

ТРУКЦІЇ ПРИ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ БУДИНКІВ. У статті висвітлено сучасні тенденції реновації промислових будівель під цивільні об'єкти, які розташовані в міській забудові. Доводиться враховувати специфічність будівельно-монтажних робіт з відновлення конструкцій, при ревіталізації. Виробництво будівельно-монтажних робіт при цьому має ряд виняткових властивостей, що виникають внаслідок того, що роботи поєднані в часі і просторі.

Ключові слова: особливості, конструктивні рішення, ревіталізація, підземні комунікації, специфічність робіт, обмежені умови.

Shumakov I., Karzhynerova O. FEATURES OF THE PRODUCTION OF CONSTRUCTION

AND ASSEMBLY WORKS IN TERMS OF RECONSTRUCTION DURING REVITALIZATION INDUSTRIAL BUILDINGS. The article highlights current tendencies of renovation of industrial buildings for civilian objects, which are located in urban building. It is necessary to take into account the specificity of construction and installation work on the restoration of structures, during revitalization. The production of construction and installation works thus has a number of exceptional properties that arise as a result of the fact that work is combined in time and space.

Keywords: features, design solutions, reconstruction, underground communications, specificity of works, limited conditions.

УДК 691.12: 691.3

Шинкевич Е.С., Линник Д.С., Закаблук С.С., Юсипчук В.И.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры
(ул. Дидрихсона, 4, Одесса, 65000, Украина; e-mail: fgg109m@gmail.com)*

ПОДБОР СОСТАВА АРБОЛИТОБЕТОНА ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ

Цель исследования является подбор оптимальных составов арболитобетонов на композиционном гипсовом вяжущем. Подбор состава строительной смеси на основе композиционного гипсового вяжущего (КГВ) для производства арболитобетона и регулирование его физико-механических свойств выполнялся путем введения пуццолановых добавок. Подбор оптимальных составов арболитобетона, получение и установление наиболее эффективных и экономически выгодных рецептур. Исследовано влияние на прочность при сжатии, прочность при изгибе, водостойкость, плотность КГВ высокоактивного метаксаолина (ВМК) и микрокремнезема и проведен сравнительный анализ влияния этих добавок на свойства КГВ. Выполнен эксперимент по подбору и оптимизации состава органического заполнителя для арболитобетона методами математического моделирования по показателям прочности и средней плотности, с учетом состава композиционного гипсового вяжущего, фракционного состава костры и соотношения компонентов в системе «вяжущее-костра». Оптимальные составы обеспечивают класс прочности В0,35 плотностью 300-312 кг/м³, что ниже рекомендованных ДСТУ [11] значений плотности для арболитобетона удовлетворяющему классу по прочности В0,35. Таким образом, применение композиционного гипсового вяжущего позволит снизить плотность аролитобетона, без ухудшения других эксплуатационных свойств.

Ключевые слова: экостроительство, экоматериал, энергосбережение, арболитобетон, органический заполнитель, костра, фракционный состав, математические модели, оптимизация.

Введение. Экостроительство положительно влияет и создает комфорт для человека и окружающей среды. Одним из основных критериев создания и выбора материалов для экостроительства с точки зрения «стабильного развития среды обитания» является прохождение экоматериалом полного жизненного цикла от создания до утилизации с минимальным ущербом для окружающей

среды и человека. Актуальной задачей строительной отрасли является разработка ресурсосберегающих технологий, которые обеспечивают экономии топливно-сырьевых материалов и улучшают технико-экономические показатели работы предприятия. Не менее актуальной задачей является получение экологически безопасных, низко энергоёмких и

комфортных строительных материалов. Одним из таких видов экоматериалов является арболитобетон – легкий бетон на основе различных видов органических целлюлозосодержащих заполнителей.

Целлюлозосодержащие заполнители растительного происхождения, включающие стебли лубяных культур (костра льна, конопля и др.), наряду с присущими им ценными свойствами, такими как малая средняя плотность, не дефицитность, хорошая смачиваемость, легкость обработки и др., имеет и отрицательные качества, которые затрудняют получение материала высокой прочности. К отрицательным свойствам целлюлозных заполнителей относятся: повышенная химическая активность, значительная степень объемных влажностных деформаций, низкая адгезия по отношению к вяжущему, резко выраженная анизотропия в разных структурных направлениях, значительная упругость при уплотнении смеси. Степень влияния этих свойств заполнителей растительного происхождения на процессы структурообразования и физико-механические свойства арболитобетона различна. Поэтому для получения высококачественных изделий на разных видах вяжущего должна учитываться и технология их производства [1-5].

Целлюлозосодержащие заполнители растительного происхождения оказывают существенное влияние на процессы структурообразования, физико-механические и эксплуатационно-строительные свойства арболитобетона.

В поисковых исследованиях по подбору состава вяжущего для арболитобетона был предусмотрен широкий выбор вариантов вяжущих: цемент, гипс, известь, магниевое вяжущее, жидкое натриевое стекло [9-10]. Выбор вариантов исходил из соображений, связанных с определенными ограничениями и начальными условиями, продиктованными требованиями технологичности получения композита, затрат на исходные материалы, прогнозируемыми производствен-

ными затратами, длительностью технологического цикла получения строительных изделий из композита и т.п.

На основании проведенных поисковых исследований для различных видов вяжущего можно говорить о достоинствах и недостатках каждого вида. Цемент широко используется как основа для производства арболитобетона. Составы на цементном вяжущем показывают высокую прочность и стойкость к влагопеременным воздействиям, но имеют повышенную плотность и требуют обработки целлюлозного заполнителя минерализаторами. Известь широко используется при производстве арболита за рубежом. Изделия на извести имеют низкую плотность, достаточную прочность. Недостаток известкового вяжущего – медленный набор марочной прочности изделий. Известны разработки, в которых, в качестве вяжущего для арболита применялось жидкое стекло. Достоинством этого связующего является то, что оно хорошо связывается с кострой и в сочетании с добавками обеспечивает материалу с таким заполнителем необходимую биостойкость, огнестойкость и достаточную механическую прочность. На его твердение не оказывают влияния сахара и реактивные вещества, находящиеся в древесине. Однако данное связующее обладает высокой стоимостью.

Анализ литературных источников [1-7] показал, что наиболее перспективным и малоисследованным материалом для изделий из арболитобетона является гипс. Композиты на основе гипса имеют хорошее сцепление костры с вяжущим; прочностные показатели удовлетворительны; распалубочная прочность достигается через 3-5 ч. (в зависимости от марки гипса, сроков схватывания, водогипсового отношения); проблемы с сахарами для этого вида связующего не так актуальны. После твердения композит на гипсе характеризуется относительно невысокой влажностью. Добавками, которые предположительно могут улучшать свойства гипсового вяжущего, является микрокремнезем и высо-

коактивный метакаолин, которые при определенном соотношении с гипсом, могут выполнять роль пуццолановых добавок для композиционного гипсового вяжущего. Подбор состава строительной смеси на основе композиционного гипсового вяжущего (КГВ) для производства арболитобетона и регулирование физико-механических свойств выполнялся путем введения этих добавок. Основным вяжущим компонентом смеси для КГВ является композиция гипса и цемента.

Цель исследования: подбор оптимальных составов арболитобетонов на композиционном гипсовом вяжущем.

Задача исследования: расчет и анализ общих закономерностей изменения свойств под влиянием фракционного состава органического заполнителя на основе лубяных культур, подбор оптимальных составов арболитобетона, получение и установление наиболее эффективных и экономически выгодных рецептур.

Материалы и методы исследований. В качестве компонентов вяжущего применялись: строительных гипс Г5 производства ПАО «Гипсовик», цемент пуццолановый бездобавочный производства ОАО «Евро цемент Украина» ПЦ-I-500Д0 согласно ДСТУ Б В.2.7-46:2010.

В качестве активных пуццолановых добавок, для получения композиционного гипсового вяжущего, применялись: высокоактивный метакаолин ТУ У 14.2-36363275-001:2009 производства ООО «Мета-Д», микрокремнезем производства Elkem AS EN 13263 – 1.

В качестве добавки замедлителя схватывания применялся суперпластификатор Sika ViscoCrete 225 порошок VP SIA 162 (1989) и EN 934-2, производства т.м. Sika.

Испытания композиционных гипсовых вяжущих осуществлялись по ДСТУ Б В.2.7-187:2009, образцы испытывались на прочность в возрасте 7 сут с последующим высу-

шиванием до постоянной массы. Определение коэффициента размягчения осуществлялось по ТУ 21-0284757-90.

Исследуемые образцы арболитобетона на основе композиционного гипсового вяжущего изготавливались и испытывались в возрасте 28 сут твердения в нормальных условиях согласно ДСТУ Б В.2.7-271:2011 по показателю прочности при сжатии, определялась плотность образцов.

Результаты исследования. Исследовано влияние на прочность при сжатии, прочность при изгибе, водостойкость, плотность КГВ высокоактивного метакаолина (ВМК) и микрокремнезема и проведен сравнительный анализ влияния этих добавок на свойства КГВ [8, 9]. Результаты представлены на рис. 1.

Как видно из диаграмм использование высокоактивного метакаолина в составе КГВ по сравнению с микрокремнеземом дает значительный прирост ряда свойств:

- прочность при сжатии образцов при содержании высокоактивного метакаолина 10-12% от массы цемента составляет 5 МПа, что более прочности состава, содержащего микрокремнезем на 20% (рис 1.а);
- прочность при изгибе при содержании высокоактивного метакаолина 10-12% от массы цемента составляет 5 МПа, что более прочности состава, содержащего соответствующее количество микрокремнезема на 18% (рис. 1, б);
- плотность всех составов на высокоактивном метакаолине на 18% больше чем в составах с микрокремнеземом, а водостойкость образцов повышается на 8%-10% (рис. 1, в-г).

Эксперимент по подбору фракционного состава органического заполнителя поставлен по симплекс-решетчатому плану Шеффе для смесей [10]. Расчет экспериментально-статистических (ЭС) моделей и визуализация графической части выполнены в программе STATISTICA с ошибкой, не превышающей 2,7%. В эксперименте варьировалось три независимых фактора - фракции органического

заполнителя размером: 10-20мм (X), 5-10мм (Y), 2,5-5мм (Z). Фракции органического заполнителя более 20 мм и менее 2,5 мм не анализировались в силу их незначительного нормированного содержания в заполнителе.

Оценка фракционного состава органического заполнителя определялась по показателям частных остатков на ситах, в соответствии со стандартом [11].

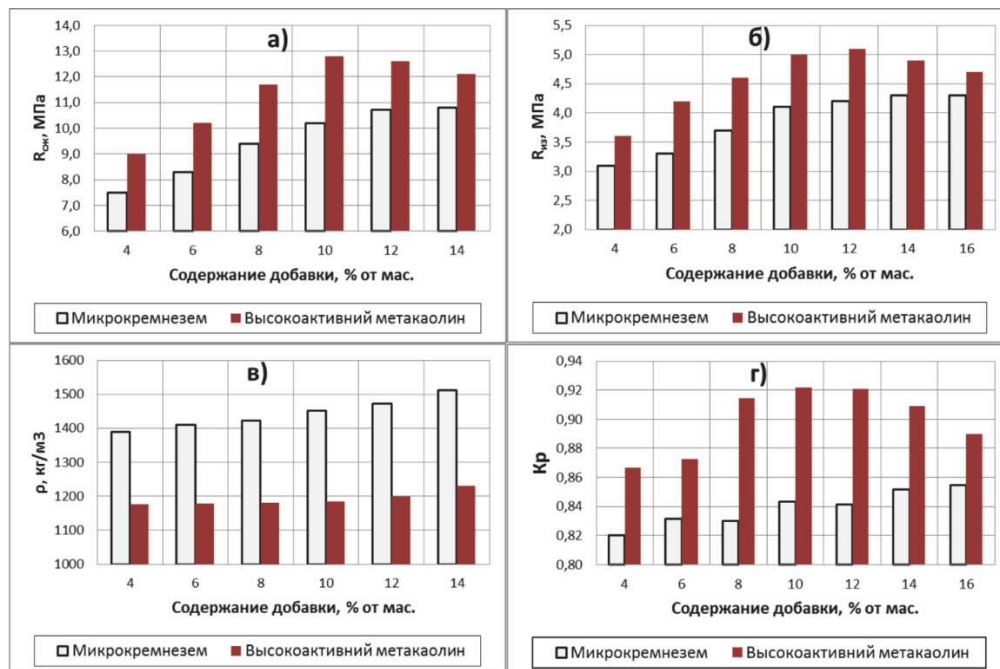


Рис. 1. Сравнительный анализ влияния пуццолановых добавок на свойства композиционного гипсового вяжущего

В результате реализации эксперимента получены трехфакторные смесевые ЭС модели, описывающие изменение прочности при сжатии и плотности под влиянием фракционного состава заполнителя. Зависимость прочности на сжатие от соотношения количества разных фракций органического заполнителя описывается ЭС моделью 1:

$$\ln\{R_{сж}\} = 2,69x + 3,12y + 3,15z + 0,002xy + 0,004xz - 0,002yz + 0,001xyz; \quad (1)$$

Зависимость плотности от соотношения количества разных фракций органического заполнителя описывается ЭС моделью 2:

$$\ln\{\rho\} = 0,05x + 0,05y + 0,04z - 0,0004xy - 0,0005xz - 0,0006yz + 0,0004xyz; \quad (2)$$

По ЭС моделям (1) и (2) проанализировано влияния фракционного состава органического заполнителя на свойства арболитобетона на композиционном гипсовом вяжущем. Оценка влияния каждого фактора (фракция

органического наполнителя) на соответствующее значение свойств (прочность при сжатии, плотность) выполнялась по графикам, представленным на рис. 2-3.

Пределы области расположения фракционного состава костры согласно стандарту [11] отображены на треугольной диаграмме в виде прямоугольного параллелепипеда (рис 2, 3).

Как видно из диаграммы на рис. 2, область оптимальных фракционных составов, которые обеспечивают заданные показатели по прочности (класс прочности В0,35 и выше) для КГВ значительно шире области в рекомендуемых ДСТУ [11] пределах.

Из диаграммы на рис. 3, видно, что рекомендуемые фракционные составы на основе КГВ, обеспечивают получение арболитобетона плотностью 300 кг/м³, что значительно ниже рекомендованных ДСТУ [11]

значений плотности для арболитобетона удовлетворяющему классу по прочности В0,35.

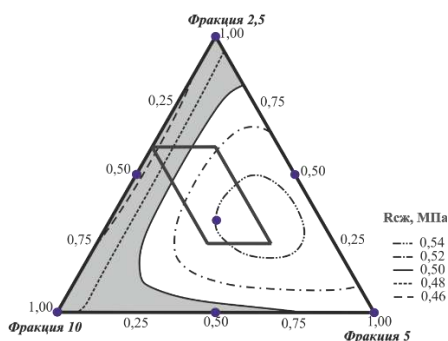
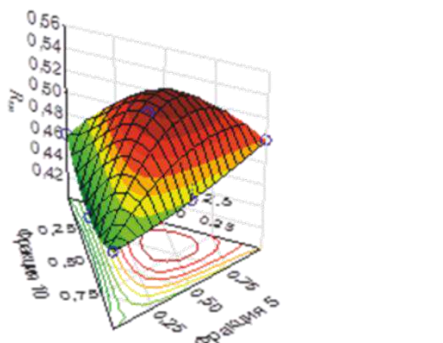


Рис. 2. Влияние фракционного состава органического заполнителя на предел прочности при сжатии арболитобетона на КГВ

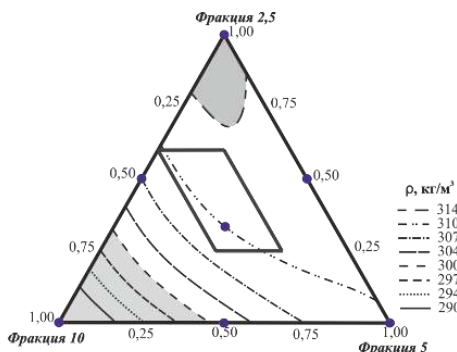
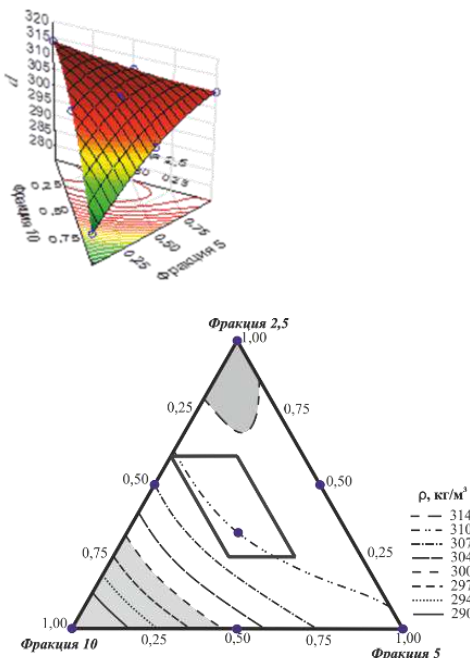


Рис. 3. Влияние фракционного состава органического заполнителя на плотность арболитобетона на КГВ

Результаты подбора фракционного состава органического заполнителя проиллюстрированы на треугольной диаграмме (рис. 4).

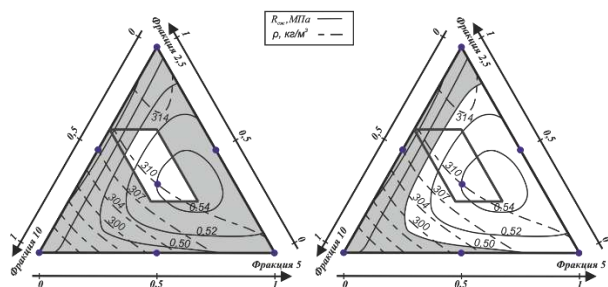


Рис. 4. Диаграмма оптимального фракционного состава органического заполнителя для арболитобетона на КГВ

На диаграмме выделена область составов заданной прочностью и пониженной плотности 300 кг/м^3 , с учетом состава композиционного гипсового вяжущего, фракционного состава костры и соотношения компонентов в системе «костра-КГВ». Оптимальные составы обеспечивают прочность $R_{сж} \geq 0,5 \text{ МПа}$ и выше, плотностью $\rho = 300 \text{ кг/м}^3$, что значительно ниже рекомендованных ДСТУ [11] значений плотности для арболитобетона удовлетворяющему классу по прочности В0,35. Область предполагаемых составов арболитобетона полностью соответствует требованиям ДСТУ, обеспечивая при этом получение арболитобетона с улучшенными свойствами.

Обсуждение результатов. Как показали результаты наших исследований, в частности фракционный состав органического заполнителя на костре лубяных культур может быть скорректирован по отношению к составам на древесной щепе. Область составов арболитобетона ограничена относительно небольшой зоной на графике (рис.4) в рекомендуемых по ДСТУ пределах [11] для фракций органического заполнителя, что существенно ограничивает количество вариантов по подбору состава при регулировании свойств изделия. Как видно из диаграмм, существенное влияние на свойства арболитобетона оказывает содержание фракции 5-10мм. Увеличе-

ние содержания этой фракции в составе органического заполнителя возможно с 40-60% по сравнению с нормами ДСТУ.

Исходя из изложенного, имеет место расширение области выбора составов за границы рекомендуемых стандартом фракционного состава органического заполнителя, если при этом получаемые изделия соответствуют требуемому классу по прочности.

Выводы. Выполнен подбор состава арболитобетона на композиционном гипсовом вяжущем по показателям прочности и средней плотности, с учетом состава композиционного гипсового вяжущего, фракционного состава костры и соотношения компонентов в системе «вяжущее-костра». Оптимальные составы обеспечивают класс прочности В0,35 плотностью 300-312 кг/м³, что ниже рекомендованных ДСТУ [11] значений плотности для арболитобетона удовлетворяющему классу по прочности В0,35. Таким образом, применение КГВ позволит снизить плотность арболитобетона, без ухудшения других эксплуатационных свойств. Дальнейшие исследования будут направлены на повышение биостойкости [12] и огнестойкости [13-14] арболитобетона.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Colin McD., Natural Building Materials in Mainstream Construction: Lessons from the U. K. Journal of Green Building: 2008, Vol. 3, No. 3, pp. 1-14.
2. Stevulova N., Kidalova L. Lightweight Composites Containing Hemp Hurds// Procidea engineering. – 2013. – Nr. 65. - pp. 69-74.
3. Kidalova L, Stevulova N, Terpakova E, Helcman M. Effective utilization of alternative materials in lightweight composites. // Chem. Eng. Transac, 2011. - No. 25. - p.1079-1084.
4. A. Ashori, A. Nourbakhsh, Bio-based composites from waste agricultural residues// Waste Management 30, 2010. - 680 p.
5. Bledzki AK., Gassan J. Composites reinforced with cellulose base fibres.// Progr. Polym. Sci. 1999; No. 24; pp. 221-274.
6. Казимагомедов И. Э. Стеновые изделия из арболита на основе костры льна / И. Э. Казимагомедов, А. В. Лобанова // Коммунальное

- господарство міст. Сер.: Технічні науки та архітектура, - 2015, - Вип. 124 - С. 18-20.
7. Казимагомедов И. Э. Моделирование компонентов составов арболита на основе костры льна / И. Э. Казимагомедов и др. // Системы обработки інформації. - 2016. - Вип. 3. - С. 209-212.
8. Линник Д. С. Влияние высокоактивной пуццолановой добавки на свойства композиционного гипсового вяжущего и арболитобетона на его основе / Д. С. Линник, В. И. Юсипчук, Е. С. Шинкевич // Вісник ОДАБА. - 2015. - Вип. 57. - С. 273-278.
9. Шинкевич О.С. Оптимізація складів сухих будівельних сумішей на основі експериментально-статистичних моделей / О.С. Шинкевич, А.Б. Тимняк, Д.С. Лінник, А.А. Тертичний // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. - К. - 2013. – Вип. 48. - С. 179-183.
10. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов // В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Я.П. Иванов, и др. – К.: Будівельник, 1989. – 240с.
11. ДСТУ Б В.2.7-271:2011. Арболіт та вироби з нього. Загальні технічні умови; введено вперше (зі скасуванням в Україні ГОСТ 19222-84). – Видання офіційне. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2012. -32с.
12. Линник Д.С. Повышение биостойкости костробетона добавкой пирогенного микрокремнезема, модифицированного соединениями серебра, меди и цинка. / Линник Д.С., Юсипчук В.И., Шинкевич Е.С. // Вестник ОГАСА. – Одесса. 2015. – Вип. 60.– С. 370-376.
13. Жартовський В.М. Профілактика горіння целюлозовмісних матеріалів. Теорія та практика / В.М. Жартовський, Ю.В. Цапко. - К.: 2006. - 248с.
14. ДБН В.1.1-7-2-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – На заміну СНиП 2.01.02-85*; введені в дію з 01.05.2003 року. – Видання офіційне. – Київ: УкрНДПБ МНС України; 2003.-59с.

Шинкевич Е.С., Ліннік Д.С., Юсипчук В.І., Закаблук С.С. ПІДБІР СКЛАДУ АРБОЛІТОБЕТОНА ПО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧНИМ МОДЕЛЯМ. У статті наведені результати підбору оптимальних складів арболітобетону на композиційному гіпсовому вяжучому.

Досліджено вплив на міцність при стисненні, міцність при вигині, водостійкість, щільність КГВ високоактивного метакаоліну і мікрокремнезема та проведено порівняльний аналіз впливу цих добавок на властивості КГВ. Виконано експеримент по підборі та оптимізації складу органічного заповнювача для арболітобетона методами математичного моделювання за показниками міцності та середньої щільності, з урахуванням складу композиційного гіпсового в'язучого, фракційного складу костриці і співвідношення компонентів в системі «в'язуче-костриця».

Ключові слова: екобудівництво, екоматеріал, енергозбереження, органічний заповнювач, багаття, арболітобетон, математична модель, оптимізація, фракційний склад.

Shinkevich E., Linnik D., Yusypchuk V., Zakabluk S. SELECTION OF THE COMPOSITION OF THE ARBOLIT CONCRETE ACCORDING

TO THE EXPERIMENTAL STATISTICAL MODELS. The article presents the results of the selection of optimal compositions of arbolitic concretes on a composite gypsum binder. Influence on compressive strength, bending strength, water resistance, density of high-active metakaolin and microsilica was investigated and a comparative analysis of the effect of these additives on the properties of was carried out. An experiment was performed to select and optimize the composition of the organic aggregate for arbolitic concrete using mathematical modeling methods for strength and average density indicators, taking into account the composition of the composite gypsum binder, the fractional composition of the bonfire, and the ratio of components in the "binder-fire" system.

Key words: green building, eco-material, energy saving, organic filler, bonfire, arbolit concrete, mathematical model, optimization, fractional composition.

УДК 691.3: 691.33

Шинкевич О.С., Тертичний А.А., Закаблук С.С.

Одеська державна академія будівництва і архітектури

(вул. Дідріхсона, 4, Одеса, 65000, Україна; e-mail: elena_shinkevich@ukr.net, af.feihu89@gmail.com)

Мироненко І.Н.

Одеський національний морський університет

(вул. Мечникова, 34, Одеса, 65000, Україна)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА ВЛАСТИВОСТЕЙ АКТИВОВАНИХ І НЕАКТИВОВАНИХ ДРІБНОЗЕРНИСТИХ СУМІШЕЙ І БЕТОНІВ

Метою даного дослідження є виявлення експериментально-статистичних закономірностей і аналіз локальних залежностей зміни реологічних і фізико-механічних властивостей, а також підвищення ефективності дрібнозернистих бетонів за рахунок активації бетонних сумішей і використання мінеральних наповнювачів аморфно-кристалічної або кристалічної структури різної питомої поверхні, а також неорганічних ультрадисперсних компонентів: метакаоліну, воластоніта і водоредуруючих добавок - суперпластифікатора С-3. Експерименти проводилися з використанням експериментально-статистичного моделювання. Всього було проведено чотири експерименту, побудованих по 24-точковому шестифакторному плану. За результатами експериментів, які відрізнялися видом мінерального наповнювача і способом приготування (активованій і неактивованій пісок / активований і неактивованій трепел) отримані шестифакторні ЄС моделі. В якості критеріїв якості аналізувалися реологічні властивості дрібнозернистих сумішей: розшарування, розчиновідділення, і фізико-механічні властивості бетонів: щільність, міцність на стиск і розтяг при згині, тріщиностійкість, адгезія до основи, теплопровідність.

Запропоновані ЄС закономірності, що описують спільний вплив добавок - модифікаторів, питомої поверхні пористого або щільного наповнювача на властивості сумішей і розчинів в умовах активації і в умовах традиційного приготування. За отриманими діаграмами встановлені загальні і приватні тенденції зміни властивостей. Загальні і локальні тенденції для всіх досліджуваних сумішей різні. В роботі показано, що за рахунок спільної активації всіх компонентів суміші із застосуванням водоредуруючих добавок що властивості можуть змінюватися в широких межах.

Ключові слова: експериментально-статистичне моделювання, активація, питома поверхня, дрібнозернисті суміші і бетони, мінеральні наповнювачі, неорганічні ультрадисперсні компоненти.