УДК 691.327.332

<https://doi.org/10.47533/2020.1606-146X.90>

Д. С. ДЮСЕМБИНОВ, Р. Е. ЛУКПАНОВ*, Д. О. БАЗАРБАЕВ, С. Б. ЕНКЕБАЕВ

*Научно-производственный центр ЕНУ-Lab, Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
rauan_82@mail.ru*

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ДОБАВОК НА КАЧЕСТВО ГАЗОБЕТОНА

Предложен метод производства композиционного газобетона с применением отходов промышленности: золы гидроудаления, послеспиртовой барды. Оценка физико-механических характеристик газобетона, полученного предлагаемой технологией, произведена в сравнении с другими технологиями, в том числе с классической технологией производства. Основными оценочными параметрами являлись: сроки схватывания и марочная прочность вяжущего; прочность, водопоглощение и теплопроводность материала. Полученные результаты испытаний вяжущего показали снижение сроков схватывания и увеличение прочности предлагаемого газобетона по сравнению с другими, сравниваемыми образцами. Полученные результаты водопоглощения предлагаемого газобетона показали минимальные значения, а прочности – максимальные (по сравнению с другими технологиями), что свидетельствует о положительном эффекте синергизма, то есть усилении качеств материала в результате взаимной работы послеспиртовой барды и полимерного компонента в составе материала. Однако результаты теплопроводности предлагаемого газобетона показали значения ниже классического, что свидетельствует о том, что применение добавок модификаторов не может быть хорошим решением для их использования в качестве улучшения физико-механических свойств газобетонов, конструктивно относящихся к теплоизоляционным. В целом, результаты водопоглощения, прочности и теплопроводности показали более устойчивые результаты (по сравнению с другими технологиями), с минимальным разбросом данных, что косвенно подтверждает лучшую однородность предлагаемого газобетона.

Ключевые слова: газобетон, водопоглощение, теплопроводность, строительные материалы, лабораторные испытания.

Введение. Известно, что применение отходов промышленности в строительстве направлено на решение двух значимых задач: первое – это снижение экологической нагрузки и второе – это получение дешевого сырья. Однако нужно помнить, что замещение стандартных классических ингредиентов материалов на отход может отразиться на качественных показателях материала [1]. Причиной не удовлетворяющих критериям качества результатов может служить погрешность в количестве сырья, то

* Адрес для переписки. E-mail: rauan_82@mail.ru

есть замещаемого отхода, который даже при незначительном изменении количества снижает качественные показатели материала. Такие последствия вызвали скептическое отношение строительного рынка к применению отходов промышленности в производстве строительных материалов [2].

Легкий бетон делится на легкий бетон с легким заполнителем и ячеистый бетон, плотность которого снижается за счет воздушных пор в структуре бетона. Ячеистый бетон в свою очередь делится на пенно- и газобетон, отличие данных материалов заключается в образовании поровой структуры. Пенобетон образует поровую структуру за счет введения пены, которая образует готовые замкнутые поры, тогда как газобетон образует поровую структуру за счет введения в раствор газообразователя (алюминиевую пудру или перекись водорода). При применении алюминиевой пудры с цементным вяжущим и щелочами происходит газовыделение в атмосферу, выделяется водород, который, проходя через структуру раствора, образует поровую структуру. При применении перекиси водорода (пергидроль от 28 до 38%) в бетонном растворе выделяется кислород (от взаимодействия с цементным вяжущим), который также устремляется на поверхность, образуя сообщающиеся поры. Зола в автоклавном газобетоне имеет широкое распространение среди производителей всего мира, так как при использовании автоклава применение золы гарантирует хорошие результаты качественных характеристик [3], [4]. Однако применение автоклава удорожает процесс производства и, как следствие, увеличивает себестоимость материала. Данные проблемы определили цель данной научной работы: раскрыть эффективность комплексного применения отходов промышленности (золы гидроудаления, послеспиртовой барды) и полимерного компонента в производстве композиционного газобетона.

Сравнения результатов лабораторных исследований проведены для четырех типов газобетона:

Тип 1: традиционный газобетон без добавок

Тип 2: традиционный газобетон с добавкой модификатором

Тип 3: композиционный газобетон без добавок

Тип 4: композиционный газобетон с добавкой модификатором

Было принято решение провести сравнения традиционного и композиционного газобетона с применением добавки модификатора и без, для оценки эффекта синергизма взаимного усиливающего воздействия золы, послеспиртовой барды и полимерного компонента (ПВА) на свойства материала.

2. Методология исследования.

Из большого спектра имеющихся отходов были выделены основные компоненты добавок, которые в первую очередь могли быть пригодны для производства газобетона, в точности: отходы теплостанций – зола гидроудаления, а также отход спиртового производства – послеспиртовая барда. Состав компонентов, сравниваемых контрольных образцов был подобран из условия получения газобетона плотностью 600 кг/м³ (D600). Количественный состав контрольных образцов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав сравниваемых типов газобетона

№	Тип газобетона	Цемент, кг	Песок, кг	Газообразователь, г	ПВА, кг	Каустическая сода, г	Вода, л		Зола гидроудаления, кг	После спиртовая барда, л
1	Тип 1	270	350	350 г	-	500	152	10		
2	Тип 2	216	350		-	-	130	10	51	45
3	Тип 3	270	350		1,5	-	103	7	-	-
4	Тип 4	216	350		1,5	-	83	7	51	45

При производстве газобетона типа 1 и 3 (без использования добавки модификатора) смешивание ингредиентов производят в смесителе в технологической последовательности, с соблюдением количественной пропорций ингредиентов, согласно таблице 1. При производстве газобетона типа 2 и 3 (с использованием добавки модификатора) приготовление газообразователя производят в диспергаторе. В качестве диспергатора применялся роторно-пульсационный аппарат (РПА). Основными факторами, которые определяют процесс эмульгирования в диспергаторе типа РПА, являются давление (0,5-1,0 МПа) и центробежное воздействие (частота вращения ротора ~1200 об/мин). Эти факторы обуславливают возникновение в роторно-пульсационном аппарате высокочастотных колебаний, сопровождающихся кавитацией и гидродинамическими процессами, тем самым позволяют получить качественную эмульсию и омыленный газообразователь. Технологическая последовательность производства газобетона предложенным методом представлена на рисунке 1.

До начала схватывания газобетон вспучивается, после чего с поверхности формы снимаются излишки впеченного материала до уровня формы. Через 20-24 часа газобетон снимают с опалубки и распиливают на шаблоне.

Рисунок 1 – Технология производства модифицированного газобетона

Методологическая последовательность лабораторных исследований характеристик контрольных образцов 4-х типов для дальнейшего проведения сравнительного анализа:

- Определение состава отходов промышленности методом химического анализа для оценки их пригодности в цементном вяжущем;
- Оценка взаимодействия добавки модификатора с цементным вяжущим (сроки схватывания, марочная прочность вяжущего) для оценки эффективности взаимодействия цемента с отходами промышленности;
- Определение физико-механических свойств (прочность, водопоглощение, теплопроводность) для сравнительного анализа разных типов газобетона.

Для оценки прочности и водопоглощения материала были использованы стандартные образцы кубической формы, размерностью: 10x10x10 см (длина, ширина, высота), отобранных непрерывно по длине и ширине газобетонного блока. Для оценки теплопроводности материала использованы образцы стандартного размера, отобранные с шагом 4 см по высоте образца заводского размера. Резка цилиндрических и стандартных образцов осуществлялась струнной резкой на максимальных оборотах, для снижения риска нарушения структуры материала. Перед испытаниями каждый элемент образца был промаркирован [5]-[12].

3. Результаты испытаний.

Сроки схватывания. Испытания проведены методом испытаний с использованием полифракционного песка, расфасованного по 1350 грамм. Испытания проведены для использованного в производстве контрольных образцов цемента, марки ПЦ 400 Д0. Сравнительные испытания образцов цемента для газобетона типа 1 и типа 3 проведены без добавок, а типа 2 и типа 4 с добавками модификаторами, составляющими 20% от массы цемента (Рисунок 2).

Рисунок 2 – Результаты испытаний сроков схватывания цемента

Согласно результатам испытаний наблюдается снижение сроков схватывания образцов с добавкой модификатором на 55% в сравнении с образцами без добавок. Конец схватывания, после которого происходит твердение материала снижается на 12,2% несмотря на то, что абсолютное значение длительности периода схватывания у образцов с добавками увеличивается на 28,5%.

Снижение сроков схватывания образцов с использованием добавок модификаторов (тип 2 и 4) может быть связано с наличием в составе вяжущего вещества золы, имеющей высокую щелочную среду, которая способствует быстрому схватыванию.

Снижение сроков схватывания также может быть обосновано уменьшением количества воды, которое достигается пластифицирующим эффектом послеспиртовой барды, однако наличие поверхностно активных веществ замедляет процесс твердения, что отражается на длительности периода схватывания у образцов типа 2 и 4.

Марочная прочность цемента. На рисунке 3 представлены результаты изменений прочности сравниваемых вяжущих (с применением и без добавки). Анализируя частные значения в пределах каждого типа образца, можно заключить, что полученные частные значения прочностных характеристик испытываемого материала достоверны, поскольку среднеквадратичное отклонение частных значений прочности составляет: для типа 1 и 3 – от 7,44 до 18,73, для типа 2 и 4 – 4,56 до 8,71. При этом коэффициент вариации составляет: для типа 1 и 3 – от 2,04 до 10,71%; для типа 2 и 4 – от 1,21 до 3,04 %.

Рисунок 3 – Результаты испытаний марочной прочности

Согласно результатов испытаний, представленных на рисунке 3, максимальная средняя прочность контрольных образцов без добавки составляет 392,16 кгс/см² (28 суток), тогда как средняя прочность контрольных образцов с использованием добавки составляет 443,16 кгс/см². У образцов с использованием добавок модификаторов на вторые сутки наблюдается увеличение прочности на 20% относительно образцов без добавок. На 28 суток тенденция увеличения прочности сохраняется, но снижается до 13 % относительно двухдневной прочности. В любом случае наблюдается положительный эффект увеличения прочности образцов с использованием добавки.

Водопоглощение. На рисунке 4 представлены результаты испытаний контрольных образцов на водопоглощение. Частные значения плотности контрольных образцов в сухом состоянии типа 1 варьируются в пределах от 613 до 622 г/см³, а среднее значение плотности составляет 617,8 г/см³, что соответствует среднему пределу марки газобетона D600. При этом квадратичное отклонение частных значений составляет 2,94, что свидетельствует о тесной связи частных значений всех образцов между собой. Коэффициент вариации не превышает 0,47 %, что свидетельствует о незначительных отклонениях частных значений от среднего значения плотности. Частные значения плотности контрольных образцов в водонасыщенном состоянии типа 1 варьируются

от 787 до 811 г/см³, при этом среднее значение составляет 800,2 г/см³. Квадратичное отклонение частных значений составляет 8,10, а коэффициент вариации – 1,01 %, что свидетельствует тесной связи частных значений и незначительных их отклонениях от среднего значения плотности образцов в водонасыщенном состоянии.

Рисунок 4 – Результаты испытаний на водопоглощение

Водопоглощение образцов типа 1 имеет наибольшее значение, равное 29,5%, тогда как наименьшее водопоглощение наблюдается у образцов типа 2 – 13,6%. Большое значение водопоглощения типа 1 может быть обосновано наличием каустической соды, которая применяется в качестве омылителя алюминиевой пудры [13]. Поскольку каустическая сода является щелочью, то при взаимодействии с цементным вяжущим происходит шелушение скелета, тем самым увеличивается абсорбция материала и проникновение воды в рыхлую структуру скелета. Вторым фактором может служить большое количество микропор скелета, поскольку технология производства материала по типу 1 требует большого водоцементного отношения по сравнению с другими сравниваемыми типами.

Прочность на сжатие. Кубиковая прочность газобетона на сжатие определялась по контрольным образцам, по истечению 28 суток, после их изготовления. На рисунке 5А показаны частные значения прочности 6 опытных образцов типа 1, на рисунке 5В – типа 2, на рисунке 5С – типа 3, на рисунке 5D – типа 4, а на рисунке 5Е представлены сравнения средних значений кубиковой прочности.

Образцы типа 1 показали наименьшую прочность, в процентном соотношении меньше на 9 % по сравнению с типом 2, на 47 % меньше типа 3 и на 59 % меньше типа 4. При этом частные значения прочности варьируются от 3,27 до 3,59 МПа. Статистический анализ показал среднюю связь частных значений прочности: коэффициент вариации не превышает 27% при квадратичном отклонении 0,94.

Образцы типа 2 показали прочность, превышающую прочность образцов типа 1, на 9 %, но на 35% меньше чем прочность образцов типа 3 и на 46 % меньше образцов типа 4. Частные значения прочности варьируются от 3,54 до 3,92 МПа. При этом связь частных значений имеет большую связь по сравнению с типом 1: коэффициент вариации не превышает 18% при квадратичном отклонении 0,68.

Образцы типа 3 показали прочность, превышающую прочность образцов типа 1, на 47%, типа 2 на 35%, но на 8% меньше чем прочность образцов типа 4. Частные значения прочности варьируются от 4,94 до 5,23 МПа. При этом связь частных значений имеет большую связь по сравнению с типом 1 и типом 2: коэффициент вариации не превышает 15% при квадратичном отклонении 0,80.

Образцы типа 4 показали наибольшую прочность, превышающую прочность образцов типа 1, на 59%, типа 2 на 46%, типа 3 на 8%. Частные значения прочности варьируются от 5,43 до 5,69 МПа. У образцов типа 4 наблюдается наиболее тесная связь частных значений, имеют большую связь по сравнению с другими сравниваемыми типами: коэффициент вариации не превышает 10% при квадратичном отклонении 0,58.

Рисунок 5 – Результаты испытаний кубиковой прочности на сжатие

Также, сравнивая коэффициенты вариации, можно заключить, что наиболее стабильные результаты, с наименьшим разбегом данных наблюдаются у образцов типа 3 и 4, наименьшая стабильность – у образцов типа 1 и 2. Поэтому можно сделать предположение, что именно качество газообразователя (как состав, так и технология приготовления) играет существенную роль в однородности материала. Именно однородность материала оценивается в данном случае, поскольку все 6 образцов по каждому типу отобраны из одной партии производства.

В целом, сравнивая средние значения прочности 4-х типов, можно заключить, что наименьшее значение прочности наблюдается у образцов типа 1 (3,46 МПа), а наибольшие у образцов типа 4 (5,51 МПа). Вероятной причиной увеличения прочности образцов типа 3 и 4 относительно образцов типа 1 и 2 может быть использование полимерного компонента, который способствует усилению поровой структуры скелета газобетона, а именно стенок пор (за счет снижения микропор), а приме-

нение добавки модификатора усиливает стенки пор за счет пластифицирующего эффекта.

Теплопроводность. Испытания стандартных образцов на эффективную теплопроводность (ЕТС) проводились по истечению 28 суток после их изготовления. На рисунке 6 представлены результаты испытаний в табулированном виде, с представлением средних значений теплопроводности всех 4-х типов, а также в графическом виде для визуализации сравнения. На рисунке 6А показаны сравнения частных значений теплопроводности опытных образцов типа 1 с типом 4, на рисунке 6В – сравнения типа 2 и типом 4, на рисунке 6С – типа 3 с типом 4.

Рисунок 6 – Результаты испытаний эффективной теплопроводности

Сравнивая связь частных значений в рамках каждого типа газобетона, можно заключить, что частные значения всех сравниваемых типов имеют небольшой разбег относительно друг друга, о чем свидетельствуют квадратичные отклонения частных значений от средних, а также коэффициенты вариаций: для типа 1 квадратичное отклонение составляет 0,36, а коэффициент вариации 2,55%; для типа 2 – 0,37 и 2,51 соответственно; для типа 3 – 0,29 и 2,39; для типа 4 – 0,30 и 2,31. Сравнивая коэффициенты вариации всех типов можно сделать вывод, что тип 1 и тип 2 имеют относительно близкие значения между собой, также как и тип 3 и 4. Тем не менее, тип 1 и 2, имеют небольшое расхождение с типом 3 и 4, что может косвенно свидетельствовать о более однородной структуре типа 3 и 4 по отношению к типу 1 и 2. Как утверждалось и ранее, причиной однородности материала заключается в качестве газообразователя.

В целом, результаты теплопроводности газобетона с добавкой модификатором (тип 3 и 4) показали значения ниже классического (тип 1) на 8-16%, что свидетельствует о неэффективности совместного применения композиционного газобетона с добавкой модификатором в газобетонных материалах теплоизоляционного назначения. Таким образом, применение добавок модификаторов не может быть хорошим

решением для их использования в качестве улучшения физико-механических свойств газобетонов, конструктивно относящихся к теплоизоляционным, то есть газобетонам, плотностью D300 – D 500.

Выводы:

- Технологической особенностью предлагаемого производства газобетона является комплексное использование золы, полимерного компонента и послеспиртовой барды. Наличие в составе золы способствует ускорению сроков схватывания материала в комплексе с послеспиртовой бардой, которая является пластификатором, позволяет снизить водоцементное отношение. Полимерный компонент (ПВА), являющийся поверхностно активным веществом (омылителем), при правильном соотношении проявляет свойства пластификатора, способствует увеличению прочностных характеристик материала, улучшает прочность и стойкость (гидрофобная пленка) скелета газобетона.
- Результаты испытаний вяжущего 4-х типов газобетона показали положительный эффект использования добавок модификаторов. У образцов с использованием добавок сроки схватывания сократились на 55 % в сравнении с образцами без добавок. Несмотря на то, что поверхностно активные вещества замедляют процесс твердения, общая длительность периода схватывания уменьшается на 12,2%.
- Результаты испытаний марочной прочности показали общую тенденцию увеличения прочности образцов с добавками в сравнении с образцами без добавок, которое на 28 суток, после их изготовления, составляет 13%. При этом максимальное увеличение прочности наблюдается на 2 и 14 суток после их изготовления, равное 20 и 23 %.
- Результаты испытаний на водопоглощение показали, что традиционный газобетон имеет наибольший показатель водопоглощения, превышающий в 2 раза водопоглощение предлагаемого газобетона. Наименьший показатель водопоглощения у образцов предлагаемого газобетона. Если рассмотреть композиционный газобетон в комплексе с добавкой модификатором, то мы видим снижение водопоглощения: на 53,7% от традиционного газобетона без добавок, на 41,5% от традиционного с применением добавок модификаторов и на 15,9% от композиционного газобетона без добавок.
- Результаты кубиковой прочности образцов на сжатие показали, что максимальная прочность образцов наблюдается у предлагаемого газобетона, который превышает: на 59% традиционный газобетон без добавок, на 46% традиционный с добавками, на 8% композиционный без добавок.
- Результаты испытаний теплопроводности показали, что газобетон с добавкой модификатором снижает показатели теплопроводности материала на 8-16% по сравнению с классическим газобетоном.
- Статистический анализ, который сопровождал все проведенные испытания выявил стабильность результатов образцов с использованием добавок модификаторов. То есть, диапазон частных значений в пределах каждого типа испытаний был наименьшим именно у образцов с применением добавок. Полученные статисти-

ческие показатели могут отражать информацию об однородности материала, то есть, чем больше разбег данных, тем меньше степень однородности материала.

- В целом полученные результаты подтверждают ожидаемый эффект синергизма, когда компоненты добавки модификатора в комплексе дополняют и усиливают эффективность работы друг друга в равнении с работой по отдельности. Эффект синергизма не был достигнут при оценке теплопроводности, из чего можно сделать вывод о неэффективности совместного применения композиционного газобетона с добавкой модификатором в газобетонных материалах теплоизоляционного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1 Silva, R. V., de Brito, J., Dhir, R.K. Use of recycled aggregates arising from construction and demolition waste in new construction applications. 236. Elsevier Ltd, 01-11-2019.<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117629>

2 Sormunen, P., Kärki, T. Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing. Journal of Building Engineering. 2019. 24. Pp. 100742. DOI:10.1016/j.job.2019.100742. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352710218309641>. (1.02.2021).

3 Herath, C., Gunasekara, C., Law, D.W., Setunge, S. Performance of high volume fly ash concrete incorporating additives: A systematic literature review. Construction and Building Materials. 2020. 258. Pp. 120606. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2020.120606. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061820326118> (1.02.2021).

4 Pedersen, K.H., Jensen, A.D., Skjøth-Rasmussen, M.S., Dam-Johansen, K. A review of the interference of carbon containing fly ash with air entrainment in concrete. 34(2). Pergamon, 01-04-2008.<https://doi.org/10.1016/j.peccs.2007.03.002>

5 ГОСТ 25485-2019 Бетоны ячеистые. Общие технические требования.

6 EN 771-4:2011 + A1:2015 specification for masonry units – Part 4: Autoclaved aerated concrete masonry units.

7 ГОСТ 12730.1-78: Бетоны. Методы определения плотности.

8 EN 772-1:2011 + A1:2015 Methods of test for masonry units – Part 1: Determination of compressive strength.

9 ГОСТ 12730.3-78: Бетоны. Методы определения водопоглощения.

10 EN 15304 Determination of the freeze-thaw resistance of autoclaved aerated concrete.

11 ГОСТ 10180-2012: Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

12 Narattha, C., Thongsanitgarn, P., Chaipanich, A. Thermogravimetry analysis, compressive strength and thermal conductivity tests of non-autoclaved aerated Portland cement–fly ash–silica fume concrete. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2015. 122(1). Pp. 11–20. DOI:10.1007/s10973-015-4724-8. <http://link.springer.com/10.1007/s10973-015-4724-8>. (1.02.2021).

13 Halyushev, A., Holodnyak, M., Nazhuyev, M. Effect of caustic soda on the intensity of gassing in the production of non-autoclaved aerated concrete. MATEC Web of Conferences. 2017. 129. Pp. 05012. DOI:10.1051/mateconf/201712905012. <http://www.matec-conferences.org/10.1051/mateconf/201712905012>. (1.02.2021).

Д. С. ДЮСЕМБИНОВ, Р. Е. ЛУКПАНОВ, Д. О. БАЗАРБАЕВ, С. Б. ЕНКЕБАЕВ

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің ЕНУ-Lab ғылыми-өндірістік орталығы, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

ТҮРЛЕНДІРІЛГЕН ҚОСПАЛАРДЫҢ ГАЗДЫ БЕТОН САПАСЫНА ӘСЕРІН БАҒАЛАУ БОЙЫНША ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР

Өнеркәсіптік қалдықтарды қолдана отырып, композициялық газды бетон өндіру әдісі ұсынылады: гидро арылту күлі, спирттен кейінгі барда. Ұсынылған технологиямен алынған газды бетонның физикалық және механикалық сипаттамаларын бағалау басқа технологиялармен, соның ішінде классикалық өндіріс технологиясымен салыстырғанда жүргізілді. Негізгі бағалау параметрлері: қатаю уақыты және байланыстырғыштың маркалық беріктігі; материалдың беріктігі, судың сіңуі және жылу өткізгіштігі. Тұтқырды сынаудың нәтижелері басқа үлгілермен салыстырғанда ұсынылған газды бетонның қатаю мерзімінің төмендеуін және беріктігінің жоғарылауын көрсетті. Ұсынылған газды бетонның суды сіңіру нәтижелері минималды мәндерді көрсетті, ал беріктігі максималды (басқа технологиялармен салыстырғанда), бұл синергизмнің оң әсерін, яғни спирттен кейінгі барда мен полимер компонентінің өзара жұмысы нәтижесінде материал сапасының жоғарылауын көрсетеді. Алайда, ұсынылған газды бетонның жылу өткізгіштік нәтижелері классикалықтан төмен мәндерді көрсетті, бұл модификатор қоспаларын қолдану оларды жылу оқшаулағышқа құрылымдық тұрғыдан байланысты газдалған бетондардың физика-механикалық қасиеттерін жақсарту ретінде пайдалану үшін жақсы шешім бола алмайтындығын көрсетеді. Жалпы алғанда, су сіңіру, беріктік және жылу өткізгіштік нәтижелері неғұрлым тұрақты нәтижелер көрсетті (басқа технологиялармен салыстырғанда), мәліметтердің минималды шашырауы, бұл ұсынылған газды бетонның жақсы біркелкілігін жанама түрде растайды.

Түйін сөздер: газдалған бетон, су сіңіру, жылу өткізгіштік, құрылыс материалдары, зертханалық сынақтар.

**DUMAN S. DUSEMBINOV, RAUAN E. LUKPANOV, DANIYAR O. BAZARBAYEV,
SERIK B. YENKEBAYEV**

*Scientific and industrial center ENU-Lab, L.N. Gumilyov Eurasian National University,
Nur-Sultan, Kazakhstan*

LABORATORY STUDIES TO ASSESS THE EFFECT OF MODIFIED ADDITIVES ON THE QUALITY OF AERATED CONCRETE

The proposed method of production of composite aerated concrete using industrial wastes: ash from hydrotreatment, post-alcoholic bard. The evaluation of physical and mechanical properties of gas concrete produced by the proposed technology is made in comparison with other technologies, including the classical production technology. The basic estimated parameters, were: terms of setting and strength of a binder; durability, water absorption and thermal conductivity of a material. The obtained test results of the binder showed a decrease in the setting time and an increase in the strength of the proposed aerated concrete compared with other, compared samples. The obtained results of water absorption of the proposed aerated concrete showed minimum values, and the strength - maximum (compared with other technologies), which indicates a positive synergy effect, i.e. strengthening the qualities of the material as a result of mutual work of the post-alcoholic bard and polymer component in the composition of the material. However, the results

of the thermal conductivity of the proposed aerated concrete showed values lower than the classical one, indicating that the use of modifier additives cannot be a good solution for improving the physical and mechanical properties of gas concrete structurally related to thermal insulation. In general, the results of water absorption, strength and thermal conductivity showed more consistent results (compared to other technologies), with minimal variation in the data, which indirectly confirms the better homogeneity of the proposed gas concrete.

Key words: *aerated concrete, water absorption, thermal conductivity, building materials, laboratory tests.*