

Марина Драпалюк, Владимир Пилипенко

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА КОРРОЗИОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА

Актуальность темы исследования. При изготовлении сооружений и конструкций специального назначения из бетона необходимо уделять особое внимание снижению проницаемости поверхностного слоя бетона.

Постановка проблемы. Работа посвящена решению вопроса повышения эксплуатационных характеристик бетона за счет введения в состав цементной системы активных компонентов, химически взаимодействующих с минералами цемента.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследования ученых Э. П. Александряна, Р. А. Андрианова, Ю. М. Баженова, В. Е. Басина, А. А. Берлина, С. С. Давыдова, Е. М. Елиина, Ф. М. Иванова и др. внесли большой вклад в разработку и развитие теории создания материалов на основе полимерных связующих, а также способов их модификации.

Выделение неисследованных частей общей проблемы. Применение традиционных полимерных композиций, используемых при ремонте бетонных конструкций, непосредственно не контактирующих с грунтовыми водами, не всегда возможно в особых условиях восстановления элементов, подвергаемых обводнению. Сложность состоит в изменении свойств ремонтных смесей при их нагнетании в пустоты, щели и трещины вследствие массо- и теплообмена с заобделочным пространством.

Постановка задачи. Необходим поиск новых компонентов смесей, обеспечивающих сохранение технологических характеристик в процессе проведения работ, а также проектные эксплуатационные свойства. Следует уделить внимание изучению закономерностей распространения гидроизолирующего раствора переменной вязкости при устройстве противофильтрационного экрана с учётом сроков потери текучести, а также исследованию прочности и долговечности укрепления в зависимости от среды и температуры.

Изложение основного материала. Повысить эксплуатационные характеристики бетона возможно за счет введения в состав цементной системы активных компонентов, химически взаимодействующих с минералами цемента. Для исследований выбраны карбоксилатный дивинилстирольный латекс БСК и диэтиленгликоль.

Выводы в соответствии со статьей. При взаимодействии комплексного модификатора (диэтиленгликоляэросила и латекса) с цементными частицами структура и свойства модификатора претерпевают качественные изменения и тем значительнее, чем тоньше пленки модификатора на поверхности или между поверхностями зерен цемента и аэросила и интенсивнее силы поляризации. В связи с этим постепенно уменьшается объем капиллярно-пористого пространства, оцениваемого пористостью и проницаемостью формирующейся цементной матрицы.

Ключевые слова: бетон; минералы; полимерные компоненты; проницаемость; цементная матрица.

Рис.: 1. Библ.: 10.

Постановка проблемы. Строительство гидротехнических сооружений специального назначения, к которым относятся и канализационные коллекторы, и водоводы сельскохозяйственного назначения, в основном ведётся в сильно минерализованных грунтах. Для успешной, с длительным сроком эксплуатации данных изделий большое значение имеет обеспечение коррозионной стойкости используемого бетона.

Из всех видов неметаллических труб самыми экономичными являются бетонные, отличающиеся от асбоцементных экологической чистотой, а в сравнении с железобетонными большей долговечностью, в результате отсутствия подверженной электрохимической коррозии арматурной стали, более плотной упаковки структуры бетонной смеси при уплотнении.

Недостаточный объём производимых и применяемых бетонных труб объясняется тем, что сопротивление бетона растягивающим напряжением незначительно и составляет лишь 9...11 % от прочности бетона при сжатии. Анализ существующих методов модификации и уплотнения бетонной смеси при изготовлении труб, а также многолетние исследования показали, что наиболее эффективным является (перистальтический или импульсный) принцип виброударного уплотнения, обеспечивающий также физическое модифицирование бетонной смеси за счёт отжима избыточной воды затворения.

Решение поставленной проблемы является актуальным при реконструкции промышленного производства Украины.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследования, проведенные отечественными и зарубежными учеными, показали принципиальную возможность и эксплуатационную надёжность локального и общего восстановления конструктивных элементов

канализационных коллекторов с применением полимерных связующих определенных видов. Так, работы Э. П. Александрияна, Р. А. Андрианова, Ю. М. Баженова, В. Е. Басина, А. А. Берлина, С. С. Давыдова, Е. М. Елшина, Ф. М. Иванова, Л. А. Иголина, В. В. Козлова, Х. Ф. Ли, Ю. С. Липатова, В. А. Лисенко, В. Г. Микульского, И. А. Мощанского, Д. Мэнсона, С. Ньюмена, А. Пакена, В. В. Патуроева, А. П. Петровой, И. Е. Пугляева, А. Н. Пшинько, И. А. Рыбьева, В. И. Соломатова, Л. Сперлинга, О. Л. Фиговского, А. С. Фрейдина, В. М. Хрулева, К. И. Черняка внесли большой вклад в разработку и развитие теории создания материалов на основе полимерных связующих, а также способов их модификации. По результатам проведенных исследований разработано большое количество полимерных материалов на основе фурановых, фенольных, карбамидных, инденкумароновых, полиэфирных, эпоксидных, полиуретановых смол, полиамидов, полиакрилатов и других органических связующих.

Разработанные за рубежом ремонтные составы преимущественно основаны на использовании акриламида. Наиболее распространенным из них является АМ-9, представляющий собой смесь органических веществ – акриламида и NN-метиленакриламида в виде сухого белого порошка. Японской фирмой «Сумитомо-Кемикел Компани» разработан состав сумисойл, по эффективности аналогичный АМ-9, но отличающийся от него характером действия и применяемым катализатором. Сумисойл приобретает прочность 0,4...0,5 МПа через 40-60 мин, а к 28-суточному возрасту – 10 МПа. Наряду с противофильтрационной защитой, особое значение при проведении ремонтно-восстановительных работ на бетонных трубопроводах имеет гидроизоляция стыков или швов обделки и снижение проницаемости бетона. Критериями выбора гидроизолирующего состава является проницаемость материала конструкции, характеризующая коэффициентом проницаемости или фильтрации, и радиус распространения раствора [1].

Возможность применения полимерных композиций для защиты бетона от грунтовых вод определяется гибкостью технологической схемы, способностью обеспечивать проектные эксплуатационные свойства с долговечностью. Важным свойством при этом считается водорастворимость синтетических смол, что обеспечивает адгезию во влажных условиях и позволяет применять воду в качестве затворителя.

Высокая стоимость некоторых полимерных материалов сдерживает их широкое применение с целью повышения эксплуатационных характеристик бетона сооружений специального назначения.

Применение традиционных полимерных композиций, используемых при ремонте бетонных конструкций, непосредственно не контактирующих с грунтовыми водами, не всегда возможно в особых условиях восстановления элементов, подвергаемых обводнению. Сложность состоит в изменении свойств ремонтных смесей при их нагнетании в пустоты, щели и трещины вследствие массо- и теплообмена с заобделочным пространством.

Цель статьи. Таким образом, необходим поиск новых компонентов смесей, обеспечивающих сохранение технологических характеристик в процессе проведения работ, а также проектные эксплуатационные свойства. Из этого сложного комплекса основное внимание следует уделить изучению закономерностей распространения гидроизолирующего раствора переменной вязкости при устройстве противофильтрационного экрана с учётом сроков потери текучести, а также исследованию прочности и долговечности укрепления в зависимости от среды и температуры.

Основной материал. При изготовлении бетонных труб специального назначения особое внимание уделяется снижению проницаемости поверхностного слоя бетона. Повысить эксплуатационные характеристики бетона возможно за счет введения в состав цементной системы активных компонентов, химически взаимодействующих с минералами цемента. Для исследований выбраны карбоксилатный дивинилстирольный латекс БСК и диэтиленгликоль.

При взаимодействии комплексного модификатора (диэтиленгликольаэросила и латекса) с цементными частицами структура и свойства модификатора претерпевают качественные изменения и тем значительнее, чем тоньше пленки модификатора на поверхности или между поверхностями зерен цемента и аэросила и интенсивнее силы поляризации.

У заполнителей бетона удельная поверхность невелика и явления, происходящие на поверхности раздела фаз, не оказывают существенного влияния на процесс структурообразования цементной матрицы. В дисперсных системах, например, у цемента или микрозаполнителя, удельная поверхность велика, поэтому представляет интерес исследование влияния дисперсных компонентов на процесс структурообразования модифицированной цементной матрицы бетона.

При взаимодействии молекул модификатора с частицами цемента их поверхность покрывается тонким слоем полимера, который удерживается адсорбционными силами. Источником этих сил являются некомпенсированные связи на поверхности цемента или в межфазном слое. Основой адсорбционных процессов является всеобщий закон, выражающийся в самопроизвольном уменьшении запаса свободной энергии в системе. Стремясь снизить свою поверхностную энергию и нейтрализовать электрический заряд, дисперсная частица цемента притягивает к себе молекулы полимерного модификатора, имеющие дипольную структуру. Под влиянием силового поля, создаваемого активными центрами на поверхности частиц цемента, к которым притягиваются диполи полимера, снижается кинетическая энергия его молекул, что затрудняет их отрыв от минеральных частиц. Поскольку активные центры отделены друг от друга энергетическими барьерами, то для перемещения молекул модификатора в силовом поле поверхности частиц цемента необходимо внешнее тепловое или механическое воздействие.

Молекулы модификатора образуют пленки вокруг частиц цемента. Толщина сольватной оболочки полимера зависит от минералогического состава, размера и формы частиц цемента, а также от внешних условий. Частицы микрозаполнителя практически не обладают активностью по отношению к полимеру, в отличие от частиц цемента, поэтому характер взаимодействия их с диполями полимера различен. При одинаковом минералогическом составе на минеральных частицах большего размера образуется слой полимера большей толщины, чем на частицах меньшего размера. Это явление объясняется тем, что в непосредственной близости от поверхности цементных частиц силовое поле мало зависит от их размера, поэтому степень притяжения примерно одинакова у частиц различной крупности. По мере удаления от поверхности напряжение силового поля изменяется неодинаково – на одном и том же расстоянии от поверхности напряжение меньше у мелких частиц с большей кривизной поверхности, чем у более крупных. В итоге крупные частицы цемента окружены пленками модификатора большей толщины в сравнении с мелкими частицами.

В процессе твердения модифицированной цементной матрицы бетона происходит изменение морфологии продуктов гидратации. В процессе продолжающейся гидратации зерен цемента увеличивается объем кристаллогидратов вследствие химического взаимодействия свободной извести с аэросилом, сопровождающегося образованием дополнительного количества гидросиликатов кальция. В связи с этим постепенно уменьшается объем капиллярно-пористого пространства, оцениваемого пористостью и проницаемостью формирующейся цементной матрицы. Результаты измерения пористости образцов модифицированной цементной матрицы бетона методом ртутной порометрии представлены на рисунке.

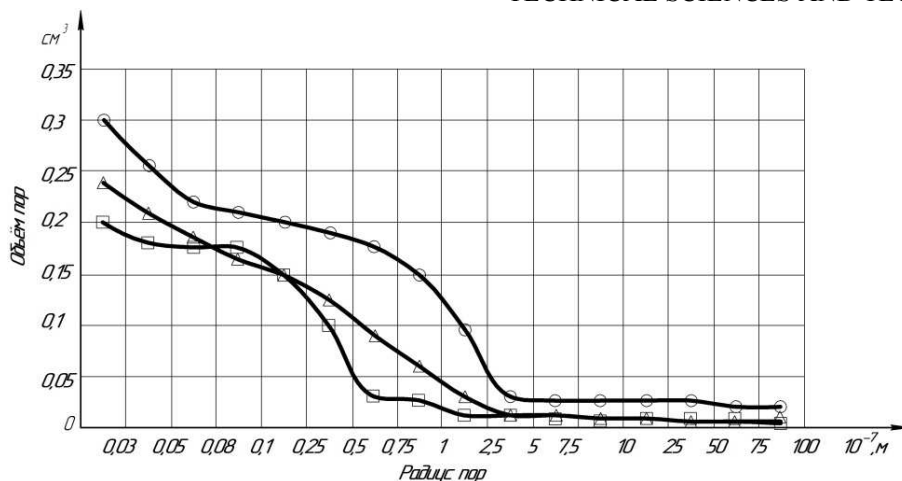


Рис. Интегральная пористость цементной матрицы в возрасте 28 суток:

- – цементный камень;
- – цементная матрица с латексом;
- Δ – модифицированная цементная матрица

Ход кривых интегральной пористости (рис.) свидетельствует об уменьшении объема пор при модифицировании цементной матрицы бетона. Распределение пор по размерам показывает, что модифицирование цементной системы приводит не только к уменьшению общего объема пор, но также к изменению объемов пор определенных размеров. В образцах обычного цементного камня бетона значителен объем макропор радиусами $10^{-6} \dots 10^{-5}$ м и переходных пор радиусами $10^{-8} \dots 10^{-7}$ м, которые теоретически проницаемы для воды, то есть служат путями фильтрации при эксплуатации сооружения во влажных условиях. При введении латекса в состав бетонной смеси максимум пористости цементной матрицы приходится на поры радиуса 7×10^{-8} м, а при модифицировании ДЭГА – 2×10^{-8} м.

Эксплуатация бетонных труб специального назначения осуществляется в условиях агрессивного воздействия окружающей среды [2]. Для определения влияния различных агрессивных сред на бетон проведены исследования поведения образцов-балочек размерами $4 \times 4 \times 16$ см при выдерживании в воде и растворе с концентрацией сульфатов 10 г/л. Образцы формовались в один слой.

Установлено, что модифицированная цементная матрица бетона как полностью погруженного в минерализованную воду, так и хранившегося в зоне переменного уровня, представлена следующими гидратными новообразованиями: CSH(B) с дифракционными максимумами 3,02; 2,80; $1,81 \cdot 10^{-10}$ м; тоберморитоподобными с дифракционными максимумами 3,52; 3,33; 3,02; 2,83; 2,50; 2,42; 2,27; 2,25; 2,14; 2,07; 2,00; 1,84; 1,67; $1,62 \cdot 10^{-10}$ м; ксонотлитом с дифракционными максимумами 7,02; 4,30; 3,62; 3,25; 2,83; 2,70; 2,50; 2,36; 2,25; 2,04; 1,95; $1,84; 1,70 \cdot 10^{-10}$ м; C2SH(C) с дифракционными максимумами 5,42; 3,80; 3,02; 2,79; 2,70; 2,56; 2,50; 1,91; $1,81 \cdot 10^{-10}$ м; C2SH(B) с дифракционными максимумами 4,87; 4,09; 3,55; 3,02; 2,83; 2,79; 2,40; 2,27; 2,07; 1,97; 1,87; 1,81; $1,77 \cdot 10^{-10}$ м; гидрогранатами с дифракционными максимумами 5,20; 4,50; 3,36; 2,29; 2,04; 1,73; 1,71; $1,67; 1,59 \cdot 10^{-10}$ м.

Как следует из результатов исследований, в модифицированной цементной матрице бетона с течением времени возрастает количество низкоосновных гидросиликатных фаз, наблюдается перекристаллизация гидрогранатов в низкоосновные гидросиликаты кальция. В новообразованиях модифицированной цементной матрицы бетона содержание свободного гидроксида кальция не превышает 5 %, что является необходимым условием для получения коррозионностойкого материала.

Выводы в соответствии со статьей.

1. Установлено, что в модифицированной цементной матрице бетона с течением времени возрастает количество низкоосновных гидросиликатных фаз, наблюдается перекристаллизация гидрогранатов в низкоосновные гидросиликаты кальция.

2. Выявлено, что уменьшается также и объем капиллярно-пористого пространства, оцениваемого пористостью и проницаемостью формирующейся цементной матрицы.

Список использованных источников

1. Богданов В. С. Дисперсность и электрические свойства аэрозолей, возникающих при радиоллизе газообразных углеводородов / В. С. Богданов // Изв. АН СССР. ОХН. – 1981. – № 8. – С. 1520–1522.

2. Соломатов В. И. Композиционные строительные материалы пониженной материалоемкости / В. И. Соломатов, В. Я. Выровой. – К. : Будівельник, 1991. – 144 с.

3. Соломатов В. И. Полимерные композиционные материалы в строительстве / В. И. Соломатов, А. Н. Бобрышев, К. Г. Химмлер ; под ред. В. И. Соломатова. – М. : Стройиздат, 1988. – 312 с.

4. Sakai E. Composite Mechanism of Polymer Modified Cement / E. Sakai, J. Sugita // Cem. Concr. Res. – 1995. – Vol. 29. – Pp. 127–135.

5. Павлов А. Р. Математическое моделирование процессов тепло- массопереноса и температурных деформаций в строительных материалах / А. Р. Павлов. – Новосибирск : Наука, 2001. – 175 с.

6. Кирнев А. Д. Технология возведения зданий и специальных сооружений / А. Д. Кирнев, А. И. Суботин, С. И. Евтушенко. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2005. – 247 с.

7. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М.: Стройиздат, 1998. – 768 с.

8. Mitsuda I. Paragenesis of 11\AA – Tobermorite and poorly crystalline hydrated magnesium silicate // Cemend and Concr. Res. – 1993. – Vol. 3. – Pp. 71–80.

9. Драпалюк М. В. Дослідження ресурсозберігаючої технології модифікованого бетону з демпфуючими компонентами / М. В. Драпалюк, В. М. Пилипенко // Нові технології в будівництві. – 2016. – № 30. – С. 50–53.

10. Roy D. M. Advanced Cement Systems Including CBS, DSP, MDF / D. M. Roy // 9-th ICCS. – 1992. – Vol. 1. – Pp. 357–380.

References

1. Bogdanov, V. S. (1981). Disperstnost i elektriceskie svoystva aerosoley, vosnikauchie pri radiosolize gazoobraznuh uglevodorodov [Dispersion and electrical properties of aerosols arising from the radiolysis of gaseous hydrocarbons]. *An SSSR. OHN.*, 8, 1520–1522 [in English].

2. Solomatov, V. I. & Wurovoy, V. Ya (1991). *Kompozicionnue stroitelnye materialu ponigenoy materialoemkosti* [Composite building materials of reduced material consumption]. Kyiv: Budiwelnik [in Ukrainian].

3. Solomatov, V. I., Bobrushev, A. N. & Himler, K. G. (1988). *Polimernye kompozitsionnye materialy v stroitelstve* [Polymer composite materials in construction] [in Russian].

4. Sakai, E. & Sugita, J. (1995). *Composite Mechanism of Polymer Modified Cement*. *Cem. Concr. Res.*, 29, 127–135 [in English].

5. Pavlov, A. R. (2001). *Matematicheskoe modelirovanie protsessov teplo- massoperenosa i temperaturnykh deformatsiy v stroitelnykh materialakh* [Mathematical modeling of heat and mass transfer processes and temperature deformations in building materials]. Novosibirsk: Nauka [in Russian].

6. Kirnev, A. D., Subotin, A. I. & Evtushenko, S. I. (2005). *Technologia vozvedenia zdaniy i specialnuh soorugeniy* [Technology of erection of buildings and special constructions]. Rostov-na-Dony: Fenics [in Russian].

7. Batracov, V. G. (1998). *Modificirovannue betonu. Teoria i practica* [Modified concrete. Theory and practice]. Moscow: Stroisdat [in Russian].

8. Mitsuda, I. (1993). Paragenesis of 11\AA - Tobermorite and poorly crystalline hydrated magnesium silicate. *Cemend and Concr. Res.*, 3, 71–80 [in English].

9. Drapaluk, M. V. & Pulupenko, V. M. (2016). Doslidzhennia resursozberihaiuchoi tekhnolohii modyfikovanoho betonu z dympfuiuchymy komponentamy [Research of resource-saving technology of modified concrete with dipping components]. *Novi tehnologii v budivnuctvi*, 30, 50–53 [in Ukrainian].

10. Roy, D. M. (1992). Advanced Cement Systems Including CBS, DSP, MDF. *9-th ICC*, 1, 357–380 [in English].

UDC 338.45:624

Marina Drapaluk, Volodymyr Pylypenko

INVESTIGATION OF THE IMPACT OF POLYMER COMPONENTS OF CONCRETE ON CORROSION RESISTANCE

Urgency of the research. In the manufacture of structures and structures of special purpose from concrete it is necessary to pay special attention to reducing the permeability of the surface layer of concrete.

Target setting. The work is devoted to solving the problem of increasing the operational characteristics of concrete by introducing into the cement system active components that chemically interact with the minerals of cement.

Actual scientific researches and issues analysis. Research scientists E. P. Alexandryan, R. A. Andrianova, Yu. M. Bazhenova, V. E. Basina, A. A. Berlin, S. S. Davydova, E. M. Elshina, F. M. Ivanova and others have made a great contribution to the development and development of the theory of creating materials based on polymeric binders, as well as methods for their modification.

Uninvestigated parts of general matters defining. The use of traditional polymer compositions used in the repair of concrete structures not directly in contact with groundwater is not always possible under special conditions for the restoration of elements subject to watering. The difficulty consists in changing the properties of repair mixtures when they are injected into voids, cracks and fissures due to mass and heat transfer with confinement space.

The research objective. It is necessary to search for new components of mixtures that ensure the preservation of technological characteristics in the course of work, as well as design operational properties. Attention should be paid to studying the regularities of the distribution of a waterproofing solution of variable viscosity with the device of an anti-filtration screen, taking into account the periods of loss of fluidity, and also the study of the strength and longevity of the strengthening, depending on the medium and temperature.

The statement of basic materials. Increase the performance of concrete is possible due to the introduction of the cement system of the active components, chemically interacting with the minerals of cement. For the studies, carboxylate divinyl styrene latex BSK and diethylene glycol were chosen.

Conclusions. When the complex modifier (diethylene glycol aero-silane and latex) interacts with cement particles, the structure and properties of the modifier undergo qualitative changes and the more significant the thinner the modifier films on the surface or between the surfaces of the cement and aerosil grains and the intensity of the polarization force. In connection with this, the volume of capillary-porous space that is estimated by the porosity and permeability of the forming cement matrix is gradually decreasing.

Keywords: concrete; minerals; polymer components; permeability; cement matrix.

Fig.: 1. References: 10.

УДК 338.45:624

Марина Драпалюк, Володимир Пилипенко

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОНЕНТІВ НА СТІЙКІСТЬ ДО КОРОЗІЇ БЕТОНУ

Актуальність теми дослідження. При виготовленні споруд і конструкцій спеціального призначення з бетону необхідно приділяти особливу увагу зниженню проникності поверхневого шару бетону.

Постановка проблеми. Робота присвячена вирішенню питання підвищення експлуатаційних характеристик бетону за рахунок введення до складу цементної системи активних компонентів, що хімічно взаємодіють з мінералами цементу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження вчених Е. П. Александряна, Р. А. Андріанова, Ю. М. Баженова, В. Є. Басина, А. А. Берліна, С. С. Давидова, Е. М. Єлишин, Ф. М. Іванова та ін. зробили великий внесок у розробку й розвиток теорії створення матеріалів на основі полімерних сполучних, а також способів їх модифікації.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Застосування традиційних полімерних композицій, використовуваних при ремонті бетонних конструкцій, які безпосередньо не контактують з ґрунтовими водами, не завжди можливе в особливих умовах відновлення елементів, що піддаються обводнення. Складність полягає в зміні властивостей ремонтних сумішей при їх нагнітанні в порожнечі, щілини й тріщини внаслідок масо- і теплообміну з заобделочном простором.

Постановка завдання. Необхідний пошук нових компонентів сумішей, що забезпечують збереження технологічних характеристик у процесі проведення робіт, а також проектні експлуатаційні властивості. Слід приділити увагу вивченню закономірностей поширення гідроізоляційного розчину змінної в'язкості при влаштуванні проти фільтраційного екрана з урахуванням строків втрати плинності, а також дослідженню міцності й довговічності зміцнення в залежності від середовища і температури.

Виклад основного матеріалу. Підвищити експлуатаційні характеристики бетону можливо за рахунок введення до складу цементної системи активних компонентів, хімічно взаємодіють з мінералами цементу. Для досліджень обрано Карбоксилатний дівінілстирольний латекс БСК і діетиленгліколь.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Висновки відповідно до статті. При взаємодії комплексного модифікатора (діетиленглікольаеросіла й латексу) з цементними частками структура і властивості модифікатора зазнають якісні зміни і тим значніше, чим тонше плівки модифікатора на поверхні або між поверхнями зерен цементу й аеросилу та інтенсивніше сили поляризації. У зв'язку з цим поступово зменшується обсяг капілярно-пористого простору, що оцінюється пористістю і проникністю формується цементної матриці.

Ключові слова: бетон; мінерали; полімерні компоненти; проникність; цементна матриця.

Рис.: 1. Бібл.: 10.

Драпалюк Марина Викторовна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций, Одесская государственная академия строительства и архитектуры (ул. Дидрихсона, 4, г. Одесса, 65000, Украина).

Драпалюк Марина Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри будівельних конструкцій, Одеська державна академія будівництва і архітектури (вул. Дидрихсона, 4, м. Одеса, 65000, Україна).

Drapaluk Marina – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Building Constructions, Odessa Academy of Civil Engineering and Architecture (4 Didrihsona Str., 65000 Odessa. Ukraine).

Пилипенко Владимир Николаевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физической подготовки, Академия государственной пенитенциарной службы (ул. Гончая, 34, г. Чернигов, 14000, Украина).

Пилипенко Володимир Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри фізичної підготовки, Академія державної пенітенціарної служби (вул. Гонча, 34, м. Чернігів, 14000, Україна).

Pylupenko Volodymyr – PhD in Engineering, Associate Professor, Associate Professor of Physical Training Department, Academy of State Penitentiary Service (34 Goncha Str., 14000 Chernihiv, Ukraine).