

А.Д. АЛТЫНБЕКОВА¹, Р.Е. ЛУКПАНОВ¹, Д.С. ДЮСЕМБИНОВ¹, Д.В. ЦЫГУЛЕВ¹,
С.Б. ЕНКЕБАЕВ¹, Н.К. ЕРЖАНОВА¹

¹НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», г. Астана, Казахстан

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ

Аннотация. В статье представлены результаты влияния добавки на водонепроницаемость, морозостойкость и удобоукладываемость, которые являются одними из основных показателей физико-механических свойств бетона. В данной работе авторы использовали разработанную комплексную добавку, включающую щелочь (каустическая сода NaOH), послеспиртовую барду (отход спиртового производства) и ускоритель твердения (гипс) в разных процентных соотношениях. Показано, что применение комплексной добавки в состав бетона значительно повышает водонепроницаемость и морозостойкость по сравнению с контрольными образцами (Тип I). Исследовано влияние комплексной добавки на удобоукладываемость бетонной смеси. Установлено, что комплексная добавка позволяет получать высокоподвижные бетонные смеси и снижает их водоотделение, обеспечивая высокую сохранность бетонных смесей. Водонепроницаемость бетона также существенно улучшается – марка по водонепроницаемости повышается на 4 марки в сравнении с бетоном без добавки (Тип I). Предложенный метод ускоряет процесс определения марки бетона по водонепроницаемости, позволяет на основе полученных зависимостей определять марку и степень проницаемости бетона. При введении комплексной добавки в количестве до 7 % от массы цемента возрастает марка по морозостойкости. Доказано, что бетон с исследуемой комплексной добавкой обладает высокими физико-механическими показателями. Найдены оптимальные дозировки рассматриваемой добавки, которые использовались в настоящей работе.

Ключевые слова: бетон, комплексная добавка, послеспиртовая барда, буронабивная свая, удобоукладываемость, водонепроницаемость, морозостойкость.

A.D. ALTYNBEKOVA¹, R.E. LUKPANOV¹, D.S. DYUSSEMBINOV¹, D.V. TSYGULYOV¹,
S.B. YENKEBAEV¹, N.K. YERZHANOVA¹

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

DEVELOPMENT OF A COMPLEX ADDITIVE FOR BORED PILE PRODUCTION

Abstract. The article presents the results of the effect of the additive on water resistance, frost resistance and workability, which are one of the main indicators of the physical and mechanical properties of concrete. In the presented work the authors used a complex additive containing alkali (caustic soda), post-alcohol bard and hardening regulator (gypsum) in different % ratios. It is shown that the use of a complex additive in the composition of concrete significantly increases the water resistance and frost resistance compared with the control samples. The influence of the complex additive on the workability of concrete mixture has been studied. It has been established that the complex additive allows obtaining highly workable concrete mixtures and reducing their water separation, providing high preservation of concrete mixtures. The water impermeability of concrete is also significantly improved - the water impermeability grade increases by 4 steps in comparison with the concrete without additive. The proposed method speeds up the process of determining the concrete water impermeability grade and allows you to determine the water resistance grade and the degree of permeability of concrete on the basis of the obtained dependencies. When adding a complex additive in an amount of up to 7 % of the weight of cement increases the brand on frost resistance. It is found that

© Алтынбекова А.Д., Лукпанов Р.Е., Дюсембинов Д.С., Цыгулев Д.В., Енкебаев С.Б., Ержанова Н.К., 2023

the concrete with the studied complex additive has high physical and mechanical properties. The optimum dosages of the considered additive were found and used in the present work.

Keywords: concrete, complex additive, post-alcohol bard, bored pile, workability, water resistance, frost resistance.

Введение

В настоящее время в сложных инженерно-геологических условиях на территории Казахстана все большее применение находят свайные фундаменты в самых разнообразных областях строительства [1]. Одним из наиболее эффективных технологий возведения свайных фундаментов на практике строительного производства при возведении высотных, большепролетных и уникальных зданий, сооружений является устройство буронабивных свайных фундаментов, применение которых насчитывает уже 120-летнюю историю [2]. Эффективность свайного фундамента достигается за счет высокой эксплуатационной надежности, жесткости, относительно низкой материалоемкости, высокой индустриальности производства, возможности круглогодичного ведения работ [3]. Данная технология может использоваться в любых климатических условиях для создания фундаментов зданий и сооружений любого назначения без ущерба возведения качественного строения [4].

Актуальным вопросом в строительной индустрии, а также в науке строительных материалов является совершенствование изготовления железобетонных изделий с целью повышения их долговечности и будущем применении в производстве. Поскольку бетон применяется в многочисленных строительных зданиях сооружений как гражданских, так и особо сложных технических сооружений, которые имеют стратегическое значение для страны. В настоящее время, несмотря на многообразие и огромный выбор строительных материалов, бетон остается до сих пор одним из ведущих материалов. Будь это либо монолитные конструкции, или же сборные, потому что бетону можно предать различные геометрические формы конструкции, а также он может проявлять различные свойства. Одними из наиболее важных и основных эксплуатационных характеристик бетона является его механическая прочность, водонепроницаемость и морозостойкость [5].

Современное производство бетона и железобетона тесно связано с широким применением различных химических добавок [6-8], которые в малых дозировках позволяют регулировать технологический процесс и получать бетон и железобетон с требуемыми физико-техническими свойствами [9]. Большинство исследований отмечено [10-12], положительное влияние химических добавок на физико-механические свойства бетона, в частности прочности [13-15].

Буронабивные сваи изготавливаются из бетона с применением пластифицирующих и противоморозных добавок, обеспечивающих твердение бетона при температурах ниже +5 °С. Состав бетона устанавливается технологическим регламентом в зависимости от периода производства свайных работ [16]. Известно, что основное назначение пластифицирующих добавок – увеличение удобоукладываемости, что обеспечивает уменьшение энерго- и трудозатрат при укладке. С другой стороны, применение таких добавок позволяет, за счет снижения водоцементного отношения, при сохранении заданной подвижности смеси, повышать в значительной степени прочность и долговечность изделий. Кроме этого, введение пластификаторов позволяет влиять на сроки схватывания и кинетику твердения цемента, повышать прочность, морозостойкость и водонепроницаемость бетона за счет водоредуцирования, а также снижать расход цемента и энергозатраты на производство бетонов, растворов, и т.д. [17-30]. Поэтому разработка составов модифицированных тяжелых бетонов для общестроительного назначения с улучшенными технологическими параметрами путем использования эффективных модифицирующих добавок являются актуальным [31].

Для повышения эффективности использования свайных фундаментов нами предложено использовать комплексную добавку из преимущественно местных сырьевых материалов для производства буронабивных свай. В целях улучшения технологических

свойств, в растворные смеси вводят специальные добавки, поверхностно-активные вещества, оказывающие пластифицирующий (послеспиртовая барда) эффект. Применение пластифицирующих добавок позволяет получать удобоукладываемые растворы значительно в меньшем количестве воды (водовязущем отношении – В/В) [32]. В состав комплексной добавки входят отход производства этилового спирта (послеспиртовая барда) и щелочь (каустическая сода, NaOH) для нейтрализации кислотности послеспиртовой барды, это связано с тем, что очистка проводится некачественно и послеспиртовая барда сохраняет кислотность. Таким образом, комплексное применение щелочи (каустическая сода, NaOH), пластифицирующей добавки (послеспиртовая барда) и гипса способствует улучшению физико-механических характеристик бетона. Послеспиртовая барда является ценным продуктом, которую можно использовать при решении проблем экологического загрязнения и получение дешевого сырья.

Цель исследования: разработать технологический состав бетона для улучшения физико-механических свойств.

Для достижения поставленной цели, были решены следующие задачи:

1. Подбор оптимального состава при разном %-ном соотношении
2. Приготовление образцов в лабораторных условиях
3. Лабораторные исследования разработанного бетона

Сравнения результатов лабораторных исследований проведены для четырех типов бетона:

Тип 1: контрольный состав бетона без добавок;

Тип 2: состав бетона с комплексной добавкой (послеспиртовая Барда – 3,0%, гипс – 1,0% и NaOH – 5,0%);

Тип 3: состав бетона с комплексной добавкой (послеспиртовая Барда – 5,0%, гипс – 1,5% и NaOH – 5,0%);

Тип 4: состав бетона с комплексной добавкой (послеспиртовая Барда – 7,0%, гипс – 2,0% и NaOH – 5,0%).

Методика экспериментальных исследований

В данной работе при проведении лабораторных исследований преимущественно были использованы сырьевые материалы, производимые в промышленных масштабах. Ниже приведены их основные характеристики, определенные по действующим стандартам.

Для проведения экспериментальных работ в качестве вяжущего использовался портландцемент марки ЦЕМ 42,5 I Н (бездобавочный), нормального твердения. Истинная плотность – 3100 кг/м³. Плотность насыпная – 1100-1600 кг/м³.

В качестве мелкого заполнителя использовался кварцевый песок с модулем крупности 2,23, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ».

В качестве крупного заполнителя применялся гранитный щебень с размером фракций 5-20 мм, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ».

В качестве модифицирующей добавки применялась послеспиртовая Барда, производимый по ТУ 5870-002-14153664-04, в количестве 3%; 5%; и 7% от массы цемента и регулятор твердения – гипс, который позволит ускорить процесс твердения, в количестве 1%; 1,5% и 2% от массы цемента и щелочь (каустическая сода NaOH) в количестве 5%.

Водопродонная вода в качестве воды затворения для получения бетонной смеси, соответствующая требованиям ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов».

При подборе состава учитывались качественные показатели сырьевых материалов, включая способы совмещения компонентов. При расчете расходов материалов были приняты три основных состава и один контрольный состав без добавок.

Расход сырьевых материалов образцов бетона (необходимых для измерения) произведен из расчета на 1 м³ бетонной смеси, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав сравниваемых бетонных образцов

Бетон- ная смесь	Послеспир- товая барда %	Гипс, %	NaOH, %	Составы бетонных смесей, кг						
				Цемент	Гипс	Песок	Щебень	Вода	Послеспир- товая барда	NaOH
Тип 1	0	0	0	350	0	840	1200	105	0	0
Тип 2	3	1	5,0	346,5	3,5	840	1200	93,9	10,5	0,5
Тип 3	5	1,5	5,0	344,75	5,25	840	1200	86,6	17,5	0,8
Тип 4	7	2	5,0	343	7,0	840	1200	79,2	24,5	1,2

Лабораторные испытания включают в себя, фото 1:

- 1) Определение удобоукладываемости бетонной смеси.
- 2) Оценка морозостойкости бетона.
- 3) Оценка водонепроницаемости бетона.



Фото 1 –Проведение лабораторных испытаний

С целью улучшения параметров удобоукладываемости и сохраняемости бетонных смесей были проведены исследования типов 1, 2, 3 и 4, оценивается по диаметру его расплыва в миллиметрах с помощью конуса или конусной формы. Растекаемость смесей определена по диаметру расплыва конуса бетонной смеси по методике EN 12350.5-2000 «Методы испытания бетонной смеси». Расплыв конуса бетонной смеси определяется измерением диаметра расплывшейся лепешки в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Испытание водонепроницаемости бетона определяли на образцах-цилиндрах размером 150х150х150 мм осуществлено по EN 12390-8 «Глубина проникновения воды под давлением» и ГОСТ 12730.5 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости». Оценка глубины проникновения воды после 72±2-часового приложения давления в 0,5 МПа.

Исследования морозостойкости бетона проводились согласно ГОСТ 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости». Морозостойкость определяли на образцах 100х100х100 мм, возраст 28 суток.

Результаты и их анализ

В рамках исследования были определены наиболее важные физико-механические характеристики бетона с применением комплексной добавки и без нее.

Подсчет расхода сырьевых материалов на 1 м³ бетонной смеси с помощью методики, описанной в руководстве по подбору состава тяжелого бетона (таблица 1). При подборе состава учитывались качественные показатели сырьевых материалов, включая особенности способы совмещения компонентов. При расчете расходов материалов были приняты три основных состава и один контрольный состав без добавок.

Применение добавок позволяет получать качественные бетонные смеси, приготовление которых должно производиться в смесителях принудительного действия при фиксированной продолжительности перемешивания, так как это влияет на реологические свойства смеси.

Удобоукладываемость бетонной смеси. Главным показателем эффективности действия комплексной добавки на бетонную смесь представляет собой степень разжижающей способности. В данной работе, за эталон сравнения приняли смесь (Тип 1) без добавки. Комплексная добавка вводилась вместе с водой затворения в бетонную смесь в дозировках от 0 до 7% от массы цемента. Введение комплексной добавки в количестве, превышающем 7%, не увеличивало подвижности бетонной смеси, что подтверждает результаты опытов.

По результатам испытаний видно, что при добавлении добавок от массы цемента в водно-цементный раствор при постоянном В/Ц=0,56 соотношении, увеличивается растекаемость бетонной смеси и прочность цементного камня. При определении оптимальной дозировки для изготовления бетонной смеси требуемой подвижности расходы добавок были соответственно, (3%, 5%, 7%) от массы цемента. Для оценки реологической активности и влияния модификатора на растекаемость были приготовлены цементные композиции с дозировкой модификатора (3%, 5%, 7%) от массы цемента. Графическая зависимость растекаемости цементных композиций от расхода модификатора представлена на рисунке 1.

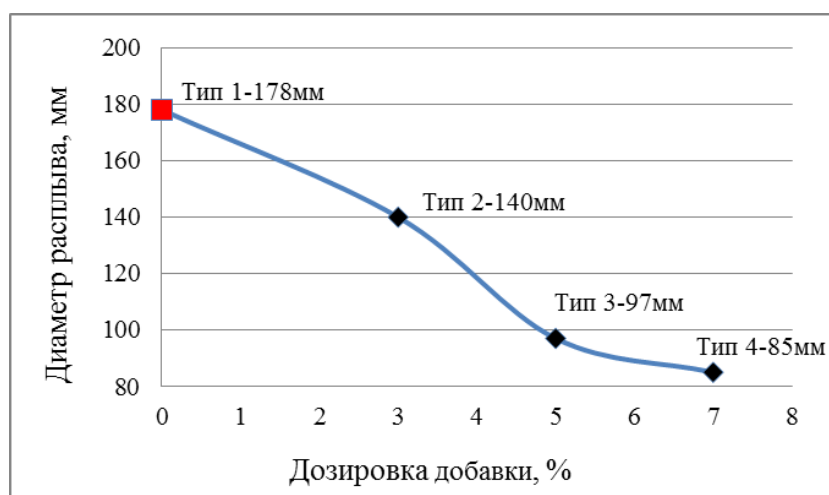


Рисунок 1 - Изменение растекаемости композиций в зависимости от расхода добавки

Анализ данных показывает, что в Типах 2-4, диаметр расплыва находится в пределах 85-140 мм, а для контрольного Типа 1-178 мм.

Растекаемость композиции типа 1 показал наибольшее значение, которое составляет 178 мм, в процентном соотношении больше на 27,14% по сравнению с Типом 2.

Растекаемость композиции Типа 2 составляет 140 мм, при введении в цементное тесто 3% комплексной добавки (по отношению к массе цемента).

Растекаемость композиции Типа 3 составляет 97 мм, при добавке к цементному тесту комплексной добавки в количестве 5%.

Растекаемость композиции Типа 4 наименьшее значение, которое составляет 85 мм, при добавке к цементному тесту комплексной добавки в количестве 7%. Из рисунка 6 видно, что с повышением дозировки добавок рост подвижности замедляется, т.е. выполняется своеобразное насыщение смеси. Увеличение дозировки выше предельного значения не следует к значительному росту подвижности, и, чаще всего, возникает водоотделение.

На основе полученных экспериментальных результатов следует вывод, что оптимальная дозировка для получения бетонной смеси с наибольшей подвижностью находится в пределах (5 и 7%) от массы цемента. Если расход превышает этот предел, то это в конечном итоге приводит к водоотделению и расслоению бетонной смеси. Добавление добавки более (7%) чаще всего приводит к уменьшению прочности цементного камня и считается нерентабельным.

Подвижность исследуемых составов находилась в пределах от 9-19 см. Расслаиваемость бетонной смеси находилась в пределах от 3,2% (Тип 1) до 7,1% (Тип 2). Прочность на сжатие в возрасте 28 суток составила от 36,8 Мпа (Тип 1) до 54,1 Мпа (Тип 3). Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что применение добавок приводит к увеличению прочности бетона и снижению расслаиваемости бетонной смеси.

Водонепроницаемость. Для исследования использовались добавки, техническая информация о которых приведена в таблице 1. Исследования выполнялись на портландцементе марки ЦЕМ 42,5 I Н (бездобавочный). Влияние комплексной добавки на водонепроницаемость бетона было изучено для варианта пластификации бетонной смеси при разных дозировках добавок ($B/C=const$).

Результаты испытаний представлены на рисунке 2. Из данных видно, что с увеличением дозировки комплексной добавки наблюдается уменьшение глубины проникновения воды.

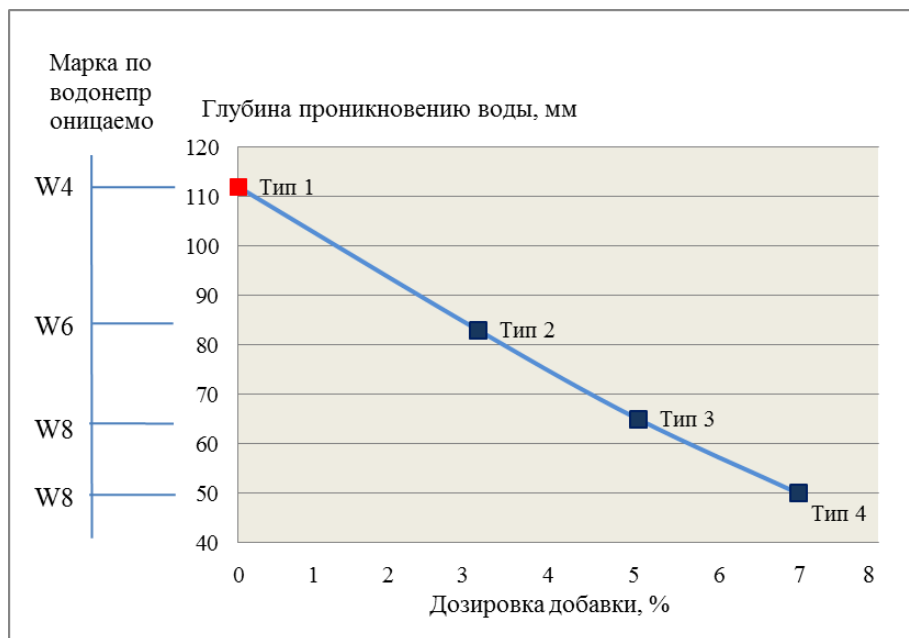


Рисунок 2 - Водонепроницаемость бетона в зависимости от вида и дозировки добавок:
 тип 1 - контрольная; тип 2 – с комплексной добавкой соответственно 1+3% от массы цемента;
 тип 3 – с комплексной добавкой соответственно 1,5+5% от массы цемента;
 тип 4 – с комплексной добавкой соответственно 2+7% от массы цемента

Тип 1. Анализ данных показали, что наименьшей водонепроницаемостью обладает бездобавочный состав бетона по сравнению с остальными типами. Это объясняется наличием в композите капиллярной пористости, которая ускоряет перенос воды вглубь бетона и увеличивает степень его пропитки. Насыщение материала влагой ведет к ускорению процессов коррозии и последующему разрушению материала. Дозировка комплексной добавки 0%. Глубина проникновения воды – 112 мм. Соответствующая марка по водонепроницаемости – W4. Степень проницаемости бетона - нормальная. Введение в состав бетона для типов 2, 3 и 4 комплексной добавки повышает водонепроницаемость на две-три марки.

Тип 2. Использование комплексной добавки в количестве 1+3% значительно повышает марку бетона по водонепроницаемости (W6) при сравнении с бездобавочным составом (W 4). Это объясняется тем, что комплексная добавка, равномерно распределяет по объему и наполняет межзерновое пространство, таким образом, создавая более плотную структуру. Глубина проникновения воды – 83 мм. Соответствующая марка по водонепроницаемости – W6. Степень проницаемости бетона - пониженная.

Тип 3. Введение в состав комплексной добавки в количестве 1,5+5% позволяет повысить водонепроницаемость композита (до W 8) по сравнению с бездобавочным бетоном на 60 %. Глубина проникновения воды – 63 мм. Соответствующая марка по водонепроницаемости – W8. Степень проницаемости бетона - низкая.

Тип 4. Самое высокое значение марка по водонепроницаемости-W8, получена при соотношении значений компонентов комплексной добавки 2+7% от массы цемента. Глубина проникновения воды – 50 мм. Соответствующая марка по водонепроницаемости – W8. Степень проницаемости бетона - низкая.

Проницаемость воды с комплексными добавками уменьшается с 112 мм для контрольного состава до 83-50 мм для пластифицированных составов. При исследовании водонепроницаемости с данными добавками при дозировках 3% - для типа 2, 5% - для типа 3 и 7% - для Типа 4 наблюдается уменьшение проницаемости бетона до 83-50 мм. Для Типов 2, 3 и 4 с комплексной добавкой с увеличением его дозировки до 1% наблюдается уменьшение проницаемости до 50 мм. Такое явление, возможно, объясняется эффектом самоуплотнения и перекрытием канальной пористости. Дальнейшее увеличение дозировки может привести к уменьшению проницаемости. Сравнивая показатели Типа 3 и 4 с комплексной добавкой, расхождение между глубиной проникновения воды является незначительным – 63 и 50 мм соответственно. Структура бетона Типов 2, 3 и 4 с комплексной добавкой более плотной, за счет чего она лучше сопротивляется воздействию воды по сравнению с бездобавочным составом.

Обобщая результаты влияния комплексных добавок на водонепроницаемость бетона, надо отметить их положительное воздействие во всех случаях. Применение комплексных добавок изменяет характер пористости цементного камня, уменьшая количество замкнутых пор по сравнению с бездобавочным составом. Ввод в бетонную смесь комплексных добавок при низких В/Ц отношениях позволяет надежно достигать высоких значений водонепроницаемости. Таким образом, использование комплексной добавки для уплотнения капиллярно-пористой структуры бетона позволяет повысить физико-механические характеристики, тем самым увеличив его сопротивляемость проникновению влаги. Использование комплексной добавки позволяет повысить водостойкость бетона, тем самым увеличив его плотность и сопротивляемость проникновению влаги. Сравнивая Типы 2, 3 и 4 с комплексной добавкой в количестве до 10 % с остальным, исследуемым в работе, стоит отметить, что данные типы обладают наилучшими показателями водонепроницаемости (до W 8).

Морозостойкость. Значения характеристик, полученные до замораживания, соответствуют нулю циклов и относятся к контрольным образцам, а все остальные значения, полученные после различного числа циклов, относятся к основным образцам (рисунок 3). Все испытанные на морозостойкость образцы бетона формовали из смеси с одинаковым значением В/Ц = 0,56.

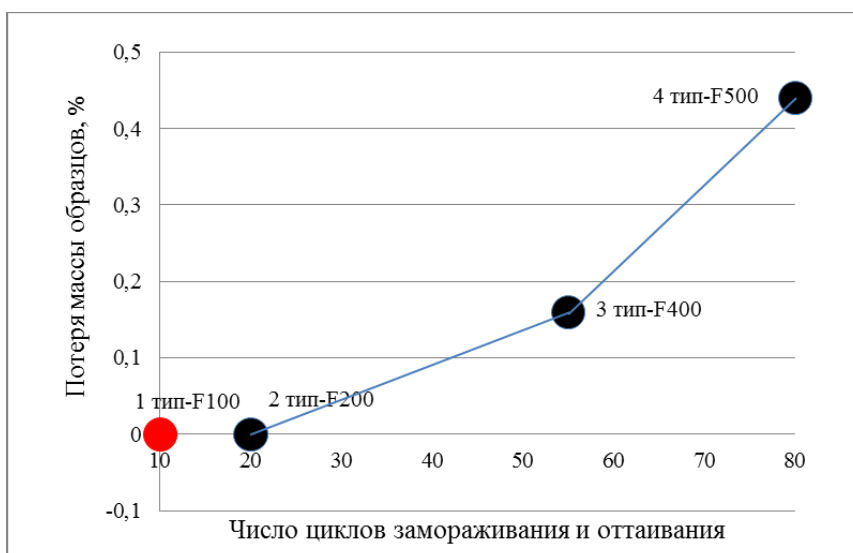


Рисунок 3 - Результаты испытания бетона на морозостойкость.

Определение морозостойкости привело к следующим результатам:

Тип 1. Наименьшие значения морозостойкости показали образцы бетона без добавок – F 100, которые были изготовлены с повышенным расходом цемента и воды, без изменения В/Ц в целях обеспечения равноподвижности бетонной смеси.

Тип 2. Увеличение количества комплексной добавки в количестве 3% при постоянном значении начального В/Ц значительно изменяет морозостойкость бетона до F 200. До 20 циклов включительно бетон практически не теряет массу.

Тип 3. Введение комплексной добавки в количестве 5%, регулирующий характер структуры бетона, в наибольшей мере способствует повышению морозостойкости бетона до F 400. Следовательно, добавка является эффективным способом повышения морозостойкости бетона при постоянном В/Ц. Испытание бетона до 55 циклов выявило, что результаты удовлетворяют критерию морозостойкости. Снижение массы достигло лишь 0,16 %, а шелушения поверхности образцов не отмечено.

Тип 4. Введение комплексной добавки в количестве 7% обеспечила высокую морозостойкость бетона до F 500. Значение потерь массы образцов до 80 циклов не превысило 0,44 %, однако наблюдалось существенное шелушение поверхности образцов, что вызвало необходимость завершить испытание.

Таким образом, по результатам испытания морозостойкости бетона можно сделать заключение, что наиболее стойкая структура цементного камня формируется в присутствии комплексных добавок. Введение комплексной добавки в составы бетона удастся значительно повысить морозостойкость, причем количество добавки (до 7%) практически не оказывает отрицательного влияния на показатель. Наоборот, с увеличением комплексной добавки до 7% наблюдается постепенное повышение морозостойкости бетона. Таким образом, проведенные исследования подтвердили возможность получения бетона высокой морозостойкости. По классификации ГОСТ 25192-2012 полученные типы бетона можно отнести к: Тип 1 – бетон средней морозостойкости; Тип 2 – бетон средней морозостойкости; Тип 3 – бетон высокой морозостойкости и Тип 4 – бетон высокой морозостойкости.

Выводы

На основании проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы для:

Типа 1. Растекаемость композиции показал наибольшее значение, которое составляет 178 мм, по сравнению с остальными типами. Образцы показали наименьшую прочность по сравнению с типами 2, 3 и 4, однако водопоглощение имеет наибольшее значение. Марка по

водонепроницаемости – W4. Степень проницаемости бетона - нормальная. Марка по морозостойкости F100, потеря массы – 0%;

Типа 2. При введении в цементное тесто 3% комплексной добавки (по отношению к массе цемента) растекаемость композиции составляет 140 мм. Марка по водонепроницаемости – W6. Степень проницаемости бетона - пониженная. Марка по морозостойкости F200, потеря массы – 0%;

Типа 3. Растекаемость композиции составляет 97 мм, при добавке к цементному тесту комплексной добавки в количестве 5%. Марка по водонепроницаемости – W8. Степень проницаемости бетона - низкая. Марка по морозостойкости F400, потеря массы – 0,16%;

Типа 4. Растекаемость композиции имеет наименьшее значение, которое составляет 85 мм, при добавке к цементному тесту комплексной добавки в количестве 7%. Марка по водонепроницаемости – W8. Степень проницаемости бетона - низкая. Марка по морозостойкости F500, потеря массы – 0,44%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрахманова К.А., Байджанов Д.О. Высокопрочный бетон модифицированный с различными добавками // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. Пенза, 2019. С. 102-104.
2. Фёдоров В.С., Купчикова Н.В. Технологии устройства концевых уширений набивных и готовых свай и их влияние на формообразование конструкций фундамента // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2019. № 1 (27). С. 40-56.
3. Купчикова Н.В., Максимов А.О., Зинченко Д.В. Эволюция технологии устройства буронабивных свайных фундаментов с уширениями // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования. Астрахань, 2018. С. 113-121.
4. Пономарев А.Б., Соловьев А.В., Богомоллова О.А. К вопросу определения расчетной нагрузки на сваю // Актуальные проблемы геотехники. 2014. С. 159–165.
5. Осипов А.А., Гертнер А.В., Чулкова И.Л. Влияние добавки «Реламикс» на свойства тяжелого бетона // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации. 2021. С. 671-675.
6. Тринкер Б.Д. и др. Эффективность применения комплексных добавок ПАВ и электролитов // Бетон и железобетон. 2007. № 10. С. 12–13.
7. Петрова Т.М., Смирнова О.М. Современные модифицирующие добавки для производства сборного бетона и железобетона // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2010. № 4. С. 203-212.
8. Боцман Л.Н., Строкова В.В., Ищенко А.В., Боцман А.Н. Модифицирование бетона за счет введения различных видов добавок // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 90-94.
9. Кушбакова Б.Б., Ботиров И.Ш., Мухамедбаев А.А. Влияние химической добавки на прочность бетона // Scientific progress. 2021. № 1 (6). С. 302-304.
10. Бахташ К.Н., Абдрахманов У.К. Исследование возможности повышения качества бетона введением модифицирующих добавок // Молодой ученый. 2020. № 22. С. 91-94.
11. Зоткин А.Г. Бетоны с эффективными добавками. Москва. 2014. Учебное пособие. 160 с.
12. Руководство по применению химических добавок к бетону. М., Стройиздат, 1975, 66 с.
13. Анисимов С.Н., Кононова О.В., Минаков Ю.А., Лешканов А.Ю., Смирнов А.О. Исследование прочности тяжелого бетона с пластифицирующими и минеральными добавками // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2 (часть 1).
14. Jeyanth A., Kosalram R., Rajkiran R.C. Influence of chemical admixtures on the strength properties of concrete // Conference: SET conference, VIT university. 2013.
15. Дружинкин С.В., Немыкина Д.А., Краснова Е.А. Влияние суперпластифицирующих добавок на прочность бетона // Инженерный Вестник Дона. 2018. № 2. С. 212.
16. Ефимов В.М., Рожин И.И., Попенко Ф.Е., Степанов А.В., Степанов А.А., Васильчук Ю.К. Устройство буронабивных свай в условиях криолитозоны центральной Якутии // Арктика и антарктика. Москва, 2018. С. 133-141.
17. Калашников В.И. Через рациональную реологию – в будущее бетонов. Ч. 2. Тонкодисперсные реологические матрицы и порошковые бетоны нового поколения // Технологии бетонов. 2007. № 6. С. 8-11.

18. Базаров Б.Г., Норжинбадам С., Санжаасурен Р., Доржиева С.Г., Урханова Л.А. Пластифицирующие добавки в бетон на основе промышленных отходов // Вестник ВСГУТУ. 2012. № 1 (36). С. 27.
19. Копаница Н.О., Сорокина Е.А., Демьяненко О.В. Влияние добавки термомодифицированного торфа на технологические свойства строительных смесей для 3d-печати // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 4. С. 122-134.
20. Кинд В.В. Коррозия цемента и бетона в гидротехнических сооружениях. М.: Госэнергоиздат, 1955. 320 с.
21. Пустовгар А.П. Эффективность применения современных суперпластификаторов в сухих строительных смесях // 4-я Междунар. научно-техн. конф. «Современные технологии сухих смесей в строительстве «MixBUILD»». Санкт-Петербург, 2002. С. 45-52.
22. Иванов И.М., Крамар Л.Я., Кирсанова А.А., Тьерри В. Влияние комплекса "микрокремнезем-суперпластификатор" на формирование структуры и свойств цементного камня // Вестник ЮжноУральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Т. 18. № 1. С. 32-40.
23. Калашников, В.И. Особенности реологических изменений цементных композиций под действием ионностабилизирующих пластификаторов // Сборник трудов «Технологическая механика бетона». Рига: РПИ, 1984. С. 103-118.
24. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. 368 с.
25. Калашников В.И. Учет реологических изменений бетонных смесей с суперпластификаторами // Материалы IX Всесоюзной 53 конференции по бетону и железобетону (Ташкент, 1983). Пенза, 1983. С. 7-10.
26. Танг Ван Лам. Возможность применений высококачественного мелкозернистого торкрет-бетона для строительства метро // сборник материалов XIX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». Издательство: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (Москва). 2016. С. 909-912.
27. Батраков В.Г., Тюрина Т.Е., Фаликман В.Р. Адсорбция и пластифицирующий эффект суперпластификатора С-3 в зависимости от состава цемента // Бетоны с эффективными добавками. М.: НИИЖБ, 1985. С. 8-14.
28. Gaitero J.J., Campillo I., Guerrero A. Reduction of the calcium leaching rate of cement paste by addition of silica nanoparticles [Снижение скорости выщелачивания кальция из цементной пасты путем добавления наночастиц кремнезема]. Cem. Concr. Res, 2008. Vol. 38. Pp. 1112–1118.
29. Kopanitsa N., Sarkisov Y., Gorshkova A., Demyanenko O. Additives for Cement Compositions Based on Modified Peat [Добавки для цементных композиций на основе модифицированного торфа] // AIP Conference Proceedings. AIP Publishing, 2016. Т. 1698. № 1.
30. Sanchez F., Zhang L., Ince C. Multi-scale performance and durability of carbon nanofiber/cement composites [Многоуровневая работа и долговечность углеродного нановолокна/цементных композитов] // Nanotechnology in Construction 3: Proceedings of the NICOM3. – Springer Berlin Heidelberg, 2009. С. 345-350.
31. Куликова А.А., Демьяненко О.В., Ничинский А.Н. Разработка комплексных модифицирующих добавок для тяжелого бетона // The Scientific Heritage. 2021. № 80-1. Pp. 36-40.
32. Корчагина О.А., Однолько В.Г. Материаловедение. Бетоны и строительные растворы. 2004. 42 с.

REFERENCES

1. Abdrahmanova K.A., Bajdzhanov D.O. Vysokoprochnyj beton modificirovannyj s razlichnymi dobavkami [High-strength concrete modified with various additives]. *Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya: aktual'nye voprosy, dostizhenija i innovacii*. Penza, 2019. Pp. 102-104. (rus)
2. Fyodorov V.S., Kupchikova N.V. Tekhnologii ustrojstva koncevnyh ushirenij nabivnyh i gotovyh svaj i ih vliyanie na formoobrazovanie konstrukcij fundamenta [Technologies for the device of end widenings of packed and finished piles and their influence on the shaping of foundation structures]. *Inzhenerno-stroitel'nyj vestnik Prikaspiya*. 2019. No. 1 (27). Pp. 40-56. (rus)
3. Kupchikova N.V., Maksimov A.O., Zinchenko D.V. Evolyuciya tekhnologii ustrojstva buronabivnyh svajnyh fundamentov s ushireniami [Evolution of the technology of the device of bored pile foundations with widenings]. *Innovacionnoe razvitie regionov: potencial nauki i sovremennogo obrazovaniya*. Astrahan', 2018. Pp. 113-121. (rus)
4. Ponomarev A.B., Solov'ev A.V., Bogomolova O.A. K voprosu opredelenija raschetnoj nagruzki na svaju [To determine the design load on the pile]. *Aktual'nye problemy geotekhniki*. 2014. Pp. 159–165. (rus)

5. Osipov A.A., Gertner A.V., Chulkova I.L. Vliyanie dobavki «Relamiks» na svojstva tyazhelogo betona [The effect of the Relamix additive on the properties of heavy concrete]. *Arhitekturno-stroitel'nyj i dorozhno-transportnyj kompleksy: problemy, perspektivy, innovacii*. 2021. Pp. 671-675. (rus)
6. Trinker B.D. i dr. Jefferktivnost' primenenija kompleksnyh dobavok PAV i jelektrolitov [Effectiveness of complex surfactant and electrolyte additives]. *Beton i zhelezobeton*. 2007. No. 10. Pp. 12–13. (rus)
7. Petrova T.M., Smirnova O.M. Sovremennye modificirujushhie dobavki dlja proizvodstva sbornogo betona i zhelezobetona [Modern modifying additives for the production of precast concrete and reinforced concrete]. *Izvestija Peterburgskogo universiteta putej soobshhenija*. 2010. No. 4. Pp. 203-212. (rus)
8. Bocman L.N., Stokova V.V., Ishhenko A.V., Bocman A.N. Modificirovanie betona za schet vvedenija razlichnyh vidov dobavok [Modifying concrete by introducing different types of additives]. *Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova*. 2016. No. 6. Pp. 90-94. (rus)
9. Kushbakova B.B., Botirov I.Sh., Muhamedbaev A.A. Vlijanie himicheskoj dobavki na prochnost' betona [Effect of a chemical additive on the strength of concrete]. *Scientific progress*. 2021. No. 1 (6). Pp. 302-304. (rus)
10. Bahtash K.H., Abdrahmanov U.K. Issledovanie vozmozhnosti povyshenija kachestva betona vvedeniem modificirujushhih dobavok [Study of the possibility of improving the quality of concrete by introducing modifying additives]. *Molodoj uchenyj*. 2020. No. 22. Pp. 91-94. (rus)
11. Zotkin A.G. Betony s jefferktivnymi dobavkami [Concretes with effective additives]. Moskva, 2014. Uchebnoe posobie. 160 p. (rus)
12. Rukovodstvo po primeneniju himicheskikh dobavok k betonu [Guidelines for the use of chemical concrete additives]. M., Strojizdat, 1975, 66 p.
13. Anisimov S.N., Kononova O.V., Minakov Ju.A., Leshkanov A.Ju., Smirnov A.O. Issledovanie prochnosti tjazhelogo betona s plastificirujushhimi i mineral'nymi dobavkami [Study of the strength of heavy concrete with plasticizers and mineral additives]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. 2015. No. 2 (1). (rus)
14. Jeyanth A., Kosalram R., Rajkiran R.C. Influence of chemical admixtures on the strength properties of concrete. *Conference: SET conference, VIT university*. 2013. <https://www.researchgate.net/publication/267624951> doi:10.13140/2.1.1107.0404
15. Druzhinkin S.V., Nemykina D.A., Krasnova E.A. Vlijanie superplastificirujushhih dobavok na prochnost' betona [Effect of superplasticizing additives on concrete strength]. *Inzhenernyj Vestnik Dona*. 2018. No. 2. Pp. 212. (rus)
16. Efimov V.M., Rozhin I.I., Popenko F.E., Stepanov A.V., Stepanov A.A., Vasil'chuk Ju.K. Ustrojstvo buronabivnyh svaj v uslovijah kriolitozony central'noj Jakutii [Installation of bored piles in the cryolithozone conditions of central Yakutia]. *Arktika i antarktika*. Moskva, 2018. Pp. 133-141. (rus)
17. Kalashnikov V.I. Cherez racional'nuju reologiju – v budushhee betonov. Ch. 2. Tonkodispersnye reologicheskie matricy i poroshkovye betony novogo pokolenija [Through rational rheology into the future of concrete. Part 2: Fine rheological matrices and new generation powder concretes]. *Tehnologii betonov*. 2007. No. 6. Pp. 8-11. (rus)
18. Bazarov B.G., Norzhinbadam S., Sanzhaasuren R., Dorzhieva S.G., Urhanova L.A. Plastificirujushhie dobavki v beton na osnove promyshlennyh othodov [Plasticizing additives in concrete based on industrial waste]. *Vestnik VSGUTU*. 2012. No. 1 (36). Pp. 27. (rus)
19. Kopanica N.O., Sorokina E.A., Dem'janenko O.V. Vlijanie dobavki termomodificirovannogo torfa na tehnologicheskie svojstva stroitel'nyh smesej dlja 3d-pechati [Effect of thermally modified peat additive on the technological properties of construction mixtures for 3d-printing]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2018. T. 20. Pp. 122-134. (rus)
20. Kind V.V. Korrozija cementov i betona v gidrotehnicheskikh sooruzhenijah [Corrosion of cements and concrete in hydraulic structures]. M.: Gosjenergoizdat, 1955. 320 p. (rus)
21. Pustovgar A.P. Jefferktivnost' primenenija sovremennyh superplastifikatorov v suhih stroitel'nyh smesjah [Effectiveness of modern superplasticizers in dry building mixes]. *4-ja Mezhdunar. nauno-tehn. konf. «Sovremennye tehnologii suhih smesej v stroitel'stve «MixBUILD»»*. Sankt-Peterburg, 2002. Pp. 45-52. (rus)
22. Ivanov I.M., Kramar L.Ja., Kirsanova A.A., T'eri V. Vlijanie kompleksa "mikrokremnezem-superplastifikator" na formirovanie struktury i svojstv cementnogo kamnja [Influence of the complex "microsilica-superplasticizer" on the formation of the structure and properties of cement stone]. *Vestnik JuzhnoUral'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura*. 2018. T. 18. No. 1. Pp. 32-40. (rus)
23. Kalashnikov V.I. Osobennosti reologicheskikh izmenenij cementnyh kompozicij pod dejstviem ionnostabilizirujushhih plastifikatorov [Peculiarities of rheological changes of cement compositions under the action of ionic stabilizing plasticizers]. *Sbornik trudov «Tehnologicheskaja mehanika betona»*. Riga: RPI, 1984. Pp. 103-118. (rus)
24. Bazhenov Ju.M., Dem'janova B.C., Kalashnikov V.I. Modificirovannye vysokokachestvennye betony [Modified high quality concretes]. M.: Izdatel'stvo Associacii stroitel'nyh vuzov, 2006. 368 p. (rus)

25. Kalashnikov V.I. Uchet reologicheskikh izmenenij betonnyh smesey s superplastifikatorami [Accounting for rheological changes in concrete mixtures with superplasticizers]. *Materialy IX Vsesojuznoj 53 konferencii po betonu i zhelezobetonu* (Tashkent, 1983). Penza, 1983. Pp. 7-10. (rus)
26. Tang Van Lam. Vozmozhnost' primenenij vysokokachestvennogo melkozernistogo torkret-betona dlja stroitel'stva metro [The possibility of using high-quality fine-grained shotcrete for subway construction]. *Sbornik materialov XIX Mezhdunarodnoj mezhvuzovskoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, magistrantov, aspirantov i molodyh uchjonyh*. FGBOU VO «Nacional'nyj issledovatel'skij Moskovskij gosudarstvennyj stroitel'nyj universitet». Izdatel'stvo: Nacional'nyj issledovatel'skij Moskovskij gosudarstvennyj stroitel'nyj universitet (Moskva). 2016. Pp. 909-912. (rus)
27. Batrakov V.G., Tjurina T.E., Falikman V.R. Adsorbicija i plastificirujushhij jeffekt superplastifikatora S-3 v zavisimosti ot sostava cementa [Adsorption and plasticizing effect of superplasticizer C-3 depending on cement composition]. *Betony s jeffektivnymi dobavkami*. M.: NIIZhB, 1985. Pp. 8-14. (rus)
28. Gaitero J.J., Campillo I., Guerrero A. Reduction of the calcium leaching rate of cement paste by addition of silica nanoparticles. *Cem. Concr. Res*, 2008. Vol. 38. Pp. 1112–1118.
29. Kopanitsa N., Sarkisov Y., Gorshkova A., Demyanenko O. Additives for Cement Compositions Based on Modified Peat [Добавки для цементных композиций на основе модифицированного торфа]. *AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing. 2016. T. 1698. No. 1.
30. Sanchez F., Zhang L., Ince C. Multi-scale performance and durability of carbon nanofiber/cement composites [Многоуровневая работа и долговечность углеродного нановолокна/цементных композитов]. *Nanotechnology in Construction 3: Proceedings of the NICOM3*. – Springer Berlin Heidelberg, 2009. Pp. 345-350.
31. Kulikova A.A., Dem'yanenko O.V., Nichinskij A.N. Razrabotka kompleksnyh modificiruyushchih dobavok dlya tyazhelogo betona. *The Scientific Heritage*. 2021. No. 80-1. Pp. 36-40. (rus)
32. Korchagina O.A., Odnol'ko V.G. Materialovedenie. *Betony i stroitel'nye rastvory*. 2004. 42 p. (rus)

Информация об авторах:

Алтынбекова Алия Досжанкызы

НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», г. Астана, Казахстан, докторант кафедры технология промышленного и гражданского строительства.

E-mail: kleo-14@mail.ru

Лукпанов Рауан Ермагамбетович

НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», г. Астана, Казахстан, PhD, ассоциированный профессор кафедры технология промышленного и гражданского строительства.

E-mail: rauan_82@mail.ru

Дюсембинов Думан Серикович

НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», г. Астана, Казахстан, кандидат технических наук, доцент кафедры технология промышленного и гражданского строительства.

E-mail: dusembinov@mail.ru

Цыгулев Денис Владимирович

НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», г. Астана, Казахстан, кандидат технических наук, доцент кафедры строительство.

E-mail: denis_riza_72@mail.ru

Енкебаев Серик Бейсенгалиевич

НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», г. Астана, Казахстан, кандидат технических наук, доцент кафедры строительство.

E-mail: yenkebayev-serik@mail.ru

Ержанова Нурлиза Киякбаевна

НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», г. Астана, Казахстан, магистр, старший преподаватель кафедры физической и экономической географии.

E-mail: nurliza66@mail.ru

Information about authors:

Altynbekova Aliya D.

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
doctoral student of the department of technology of industrial and civil engineering.
E-mail: kleo-14@mail.ru

Lukpanov Rauan E.

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
PhD, associated professor of the department of technology of industrial and civil engineering.
E-mail: rauan_82@mail.ru

Dyusseminov Duman S.

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
candidate in technical sciences, associate professor of the department of Industrial and Civil Engineering Technology.
E-mail: dusembinov@mail.ru

Tsygulyov Denis V.

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
candidate in technical sciences, associated professor of the department of Constuction.
E-mail: denis_riza_72@mail.ru

Yenkebayev Serik B.

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
candidate in technical sciences, associated professor of the department of Constuction.
E-mail: yenkebayev-serik@mail.ru

Yerzhanova Nurliza K.

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
MSC, senior lecturer of the department of Physical and economic geography.
E-mail: nurliza66@mail.ru