



ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ЛЕГКОГО БЕТОНА НА ПОРИСТОМ ЗАПОЛНИТЕЛЕ ИЗ КВАРЦЕВОГО ПОРФИРА

У. А. Газиев¹, Т. Т. Шакиров², Ш. Т. Рахимов³

Ташкентский архитектурно-строительный институт,

13, ул. Алишера Навои, Ташкент, Узбекистан.

E-mail: ¹ Gaziyeu.1941@mail.ru, ² shakirov.1979@mail.ru, ³ rahimov.12081979@mail.ru

Получена 16 февраля 2021; принята 26 марта 2021.

Аннотация. В статье приведены результаты научно-исследовательских работ по разработке закладочных смесей, пористых заполнителей, теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных бетонов с применением отходов промышленности. Определены оптимальные составы, технология изготовления и основные физико-механические характеристики разработанных строительных материалов и бетонов. Следует отметить, что промышленность строительных материалов является отраслью строительства, для которой вопросы ресурсосбережения, использования отходов промышленности особенно актуальны. Сегодня строительная промышленность использует сотни миллионов тонн различного минерального сырья, причем доля затрат на сырьё в себестоимости продукции составляет 25...50 %. В этих условиях привлечение в качестве сырья миллионов тонн промышленных отходов может принести и приносит значительный народнохозяйственный экономический эффект. В настоящее время крупнотоннажные отходы промышленности, представляющие интерес как сырьё для производства строительных материалов и бетонов, образуются на предприятиях десятков организаций, компаний и ведомств. Вместе с тем предприятия, производящие строительные материалы и изделия, используют не более 10...12 % всех образующихся отходов. В этой связи одной из важнейших проблем на данный момент является максимальное и комплексное использование отходов различных отраслей промышленности как сырья для производства эффективных и более дешевых строительных материалов.

Ключевые слова: легкий бетон, оптимальный состав, пористый заполнитель, удобоукладываемость, связность, средняя плотность, прочность, суперпластификатор.

ПІДБІР ОПТИМАЛЬНОГО СКЛАДУ ЛЕГКОГО БЕТОНУ НА ПОРИСТОМУ ЗАПОВНЮВАЧІ З КВАРЦОВОГО ПОРФІРУ

У. А. Газієв¹, Т. Т. Шакіров², Ш. Т. Рахімов³

Ташкентський архітектурно-будівельний інститут,

13, вул. Алішера Навої, Ташкент, Узбекистан.

E-mail: ¹ Gaziyeu.1941@mail.ru, ² shakirov.1979@mail.ru, ³ rahimov.12081979@mail.ru

Отримана 16 лютого 2021; прийнята 26 березня 2021.

Анотація. У статті наведено результати науково-дослідних робіт з розробки закладних сумішей, пористих заповнювачів, теплоізоляційних і конструкційно-теплоізоляційних бетонів із застосуванням відходів промисловості. Визначено оптимальні склади, технологію виготовлення і основні фізико-механічні характеристики розроблених будівельних матеріалів і бетонів. Слід зазначити, що промисловість будівельних матеріалів є галуззю будівництва, для якої питання ресурсозбереження, використання відходів промисловості особливо актуальні. Сьогодні будівельна промисловість використовує сотні мільйонів тонн різної мінеральної сировини, причому частка витрат на сировину в собівартості продукції становить 25...50 %. За цих умов залучення як сировини мільйонів тонн промислових відходів може принести і приносить значний народногосподарський економічний ефект. На даний час великотоннажні відходи промисловості, що представляють інтерес як сировина для виробництва будівельних матеріалів і бетонів, утворюються на підприємствах десятків організацій, компаній і відомств. Разом з тим підприємства, що виробляють будівельні матеріали і вироби, використовують не більше 10...12 % всіх відходів, що

утворюються. У зв'язку з цим однією з найважливіших проблем на даний момент є максимальне і комплексне використання відходів різних галузей промисловості як сировини для виробництва ефективних і більш дешевих будівельних матеріалів.

Ключові слова: легкий бетон, оптимальний склад, пористий заповнювач, легкоукладальність, зв'язність, середня щільність, міцність, суперпластифікатор.

SELECTION OF THE OPTIMAL COMPOSITION OF LIGHTWEIGHT CONCRETE ON POROUS FILLER FROM QUARTZ PORPHYER

Uchkun Gaziev¹, Tuygun Shakirov², Shavkat Rakhimov³

Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering,

13, Alisher Navoi st., Tashkent, Uzbekistan.

E-mail: ¹Gaziyev.1941@mail.ru, ²shakirov.1979@mail.ru, ³rakhimov.12081979@mail.ru

Received 16 February 2021; accepted 26 March 2021.

Abstract. The article presents the results of research work on the development of filling mixtures, porous aggregates; heat-insulating and structural-heat-insulating concretes using industrial waste. The optimal compositions, manufacturing technology and basic physical and mechanical characteristics of the developed building materials and concretes have been determined. It should be noted that the building materials industry is a construction industry for which the issues of resource conservation and the use of industrial waste are especially relevant. Today the construction industry uses hundreds of millions of tons of various mineral raw materials, and the share of raw materials costs in the cost of production is 25...50 %. Under these conditions, the attraction of millions of tons of industrial waste as a raw material can and does bring a significant national economic effect. Currently, large-scale industrial waste, which is of interest as a raw material for the production of building materials and concrete, is generated at the enterprises of dozens of organizations, companies and departments. At the same time, enterprises producing construction materials and products use no more than 10...12 % of all generated waste. In this regard, one of the most important problems at the moment is the maximum and comprehensive use of waste from various industries as raw materials for the production of efficient and cheaper building materials.

Keywords: lightweight concrete, optimal composition, porous aggregate, workability, cohesion, average density, strength, superplasticizer.

Реализация комплексной целевой программы по использованию отходов промышленности и охраны окружающей среды соответствует решению экономических проблем, выдвинутых правительством Республики Узбекистан на ближайшие годы. Известно, что капитальные вложения на добычу сырья из земли в 2,5 раза превышают капитальные вложения на их переработку. Вот почему такой актуальной является народнохозяйственная задача по комплексной переработке отходов промышленности как сырья для производства строительных материалов.

Подбор номинального состава легкого бетона на пористом заполнителе выполнен по спосо-

бу опытных затворений, апробированных в работах [1, 2, 3] и включает следующее: выбор предельной крупности заполнителя; назначение зернового состава смеси заполнителей; выбор предельного расхода вяжущего для приготовления пробных замесов; определение расхода воды при принятых расходах цемента и жесткости бетонной смеси; определение номинального состава легкого бетона. Как известно, крупность заполнителя влияет на удобоукладываемость, связность, среднюю плотность и прочность легкого бетона. Исходя из этого, предельную крупность пористого заполнителя рекомендуется принимать не более 20 мм [4].

Зерновой состав мелкого и крупного заполнителей в значительной мере влияет на пустотность, расход цемента, среднюю плотность и прочность легкого бетона. Для подбора номинальных составов легкого бетона приняты следующие варианты соотношений отдельных фракций заполнителя (таблица 1) [5, 6].

В исследованиях применяли портландцемент М400, мелкий заполнитель – речной песок с модулем крупности $M_k = 2,2$. В качестве крупного заполнителя использовали гравиеподобный пористый заполнитель из кварцевых порфиров с наибольшей крупностью зерен 20 мм.

При подборе состава бетона изготавливали образцы с различным расходом цемента. Когда требовалось подобрать состав бетона с прочностью 15 МПа и выше, использовали смеси со следующими четырьмя разными расходами вяжущего на 1 л фракционированного заполнителя: 225, 300, 375 и 450 г. Указанные расходы цемента на замес позволяют охватить одновременно широкий диапазон прочности и средней плотности бетона.

Оптимальный расход воды для бетонов с заданными значениями зернового состава заполнителей и расхода вяжущего находили путем изготовления четырех серий бетонных образцов

с разным расходом воды. Начальный расход воды устанавливали по состоянию бетонной смеси: расход воды был таким, при котором бетонная смесь комковалась, но не прилипала к поверхностям. Кроме того, смесь имела характерный блеск, отсутствие блеска (матовая смесь) указывало на недостаточное количество воды. Признаком явно избыточного количества воды в смеси явилось отделение от нее цементного молока в период перемешивания или укладки.

В последующем готовили дополнительные замесы бетонной смеси, в которых содержание воды на 10 и 20 % меньше, чем в первом замесе, и один с расходом воды на 10 % большим, чем в первом замесе. Из всех пяти замесов готовили бетонные образцы и после пропаривания определяли среднюю плотность и кубиковую прочность бетона. Построив графики зависимости предела прочности при сжатии бетона от расхода воды для каждого расхода цемента находили оптимальный расход воды по наибольшей прочности бетона.

Для выявления оптимального зернового состава заполнителя, обеспечивающего получение заданных свойств бетона при наименьшем расходе цемента, оценивали все пять составов, приведенных в таблице 2. Для образцов-кубов

Таблица 1. Варианты зерновых составов заполнителей

| Зерновые составы | Содержание отдельных фракций, в % по объёму (при крупности, мм) | | | |
|------------------|---|-------|---------------------|-------|
| | мелкий заполнитель | | крупный заполнитель | |
| | менее 1,2 | 1,2–5 | 5–10 | 10–20 |
| I | – | – | 50 | 50 |
| II | 10 | 5 | 45 | 40 |
| III | 20 | 10 | 35 | 35 |
| IV | 30 | 15 | 30 | 25 |
| V | 40 | 20 | 20 | 20 |

Таблица 2. Расход заполнителей на один замес

| Зерновые составы | Расход отдельных фракций заполнителя на 1 замес, л (при крупности, мм) | | | |
|------------------|--|-------|------|-------|
| | до 1,2 | 1,2–5 | 5–10 | 10–20 |
| I | – | – | 4,8 | 7,2 |
| II | 1,2 | 0,6 | 4,08 | 6,12 |
| III | 2,4 | 1,2 | 3,36 | 5,04 |
| IV | 3,6 | 1,8 | 2,64 | 3,96 |
| V | 4,8 | 2,4 | 1,92 | 2,88 |

размером 100×100×100 мм находили расход отдельных фракций заполнителя на один замес по таблице 2. Соотношение между отдельными фракциями крупного заполнителя, исходя из минимальной межзерновой пустотности смеси, принимали по объему: для фракций 5–10 мм – 40 %, для фракций 10–20 мм – 60 %.

При выборе зернового состава пористого заполнителя для получения бетона заданной прочности и плотности при наименьшем расходе вяжущего, как следует из вышеприведенных исследований, большое значение имеет расход воды. В то же время для местных климатических условий Узбекистана при производстве легких бетонов сухой жаркий климат будет оказывать существенное влияние на водопотребность бетонных смесей [7, 8]. Бетонная смесь в жаркую погоду со временем быстро теряет свою отпускную подвижность из-за ускорения гидратации и схватывания вяжущего, связанного с повышенной температурой, а также в результате интенсивного испарения воды затворения и поглощением влаги пористым заполнителем. Это приводит к тому, что не обеспечивается требуемая при укладке подвижность бетонной смеси, нарушаются принятые условия укладки, а также каче-

ство поверхности конструкции. Результатом является снижение прочности и долговечности данного бетона, а также увеличение усадки.

Характерной особенностью пористых заполнителей в отличие от заполнителей из высокопрочных горных пород является близость влажностных деформаций заполнителя и цементного камня. Поэтому структурные напряжения, возникающие за счет различия температурно-влажностных объемных изменений, в легких бетонах на пористых заполнителях ниже равнопрочных тяжелых бетонов [9, 10].

Опытным путем устанавливали расход воды для двух зерновых составов заполнителей (I и II) с двумя разными расходами цемента каждый. Для состава I расходы цемента принимали из расчета 225 и 450 г на 1 л заполнителя, для состава II – из расчета 225 и 375 г на 1 л заполнителя. Путем построения кривых зависимостей прочности бетона от расхода воды для этих зерновых составов заполнителей и расходов цемента определяли расходы воды, приведенные в таблице 3.

Как известно, порядок загрузки и перемешивания легкогобетонной смеси оказывает большое влияние на многие ее показатели и затвердевшего

Таблица 3. Значения расхода воды

| Зерновые составы | Расход цемента, г | | Расход воды | |
|------------------|-------------------|---------------|--------------------------------|------------------------------|
| | на 1л заполнителя | на один замес | на один замес, см ³ | на 1м ³ бетона, л |
| I | 225 | 2 700 | 2 460 | 205 |
| | 300 | 3 600 | 2 549 | 212 |
| | 375 | 4 500 | 2 639 | 219 |
| | 450 | 5 400 | 2 728 | 227 |
| II | 225 | 2 700 | 2 547 | 212 |
| | 300 | 3 600 | 2 658 | 222 |
| | 375 | 4 500 | 2 769 | 231 |
| | 450 | 5 400 | 2 881 | 240 |
| III | 225 | 2 700 | 2 635 | 219 |
| | 300 | 3 600 | 2 767 | 230 |
| | 375 | 4 500 | 2 900 | 242 |
| | 450 | 5 400 | 3 033 | 252 |
| IV | 225 | 2 700 | 2 723 | 227 |
| | 300 | 3 600 | 2 877 | 241 |
| | 375 | 4 500 | 3 031 | 252 |
| | 450 | 5 400 | 3 185 | 265 |
| V | 225 | 2 700 | 2 810 | 234 |
| | 300 | 3 600 | 2 986 | 248 |
| | 375 | 4 500 | 3 162 | 263 |
| | 450 | 5 400 | 3 337 | 276 |

бетона. В зависимости от порядка и способа загрузки компонентов легкого бетона в той или иной степени проявляется «эффект самовакуумирования», а также внутренний массообмен в миграции влаги между заполнителем и цементным камнем, что определяет упрочнение контактной зоны. Порядок загрузки компонентов оказывает влияние и на связность легкобетонной смеси. Учитывая изложенное и результаты исследований, нами принята следующая последовательность загрузки компонентов и перемешивания смеси: дозировка составляющих; цемент + вода → перемешивание (2 мин) + заполнитель мелкой и крупной фракций → перемешивание (5 мин).

Расход воды для двух остальных расходов цемента, при данном зерновом составе заполнителя, находили расчетным путем по формуле:

$$B_x = B_1 - \frac{(B_2 - B_1)(C_x - C_1)}{C_2 - C_1}$$

где B_x – искомый расход воды на 1 м^3 бетона (или замес) при расходе цемента C_x в л (или см^3);
 B_1 – расход воды на 1 м^3 бетона (или замес) при меньшем расходе цемента C_1 в л (или см^3);
 B_2 – расход воды на 1 м^3 бетона (или на замес) при большем расходе цемента C_2 в л (или см^3).

По формуле устанавливали расход воды для всех значений расхода цемента 25, 300, 375 и 450 г на 1 л заполнителей) (таблица 4).

При подборе номинального состава бетона достоверность результатов эксперимента принимается в зависимости от его вида и задач. В опытах по исследованию зависимостей прочностных характеристик бетона от параметров его состава достоверность оценок технологических проб принимали равной $P = 0,95$ (по критерию Кохрена). Погрешность испытания при исследовании влияния тех или иных параметров на проч-

ность не превышала 7%. Проверку адекватности уравнения регрессии осуществляли с помощью критерия F – Фишера, а надежность его коэффициентов по критерию Стьюдента – T для $P = 0,95$.

Для анализа основных зависимостей показателей качества бетонов от параметров состава и выбора функций для расчета номинальных составов на основании полученных экспериментальных данных построены математические модели прочности, водопотребности и плотности легких бетонов на пористом заполнителе из кварцевого порфира.

Для обработки экспериментальных данных была использована программа «Matcad 13», которая позволяет выполнить обработку результатов наблюдений по методу наименьших квадратов. Оценкой для получаемых результатов была принята мера отклонения от регрессии E, которая выдавалась согласно алгоритму расчета на программе «Matcad13». Анализ полученных уравнений позволяет отметить, что основным фактором прочности бетона на исследованном пористом заполнителе следует считать количество вяжущего. Рост прочности для каждого зернового состава происходит пропорционально увеличению расхода цемента.

Изменение гранулометрического состава заполнителя в бетоне с постоянным расходом вяжущего определенной активности (переход от одной группы зернового состава к другой) приводит к изменению прочности на 15...16%. Гранулометрический состав пористого заполнителя в основном определяет плотность бетона. Переход от одного зернового состава к другому изменяет среднюю плотность на 7...10%. В каждой группе бетонов влияние расхода цемента на среднюю плотность бетона для каждой группы зернового состава одинаково ($d = \text{const}$) [11].

Таблица 4. Результаты определения расходов воды по результатам испытания бетонных образцов по прочности

| Зерновые составы | Расход цемента, кг | Расход воды, л | Прочность бетона, МПа |
|------------------|--------------------|----------------|-----------------------|
| I | 225 | 204 | 7,5 |
| III | 225 | 219 | 11,5 |
| I | 450 | 227 | 20 |
| III | 375 | 242 | 22,5 |

Примечание: бетонные образцы с зерновыми составами I и III – твердели в нормальных условиях хранения в течение 28 сут.

Анализ зерновых составов, применяемых в исследовании, показывает, что оптимизация granulometрии заполнителя должна происходить за счет изменения соотношения объемов мелких (менее 5 мм) и крупных фракций более 5 мм. Определение номинальных составов бетонов требуемой прочности с предельным значением средней плотности бетонов на искусственном пористом заполнителе предлагается выполнять с помощью формул прочности, водопотребности и системы уравнений многомерной линейной регрессии. Последние должны включать параметры зернового состава, расход вяжущего и воды в бетоне определенной прочности и средней плотности. Анализ результатов испытания бетонных образцов проводили методом математического планирования по программе «Matcad 13». Для этого строили графики зависимости прочности бетона (рисунки 1 и 2) от его средней плотности.

Было проведено два вида статистического анализа: линейная регрессия; полиномиальная регрессия. Были выведены зависимости между плотностью и прочностью бетона и между расходом цемента и плотностью бетона. Предложенная методика определения номинальных составов используется для подбора состава бетона на новом пористом заполнителе при производстве бетонных и железобетонных изделий и конструкций [11, 12].

Приведенные кривые (рисунки 1 и 2) показывают, что в зависимости от исследованных

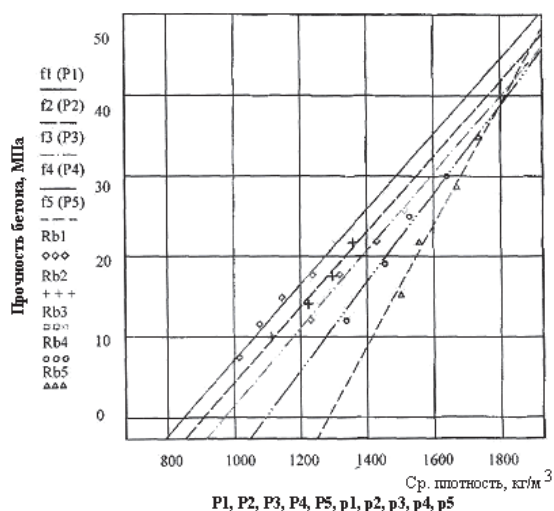


Рисунок 1. Зависимость плотность-прочность бетона – линейная регрессия.

соотношений заполнителя могут быть получены номинальные составы бетонов с прочностью 7,5; 15; 20; 25; 30 МПа и с плотностью при следующих расходах цемента на 1 м³ бетона: крупнопористый бетон прочностью 7,5 МПа (B5) плотностью 1 006 кг/м³ с расходом цемента 225 кг/м³; бетон прочностью 15 МПа, (B10) плотностью 1 380 кг/м³ при расходе цемента 225 кг/м³; бетон прочностью 20 МПа, (B15) плотностью 1 463 кг/м³ при расходе цемента 300 кг/м³; бетон прочностью 25 МПа, (B20), плотностью 1 547 кг/м³ при расходе цемента 375 кг/м³, бетон прочностью 30 МПа, (B25), плотностью 1 632 кг/м³ при расходе цемента 450 кг/м³.

Из полученных данных видно, что если бетон прочностью 7,5 МПа можно получать даже крупнопористым (беспесчаный), то для бетонов повышенной прочности наблюдается тенденция к увеличению доли песка. Понятно, что данный рост доли песка влияет в первую очередь на плотность бетона. Так, например, если плотность бетона прочностью 7,5 МПа находится в пределах 1 006 кг/м³, то для бетона прочностью 30 МПа – $\rho_{cp} = 1 632$ кг/м³.

То же самое можно сказать и о росте расхода цемента на 1 м³ бетона. Бетоны прочностью 15 и 20 МПа можно получить при расходе 225 кг/м³. А бетоны прочностью от 25 до 35 МПа требуют соответственного увеличения расхода вяжущего. Причем при увеличении доли крупного заполнителя расход вяжущего возрастает. Например, для

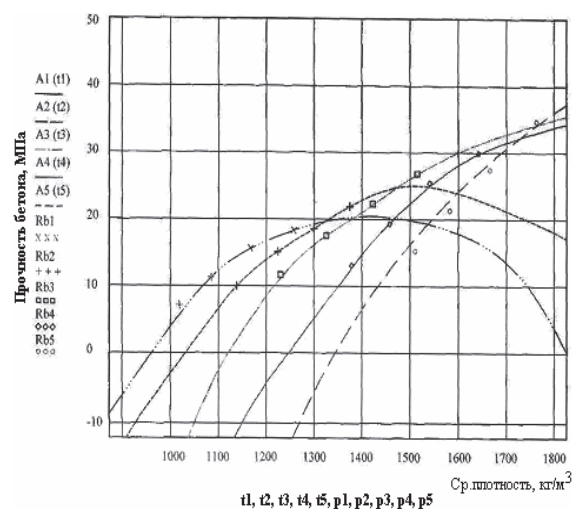


Рисунок 2. Зависимость плотность-прочность бетона – полиномиальная регрессия.

состава V при переходе от прочности 25 МПа к прочности 30 МПа требуется увеличение расхода цемента на 30 кг/м³. Для состава IV этот показатель соответственно равен 42 кг/м³.

Анализ номинальных составов легкого бетона на пористом заполнителе из кварцевого пор-

фира показывает, что они характеризуются повышенным расходом цемента. Поэтому с целью получения более эффективных составов нами изучено влияние добавки СП «Реламикс» на свойства легкого бетона с пористым заполнителем из кварцевого порфира.

Литература

1. Шакиров, Т. Т. Технология получения пористого заполнителя из кварцевого порфира и отхода угледобычи для легкого бетона : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шакиров Туйгун Тургунович ; Ташкентский архитектурно-строительный институт. – Ташкент, 2010. – 21 с. – Текст : непосредственный.
2. Газиев, У. А. Отходы промышленности в производстве строительных материалов и изделий / У. А. Газиев. – Ташкент : ТАСИ, 2015. – 308 с. – Текст : непосредственный.
3. Газиев, У. А. Отходы промышленности Республики Узбекистан в производстве эффективных строительных материалов / У. А. Газиев, Ш. Т. Рахимов, Ф. Т. Курбонов. – Текст : непосредственный // Проблемы и перспективы развития инновационного сотрудничества в научных исследованиях и системе подготовки кадров : материалы международной научно-практической конференции, [2017 г., Бухара]. – Бухара : БухМТИ, 2017. – С. 117–118.
4. Довжик, В. Г. Исследование особенностей работы пористых заполнителей в высокопрочном легком бетоне и вывод формулы прочности / В. Г. Довжик, В. А. Dorf. – Текст : непосредственный // Легкие и силикатные бетоны. – Минск : Высшая школа, 1989. – С. 17–25.
5. Ицкович, С. И. Технология заполнителей бетонов / С. И. Ицкович, Л. Д. Чумакова, Ю. М. Баженов. – Москва : Высшая школа, 1991. – 272 с. – ISBN 5-06-001820-2. – Текст : непосредственный.
6. Саттаров, З. М. Разработка состава и технологии получения пористого заполнителя из лессовых пород и отходов картонно-бумажного производства для легкого бетона : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Саттаров Зафар Мурадович ; Ташкентский архитектурно-строительный институт. – Ташкент, 1998. – 18 с. – Текст : непосредственный.
7. Цанберген, С. А. Использование добавки «Мельмент» при изготовлении бетонных и железобетонных труб (Нидерланды) / С. А. Цанберген. – Текст : непосредственный // Строительство. – 1989. – № 12. – С. 10–12.

Reference

1. Shakirov, T. T. Technology for producing porous aggregate from porphyry silica and coal waste for lightweight concrete : abstract of thesis of Ph. D. in Engineering ; TACEI. – Tashkent, 2010. – 21 p. – Text : direct. (in Russian)
2. Gaziyeu, U. A. Industrial waste in the production of building materials and products. – Tashkent : TIACE, 2015. – 308 p. – Text : direct. (in Russian)
3. Gaziyeu, U. A.; Rakhimov, Sh. T.; Kurbonov, F. T. Industrial waste of the Republic of Uzbekistan in the production of effective building materials. – Text : direct. – In: *Problems and prospects for the development of innovative cooperation in scientific research and the system of personnel training : materials of the international scientific and practical conference.* – Bukhara : BukhMTI, 2017. – P. 117–118. (in Russian)
4. Dovzhik, V. G.; Dorf, V. A. Investigation of the peculiarities of the operation of porous aggregates in high-strength lightweight concrete and the derivation of the strength formula. – Text : direct. – In: *Lightweight and silicate concrete.* – Minsk : Higher School, 1989. – P. 17–25. (in Russian)
5. Itskovich, S. I.; Chumakova, L. D.; Bazhenov, Yu. M. Aggregate technology. – Moscow : High School, 1991. – 272 p. – ISBN 5-06-001820-2. – Text : direct. (in Russian)
6. Sattarov, Z. M. Development of the composition and technology of obtaining a porous aggregate from loess rocks and waste of cardboard and paper production for lightweight concrete : abstract of thesis of Ph. D. in Engineering ; TACEI. – Tashkent, 1998. – 18 p. – Text : direct. (in Russian)
7. Tsanbergen, S. A. The use of the additive «Melment» in the manufacture of concrete and reinforced concrete pipes (Netherlands). – Text : direct. – In: *Building.* – 1989. – № 12. – P. 10–12. (in Russian)
8. Tsoy, V. M. Concrete with basalt aggregate and superplasticizer : abstract of thesis of Ph. D. in Engineering ; TACEI. – Tashkent, 2009. – 16 p. – Text : direct. (in Russian)
9. Shakirov, T. T. Studies of the phase composition and structure formation of porous aggregate. – Text : electronic. – In: *International Journal for Innovative Research in Multidisciplinary Field.* – 2019. – Volume 5, Issue 8. – ISSN 2455-0620. – P. 151–155. – URL:

8. Цой, В. М. Бетон с базальтовым наполнителем и суперпластификатором : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Цой Владимир Михайлович ; Ташкентский архитектурно-строительный институт. – Ташкент, 2009. – 16 с. – Текст : непосредственный.
9. Shakirov, T. T. Studies of the phase composition and structure formation of porous aggregate / T. T. Shakirov. – Текст : электронный // International Journal for Innovative Research in Multidisciplinary Field. – 2019. – Volume 5, Issue 8. – ISSN 2455-0620. – P. 151–155. – URL: <https://www.ijirmf.com/wpcontent/uploads/IJIRMF201908026.pdf> (дата обращения: 20.05.2020).
10. Effect of Relamix additive on cement properties / U. A. Gaziev, X. A. Akramov, T. T. Shakirov, Sh. T. Rakhimov. – Текст : электронный // International Journal for Innovative Research in Multidisciplinary Field. – 2019. – Volume 5, Issue 8. – ISSN 2455-0620. – P. 163–165. – URL: <https://www.ijirmf.com/wpcontent/uploads/IJIRMF201908029.pdf> (дата обращения: 25.05.2020).
11. Шакиров, Т. Т. Пористый заполнитель для легких бетонов на основе местного сырья / Т. Т. Шакиров. – Текст : электронный // Научные чтения памяти доцента кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Александра Дмитриевича Лазько : материалы международной конференции, 27 декабря 2018 г. – Макеевка : ГОУ ВПО ДонНАСА, 2019. – С. 32. – URL: http://donnasa.ru/publish_house/journals/studconf/2018/Nauchnie%20chtenia_2018.pdf (дата опубликования: 05.01.2019).
12. Шакиров, Т. Т. Пористый заполнитель для легких бетонов на основе кварцевого порфира и отхода угледобычи / Т. Т. Шакиров. – Текст : электронный // Химия и химическая технология: достижения и перспективы : материалы IV Всероссийской конференции, 27–28 ноября 2018 г. – Кемерово : ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева». – С. 528.1–528.4. – URL: <http://science.kuzstu.ru/wpcontent/Events/Conference/НИИТ/2018/НИИТ/pages/Articles/528.pdf> (дата обращения: 05.06.2020).
- <https://www.ijirmf.com/wpcontent/uploads/IJIRMF201908026.pdf> (accessed: 20.05.2020). (in English)
10. Gaziev, U. A.; Akramov, X. A.; Shakirov, T. T.; Rakhimov, Sh. T. Effect of Relamix additive on cement properties. – Text : electronic. – In: *International Journal for Innovative Research in Multidisciplinary Field*. – 2019. – Volume 5, Issue 8. – ISSN 2455-0620. – P. 163–165. – URL: <https://www.ijirmf.com/wpcontent/uploads/IJIRMF201908029.pdf> (accessed: 25.05.2020). (in English)
11. Shakirov, T. T. Porous aggregate for lightweight concrete based on local raw materials. – Text : electronic. – In: *Scientific readings in memory of the associate professor of the department of technologies of building structures, products and materials Alexander Dmitrievich Lazko : materials of the international conference*. – Makeevka : DNACEA, 2019. – P. 32. – URL: http://donnasa.ru/publish_house/journals/studconf/2018/Nauchnie%20chtenia_2018.pdf (date of the application: 05.01.2019). (in Russian)
12. Shakirov, T. T. Porous aggregate for lightweight concrete based on porphyry silica and coal waste. – Text : electronic. – In: *Chemistry and chemical technology: achievements and prospects : materials of the IV All-Russian conference*. – Kemerovo : T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. – P. 528.1–528.4. – URL: <http://science.kuzstu.ru/wpcontent/Events/Conference/НИИТ/2018/НИИТ/pages/Articles/528.pdf> (date of the application: 05.06.2020). (in Russian)

Газиев Учкун Абдуллаевич – кандидат технических наук, профессор кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций Ташкентского архитектурно-строительного института. Научные интересы: инновационные строительные материалы на основе отходов промышленности.

Шакиров Туйгун Тургунович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций Ташкентского архитектурно-строительного института. Научные интересы: пористые заполнители на основе местного сырья.

Рахимов Шавкат Турдимуратович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций Ташкентского архитектурно-строительного института. Научные интересы: закладочные смеси на основе отходов промышленности.

Газієв Учкун Абдуллайович – кандидат технічних наук, професор кафедри технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій Ташкентського архітектурно-будівельного інституту. Наукові інтереси: інноваційні будівельні матеріали на основі відходів промисловості.

Шакіров Туйгун Тургунович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій Ташкентського архітектурно-будівельного інституту. Наукові інтереси: пористі заповнювачі на основі місцевої сировини.

Рахімов Шавкат Турдімуратович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій Ташкентського архітектурно-будівельного інституту. Наукові інтереси: закладні суміші на основі відходів промисловості.

Gaziev Uchkun – Ph. D.(Eng.), Professor of the Department of Technology of Building Materials, Products and Structures of Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering. Scientific interests: innovative building materials based on industrial waste.

Shakirov Tuygun – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology of Building Materials, Products and Structures Department, Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering. Scientific interests: porous aggregates based on local raw materials.

Rakhimov Shavkat – Ph. D. (Eng.), Associate Professor of the Department of Technology of Building Materials, Products and Structures of Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering. Scientific interests: stowing mixtures based on industrial waste.