su14010331>
- Libra electronic Trading ACS. (б. д.).
- M, S., & Abbas, Z. K. (2022). The use of lightweight aggregate in concrete: A review. *Journal of Engineering*, 28(11), 1–13. <https://doi.org/10.31026/j.eng.2022.11.01>
- Margarita Vladislavna, K. (2020). К вопросу о трещинообразовании в автоклавных газобетонах. *Университетская наука*, 2, 74–78. // Margarita Vladislavna, K. (2020). К вопросу о трещинообразовании в автоклавных газобетонах [On the issue of cracking in autoclaved aerated concretes]. *Universitetskaya nauka [University Science]*, 2, 74–78. (In Russ.)
- MasterCast® 727. (б. д.). www.master-builders-solutions.basf.ru
- Parhizkar, T., Najimi, M., & Pourkhorshidi, A. R. (2012). Application of pumice aggregate in structural lightweight concrete. *Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing)*, 13(1). www.SID.ir
- Sharma, N., Sharma, P., & Verma, S. K. (2021). Influence of diatomite on the properties of mortar and concrete: A review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1116(1), 012174. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1116/1/012174>
- Technical Specifications Name of Specifications ITP-MG4 “ZOND”. (2025). <https://www.stroypribor.com/izmeritel-teploprovodnosti-itp-mg4-zond.html?template=52>
- Vijayan, D. S., Arvindan, S., Parthiban, D., Saravanan, B., & Kalpana, M. (2020). Natural aggregates used for lightweight concrete: A review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 993(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/993/1/012042>

Авторлар туралы мәліметтер
Информация об авторах
Information about authors



Тасқалиев Азамат Түлепқалиұлы – техника ғылымдарының магистрі, Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті, Орал қ., Қазақстан

Тасқалиев Азамат Түлепқалиевич – магистр технических наук, Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, г. Урал, Казахстан

Tasskaliev Azamat Tulepkalievich – Master of Technical Sciences, West Kazakhstan Innovative and Technological University, Uralsk, Kazakhstan

e-mail: Taskalievazamat@mail.ru.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1715-9102>



Нариков Қанат Амангелдіұлы – техника ғылымдарының кандидаты, Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті, Орал қ., Қазақстан

Нариков Канат Амангельдиевич – кандидат технических наук, Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, г. Уральск, Казахстан

Narikov Kanat Amangeldievich – Candidate of Technical Sciences, West Kazakhstan Innovation and Technological University, Uralsk, Kazakhstan

e-mail: knarik1969@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6459-140X>



Шәкешев Бекболат Темержанұлы – техника ғылымдарының кандидаты, Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университетінің ректоры, Орал қ., Қазақстан

Шакешев Бекбулат Темержанович – кандидат технических наук, ректор Западно-Казахстанского инновационно-технологического университета, г. Уральск, Казахстан

Shakeshev Bekbulat Temerzhanovich - Candidate of Technical Sciences, Rector of West Kazakhstan Innovation and Technological University, Uralsk, Kazakhstan

e-mail: bekshakeshev@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7470-9221>



Ідірісов Бексұлтан Лепесұлы – техника ғылымдарының магистрі, Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті, Орал қ., Қазақстан.

Идрисов Бексултан Лепесович – магистр технических наук, Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, г. Уральск, Казахстан.

Idirisov Beksultan Lepesuly – Master of Technical Sciences, West Kazakhstan Innovative and Technological University, Uralsk, Kazakhstan.

e-mail: beksultan.idirisov@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3586-7128>



Жұмабаева Қамар Мұратқызы – техника ғылымдарының магистрі, Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті, Орал қ., Қазақстан.

Джумабаева Камар Муратовна – магистр технических наук, Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, г. Уральск, Казахстан.

Zhumabaeva Kamar Muratovna – Master of Technical Sciences, West Kazakhstan Innovative and Technological University, Uralsk, Kazakhstan.

e-mail: Zhumabaeva12.02.88@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7633-4064>