

УДК 666.973.6

А. Н. ЕФРЕМОВ^а, А. В. НАЗАРОВА^б, Е. М. ВИШТОРСКИЙ^с, Д. Г. МАЛИНИН^а^а ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», ^б ИСА и ЖКХ ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет им В. Даля», ^с ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет»

ПЕНОБЕТОННЫЕ СМЕСИ ПОНИЖЕННОГО ВОДОСОДЕРЖАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОДОРЕДУЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК

Аннотация. В данной статье рассмотрены показатели текучести пенобетонных смесей на основе белкового пенообразователя «Эталон» с использованием водоредуцирующих добавок различного химического действия: «Хемикс Art-2», «Форт УП-2» и «Sika Mix Plus». Представлено сравнение текучести пенобетонных смесей при равных значениях водоцементного отношения. Определены зависимости плотности и прочности пенобетонов с применением водоредуцирующих добавок различной химической природы от водоцементного отношения.

Ключевые слова: ячеистый бетон, пенобетон, пенобетонные смеси, водоцементное отношение, водосодержание, пенообразователь.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Водопотребность является основным фактором, определяющим физико-механические свойства пенобетона. Снижение водотвердого отношения (В/Т) без потери подвижности пенобетонной смеси – кардинальный путь повышения качества и долговечности пенобетонных изделий [1, 2].

Количество воды, вводимое в любую бетонную смесь, всегда превышает необходимое количество для гидратации вяжущего [3], а в пенобетонных смесях составляет от 50 до 85 % [4, 5] объема их плотной фазы. В присутствии такого количества воды частицы вяжущего отделены друг от друга значительными прослойками свободной воды, обеспечивающими текучесть дисперсной системы.

Известно, что для получения качественной пеномассы требуется повышенное содержание воды, а В/Ц должно составлять 0,5...0,9 [3, 6]. Дальнейшее участие этой воды при схватывании и наборе прочности оказывает только отрицательное воздействие: не участвующая в гидратации вяжущего физически связанная вода не позволяет получить расплучную прочность в ранние сроки (что ведет к сокращению оборачиваемости форм), а после её испарения контракционная пористость цементного камня в межпоровых перегородках не позволяет получить высокие показатели морозостойкости и водонепроницаемости и, как следствие, теплопроводности в естественных условиях [2, 6].

Важным фактором получения неавтоклавно пенобетона из смесей пониженного водосодержания является применение в его составе водоредуцирующих добавок. Известно, что водоредуцирующие добавки при снижении водосодержания в бетонных смесях повышают прочностные характеристики бетонов [7-10]. Даже при введении в растворную смесь в малых количествах эти добавки оказывают значительное влияние на процессы гидратации цемента, что сказывается на свойствах пенобетонных смесей и пенобетонов.

Введение водоредуцирующих добавок в растворную смесь способствует изменению воды сольватных оболочек частиц новообразований цемента. При адсорбции поверхностно-активного вещества (ПАВ) на поверхности твердой фазы объем воды в сольватных оболочках уменьшается, а объем свободной воды возрастает. Это приводит к улучшению реологии смеси, но замедляет твердение цемента [4].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В исследованиях А. Б. Стешенко рассмотрено использование пластификатора «Неолас 5.2» в производстве неавтоклавных пенобетонов [11]. При введении добавки Неолас 5.2 в количестве 0,1 % от массы цемента смесь становится более пластичной, текучесть пенобетонной смеси с добавкой на приборе Суттарда увеличилась с 10,5 до 14,5 см.

Исследованиями, выполненными в Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, установлено, что при использовании пластифицирующей добавки С-3 м в пределах 0,25–0,75 % от массы цемента увеличивается текучесть ячеистобетонных смесей, а также сокращена их водопотребность на 40 % [7].

Целью работы является исследование влияния водоредуцирующих добавок различного химического действия на текучесть пенобетонных смесей, а также плотность и прочность пенобетона с применением белкового пенообразователя «Эталон».

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В данной работе использовался цемент ЦЕМ-I 42,5 Н Амвросиевского цементного завода объединения «Цемент Донбасса», отвечающий требованиям ГОСТ 30515 2013. Белковый пенообразователь «Эталон» челябинской фирмы «Аист», изготовленный по ТУ 2483-003-13420175-2015, водоредуцирующие добавки: «Хемикс Art-2» и «Форт УП-2» российского производства, а также «Sika Mix Plus» швейцарского концерна. Расход цемента и пенообразователя был определен исходя из предполагаемой плотности пенобетона в сухом состоянии – 600 кг/м³. В качестве ускорителя схватывания и твердения пенобетона был использован сульфат натрия (СН) в количестве 1 % от массы цемента.

В соответствии с рекомендациями производителей количество вводимой добавки «Хемикс Art-2» составило 0,65...1,1 %, «Форт УП-2» – 0,5...0,7 %, при использовании «Sika Mix Plus» – 0,05...0,2 % от массы цемента.

Неавтоклавный пенобетон производился по одностадийной технологии, которая предусматривает введение пенообразователя в заранее приготовленную растворную смесь. Приготовление производилось в лабораторном миксере со скоростью 1 000 об/мин. Время перемешивания составило 4–6 мин. Текучесть пенобетонной смеси была определена с помощью прибора Суттарда. Составы неавтоклавных пенобетонов приведены в таблице.

Таблица – Составы неавтоклавных пенобетонов

| № состава | В/Ц | Текучесть, см | | Плотность кг/м ³ | | Прочность в 28 сут, МПа |
|-------------------------|------|------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| | | растворной смеси | пенобетонной смеси | пенно-массы | пенобетона в сух. состоянии | |
| 1. Контрольный | 0,42 | 19,5 | 11 | 686 | 612 | 2,5 |
| 2. 0,65 % Art-2 | 0,42 | 39 | 14,5 | 598 | 477 | 1,5 |
| 3. 0,5 % УП-2 + 1 % СН | 0,42 | 20 | 11,2 | 609 | 489 | 1,7 |
| 4. 0,05 % Sika + 1 % СН | 0,42 | 19,5 | 14 | 695 | 555 | 2,5 |
| 1. Контрольный | 0,4 | 18,5 | 10 | 789 | 662 | 2,9 |
| 2. 0,85 % Art-2 | 0,4 | 35 | 16 | 633 | 506 | 1,8 |
| 3. 0,6 % УП-2 + 1 % СН | 0,4 | 20 | 11,3 | 609 | 511 | 1,9 |
| 4. 0,1 % Sika + 1 % СН | 0,4 | 16,5 | 13 | 718 | 602 | 2,5 |
| 1. Контрольный | 0,38 | 15,5 | 9 | 982 | 790 | 4,8 |
| 2. 1,1 % Art-2 + 1 % СН | 0,38 | 39 | 18 | 668 | 553 | 3,3 |
| 3. 0,7 % УП-2 + 1 % СН | 0,38 | 16,5 | 12,2 | 722 | 602 | 2,3 |
| 4. 0,2 % Sika + 1 % СН | 0,38 | 16,5 | 12,2 | 893 | 719 | 4,1 |

На рисунках 1–3 представлена текучесть пенобетонных смесей с применением водоредуцирующих добавок различного химического действия при В/Ц от 0,42 до 0,38.

При водоцементном отношении равном 0,42 (рис. 1) с использованием водоредуцирующей добавки «Хемикс Art-2» в количестве 0,65 % от массы цемента увеличил текучесть пенобетонной смеси на 32 %, состав с добавкой «Sika Mix Plus» в количестве 0,05 % от массы цемента – на 27 %. Присутствие добавки «Форт УП-2» в количестве 0,5 % от массы цемента практически не повлияло на текучесть смеси в сравнении с контрольным составом.

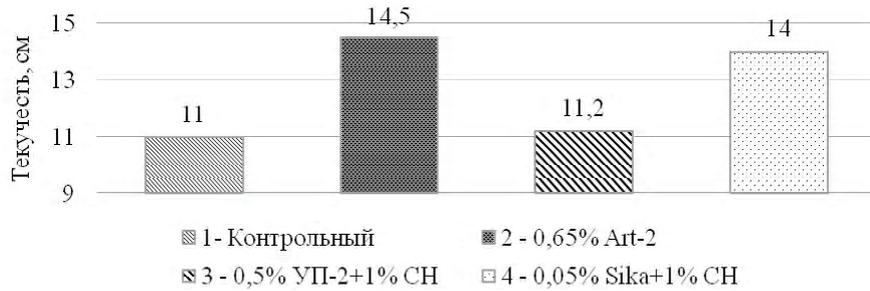


Рисунок 1 – Текучесть пенобетонных смесей при В/Ц равном 0,42.

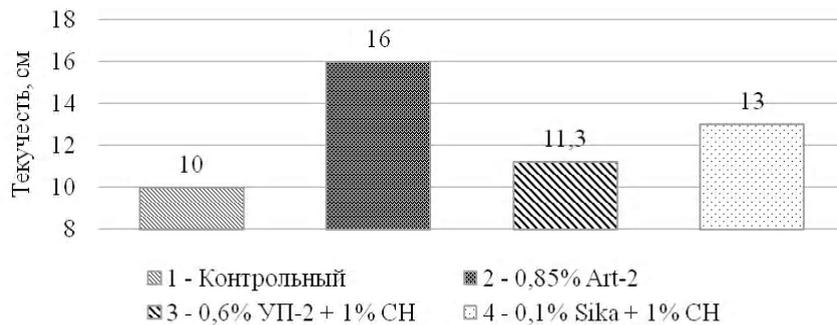


Рисунок 2 – Текучесть пенобетонных смесей при В/Ц равном 0,4.

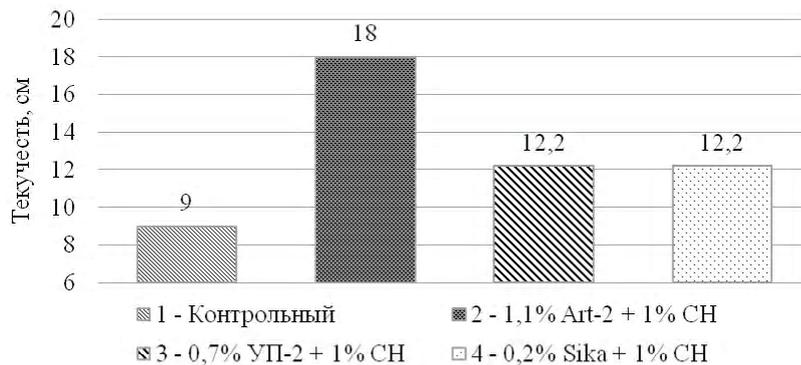


Рисунок 3 – Текучесть пенобетонных смесей при В/Ц равном 0,38.

С уменьшением водоцементного отношения до 0,4 (рис. 2) и увеличением расхода добавки «Хе-микс Art-2» до 0,85 % от массы цемента текучесть смеси увеличена на 52 %, состава с добавкой «Sika Mix Plus» – на 23 %. Состав с добавкой «Форт УП-2» в количестве 0,6 % повысил текучесть смеси на 13 %.

При водоцементном отношении равном 0,38 (рис. 3) добавка «Хемикс Art-2» в количестве 1,1 % от массы цемента увеличивает текучесть пенобетонной смеси на 89 %. Очевидно, что с применением добавки «Хемикс Art-2» уменьшается размер пузырьков вовлеченного воздуха, что и придает высокую пластичность пенобетонной смеси. С использованием добавок «Sika Mix Plus» и «Форт УП-2» текучесть полученных смесей увеличена на 26 % в сравнении с контрольным составом.

На рисунках 4–6 представлены зависимости плотности и прочности пенобетонов с применением водоредуцирующих добавок различного химического действия от водоцементного отношения.

Из рисунков 4–6 следует, что со снижением водоцементного отношения повышается плотность пенобетона, что влечет за собой и повышение прочности. При уменьшении В/Ц с 0,4 до 0,38 и увеличении количества добавки «Хемикс Art-2» с 0,85 до 1,1% от массы цемента (рис. 4) прочность неавтоклавного пенобетона в 28 суток возросла с 1,8 до 3,3 МПа, однако плотность повысилась незначительно, с 506 до 553 кг/м³.

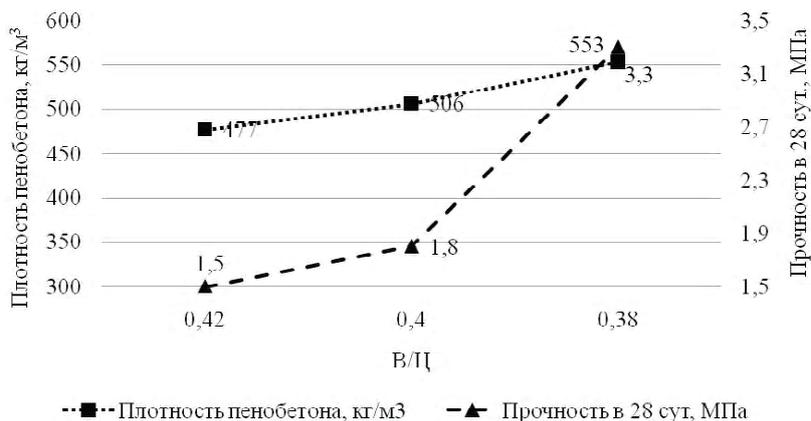


Рисунок 4 – Зависимость плотности и прочности пенбетонных смесей с применением водоредуцирующей добавки «Хемикс Art-2» от водоцементного отношения.

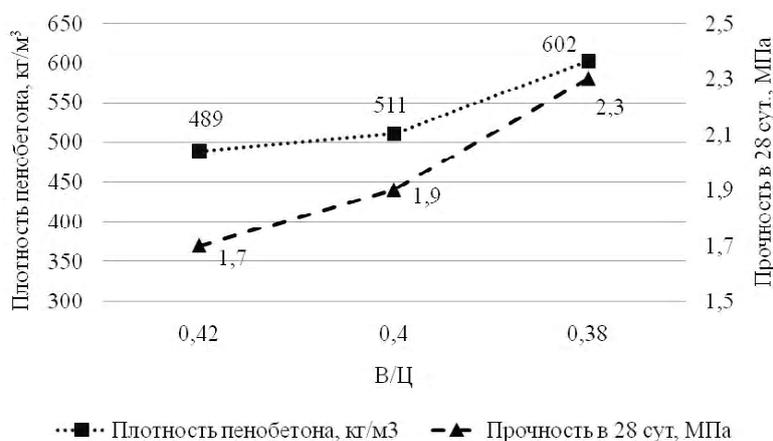


Рисунок 5 – Зависимость плотности и прочности пенбетонных смесей с применением водоредуцирующей добавки «Форт УП-2» от водоцементного отношения.

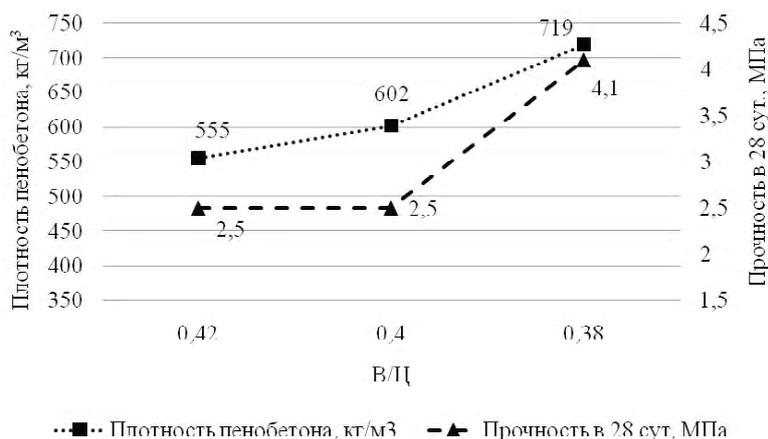


Рисунок 6 – Зависимость плотности и прочности пенбетонных смесей с применением водоредуцирующей добавки «Sika Mix Plus» от водоцементного отношения.

С использованием добавки «Форт УП-2» (рис.5.) в пределах В/Ц от 0,42...0,40 плотность и прочность существенно не изменилась, однако при дальнейшем снижении В/Ц до 0,38 плотность возрастает с 511 до 602 кг/м³, что служит причиной повышения прочности с 1,9 до 2,3 МПа в марочном возрасте.

Применение водоредуцирующей добавки «Sika Mix Plus» (рис. 6) в пределах В/Ц от 0,42–0,40 характеризуется одинаковыми показателями прочности – 2,5 МПа, однако плотность изменяется с 555 до 602 кг/м³. С уменьшением В/Ц до 0,38 плотность увеличивается до 719 кг/м³, что привело к повышению прочности до 4,1 МПа.

ВЫВОДЫ

Регулирование технологических характеристик пенобетонных смесей позволит улучшить физико-механические показатели пенобетонных изделий, а приведенные экспериментальные данные позволят подобрать оптимальный состав неавтоклавного цементного пенобетона.

Наиболее эффективной для пенобетонов естественного твердения на белковом пенообразователе «Эталон», в плане водоредуцирования является добавка «Хемикс Art-2» в количестве 0,85 – 1,1 % от массы цемента. При В/Ц равном 0,42 текучесть пенобетонной смеси увеличена на 32 %, при В/Ц равном 0,4 – на 52 %, при В/Ц 0,38 – на 89 %.

Если сравнивать показатели текучести смесей с добавками «Форт УП-2» и «Sika Mix Plus» между собой, то вторая является более эффективной в количестве 0,05 – 1 % от массы цемента.

Стоит отметить, что неавтоклавные цементные пенобетоны продолжают набирать прочность и в послемарочном возрасте, поэтому возможны дополнительные исследования в этом направлении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горлов, Ю. П. Технология теплоизоляционных материалов и изделий [Текст] / Ю. П. Горлов, А. П. Меркин, А. А. Устенко. – М. : Стройиздат, 1980. – 376 с.
2. Жабин, Д. В. Активированный электрогидротеплосиловым полем неавтоклавный пенобетон [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Жабин Дмитрий Владимирович. – Москва : [б. и.], 2014. – 233 с.
3. Кузнецова, Т. В. Физическая химия вяжущих материалов [Текст] / Т. В. Кузнецова, И. В. Кудряшов, В. В. Тимашев. – М. : Высшая школа, 1989. – 384 с.
4. Изотов, В. С. Химические добавки для модификации бетона [Текст] / В. С. Изотов, Ю. А. Соколова. – М. : КГАСУ: Изд-во «Палеотип», 2006. – 244 с.
5. Совершенствование технологии пенобетона при учете температуры воды затворения [Текст] / В. Н. Моргун, А. Ю. Богатина, Л. В. Моргун, П. В. Смирнова, Я. С. Набокова // Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии : материалы XV Академических чтений РААСН – МНТК (14-17 апреля 2010 г., г. Казань) / Федеральное агентство по образованию, Российская акад. архитектуры и строит. наук [и др.] ; редкол. : Р. З. Рахимов (отв. ред.) и др. – Т. 1. – Казань : [Казанский гос. архитектурно-строит. ун-т], 2010. – С. 322–326.
6. Взаимосвязь структуры пены, технологии и свойств получаемого пенобетона [Текст] / Т. Е. Кобидзе, В. Ф. Коровяков, А. Ю. Киселев [и др.] // Строительные материалы. – 2005. – № 1. – С. 26–29.
7. Ефремов, А. Н. Технологические и эксплуатационные свойства газобетонов с низким водотвердым отношением [Текст] / А. Н. Ефремов, Д. Г. Малинин // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2018. – Вып. 2018-4(132) Научно-технические достижения студентов строительной-архитектурной отрасли. Т. 2. Технологии строительных конструкций, изделий и материалов. – С. 194–198.
8. Касторных, Л. И. Добавки в бетоны и строительные растворы [Текст] : учебно-справочное пособие / Л. И. Касторных, – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 21 с.
9. Кучуев, Е. В. Структура и свойства пенобетонов на основе минеральных вяжущих веществ и пенообразователей синтетической и биологической природы [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Кучуев Евгений Викторович. – Ростов н/Д : [б. и.], 2015. – 154 с.
10. Шахова, Л. Д. Технология пенобетона: Теория и практика [Текст] : монография / Л. Д. Шахова. – Москва : Издательство АСВ, 2010. – 247 с.: ил., схем. табл.
11. Стешенко, А. Б. Модифицированный теплоизоляционный пенобетон с пониженной усадкой [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Стешенко Алексей Борисович. – Томск : [б. и.], 2015. – 189 с.

Получено 10.01.2019

О. М. ЄФРЕМОВ ^а, А. В. НАЗАРОВА ^б, Є. М. ВИШТОРСЬКИЙ ^с,
Д. Г. МАЛИНИН ^а

ПІНОБЕТОННІ СУМІШІ ЗНИЖЕНОГО ВОДОВМІСТУ ІЗ
ЗАСТОСУВАННЯМ ВОДОРЕДУКУЮЧИХ ДОБАВОК

^а ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», ^б ІБА і ЖКГ ДОУ ВПО
ЛНР «Луганський національний університет ім. В. Даля», ^с ДОУ ЛНР «Луганський національний
аграрний університет»

Анотація. У даній статті розглянуті показники текучості пінобетонних сумішей на основі білкового піноутворювача «Еталон» з використанням водоредукуючих добавок різної хімічної дії: «Хемікс Art-2», «Форт УП-2» та «Sika Mix Plus». Надано порівняння текучості пінобетонних сумішей при рівних значеннях водоцементного відношення. Визначені залежності щільності та міцності пінобетонів із застосуванням водоредукуючих добавок різної хімічної природи від водоцементного відношення.

Ключові слова: ніздрюватий бетон, пінобетон, пінобетонні суміші, водоцементне відношення, водовміст, піноутворювач.

ALEXANDER YEFREMOV ^a, ANTONINA NAZAROVA ^b, EVGENY VISHTORSKIY ^c, DENIS MALININ ^a
FOAM CONCRETE MIXTURES OF LOW WATER CONTENT WITH THE USE OF WATER-REDUCING ADDITIVES

^a Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, ^b SEI HPE LPR «Vladimir Dalh Lugansk National University», ^c SEI LPR «Lugansk National Agrarian University»

Abstract. This article discusses the flow characteristics of foam concrete mixtures based on Etalon protein frother using water-reducing additives of various chemical actions: «Chemix Art-2», «Fort UP-2» and «Sika Mix Plus». A comparison of the fluidity of foam concrete mixtures with equal values of water-cement ratio is presented. The dependences of the density and strength of foam concrete using water-reducing additives of various chemical nature on water-cement ratio are determined.

Key words: cellular concrete, foam concrete, foam concrete mixtures, water-cement ratio, water content, foaming agent.

Ефремов Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: вяжущие и бетоны на основе промышленных отходов, жаростойкие и огнеупорные бетоны.

Назарова Антонина Васильевна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры городского строительства и хозяйства института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В. Даля». Научные интересы: бетоны с использованием отходов промышленности.

Вишторский Евгений Михайлович – аспирант кафедры архитектуры и строительных конструкций ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет». Научные интересы: ячеистые бетоны, пенобетоны, отвечающие современным требованиям.

Малинин Денис Геннадьевич – аспирант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: неавтоклавные газобетоны.

Єфремов Олександр Миколайович – доктор технічних наук, професор кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: в'язучі та бетоны на основі промислових відходів; жаростійкі і вогнетривкі бетоны.

Назарова Антоніна Василівна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри міського будівництва та господарства інституту будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства ДОУ ВПО ЛНР «Луганський національний університет ім. В. Даля». Наукові інтереси: бетоны з використанням відходів промисловості.

Вишторський Євген Михайлович – аспірант кафедри архітектури і будівельних конструкцій, ДОУ ЛНР «Луганський національний аграрний університет». Наукові інтереси: ніздрюваті бетоны, пінобетоны, що відповідають сучасним вимогам.

Малинін Денис Геннадійович – аспірант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: неавтоклавні газобетоны.

Yefremov Alexander – D. Sc. (Eng.), Professor, Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: binders and concretes on the basis of industrial waste, refractory concretes.

Nazarova Antonina – Ph. D. (Eng.), Assistant Professor, Senior Researcher, Department of Urban Construction and Economy, Institute of Construction, Architecture and Housing Communal Services, SEI HPE LPR «Vladimir Dalh Lugansk National University». Scientific interests: concretes with industrial wastes.

Vishtorskiy Evgeny – post-graduate student, Architecture and Building Constructions Department, SEI LPR «Lugansk National Agrarian University». Scientific interests: cellular concretes, foam concretes, meeting modern requirements.

Malinin Denis – post-graduate student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: cellular concretes.