

L. H. Shahmeyster [9], V. A. Shubenko, V. M. Tsehlyariv, N. I. Tomashevskyy [8].

Research objective. Research of dynamic loads on the conveyor belt using a simulation model.

Conclusions. In the course of the work was conducted dynamic mode of production line control actions based on device status monitoring tape. In the simulation of gravity on the tape should be paying attention to aperiodic transition, it is very important for this system. After pererehulyayuvannya can lead to rupture of a conveyor belt. Thus the tension of the tape will be long until you change the input sensor efforts that will not exceed 55 kg / cm.

REFERENCES

1. German-Galkyn S. G. Kompyuternoe modelyrovanye poluprovodnykovux system v MATLAB / Uchebnoe posobyе – SP6: KORONA prynt, 2001. – 320 s.
2. Zelechonok G. G. Avtomatyzaciya texnologichnyx procesiv y obliku. Vyshha shkola, 1975. – 464 s.
3. Klyuyev A. S. Proektuvannya system avtomatyzaciyi texnologichnyx procesiv. 1990 – 464 s.
4. Nechayev G. K. Avtomatyzaciya texnologichnyx procesiv na pidpryyemstvax budivelnoyi industriyi. – Kyiv : Vyshha shkola, 1979 – 280 s.
5. Spivakovskyy A. O. Strichkovi konveyery v girnychyy promyslovosti. Moskva 1982 g, – 425 s.
6. Tanatar A. Y. Elementu promushlennoj avtomatyky` y yx dynamycheskye svojstva. 1975 – 232 s.
7. Shtokman V. G. Transport na girnychyx pidpryyemstvax. 1976 – 552 s.
8. Shubenko V. A., Ceglyariv V. M., Tomashevskyy N. I. Ustanovka dlya eksperymentalnogo zapysu statychnyx i dynamichnyx xarakteryst`k asynxronyx mashyn. 1968. – 34 s.
9. Shaxmeyster L. G., Dmytriyev V. G. Teoriya i rozrakhunok strichkovyx konveyeriv, 1987. – 336 s.

УДК 691.32(075.8)

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ С ПРОДУКТАМИ ГИДРАТАЦИИ ЦЕМЕНТА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА БЕТОНА

Д. С. Ионов, м. н. с, асп.

Государственное предприятие «Научно-исследовательский институт строительных конструкций», Киев

Ключевые слова: *портландцемент, бетон, полиэтиленгликоль, зола-унос, известь, рентгенофазовый анализ, дериватограмма, удобоукладываемость, прочность*

Введение. Нельзя представить современные бетоны без использования новейших разработок в отрасли химических добавок. Достаточно эффективными являются добавки пластифицирующего действия на основе эфиров поликарбоксилатов. По своим технологическим характеристикам они превосходят существующие виды пластификаторов. Но кроме позитивных факторов присутствуют и негативные, например, высокая стоимость. Известно, что множество современных добавок, которые изготавливаются для бетонных смесей и бетонов, содержат полиэтиленгликоль (ПЭГ) [9].

Анализ публикаций. Исследованиям влияния химических добавок на свойства цементного камня и бетона посвящено много работ, но, несмотря на это, целый ряд вопросов по использованию все новых видов химических добавок остается открытым. Это связано с тем, что химическая промышленность и наука не стоят на месте, постоянно изобретая более современные химические модификаторы для бетонов, например, поликарбоксилатные суперпластификаторы.

Создание химических добавок поликарбоксилатной природы позволило ГП НИИСК [4 – 6], КНУСА [7; 10] разработать современные методы бетонирования массивных конструкций. Основой этих методов является применение нового поколения пластифицирующих добавок – суперпластификаторов.

Введение суперпластификаторов является обязательным условием производства высококачественных, высокотехнологичных бетонов (High Performance Concrete, HPC), которые широко описаны в научно-технической литературе [8; 13 – 15].

Как показано В. Г. Батраковым [1], известные пластификаторы бетонных смесей типа ЛСТ, НФ и МФ по своему технологическому эффекту уступают новому виду суперпластификаторов – поликарбоксилатам.

Р. Ф. Рунова, В. В. Троян, А. В. Прянишников и др. [7; 8; 10] исследовали сложные полимеры, имеющие определенные преимущества по сравнению с линейными полимерами, поскольку полимеры типа «гребенки» обеспечивают стабильность суспензии в течение значительно более длительного времени, чем линейные полимеры. Поликарбоксилаты характеризуются наличием полимерной цепи линейной формы, к которой привиты ненасыщенные карбоновые кислоты. Поэтому линейные полимеры, являющиеся аналогами линейной цепи поликарбоксилатов, могут быть совместимыми с поликарбоксилатами. К таким линейным полимерам, которые могут быть совместимы с поликарбоксилатами, относят полиэтиленгликоль.

Цель статьи. Изучение взаимодействия полиэтиленгликоля с продуктами гидратации портландцемента (например, с портландитом) и установление его влияния на свойства как бетонной смеси, так и затвердевшего бетона.

Изложение материала. Для установления особенностей взаимодействия полиэтиленгликоля с минеральными вяжущими веществами были использованы модельные системы, полученные с использованием гашеной извести и золы-уноса. Исследования проводили с использованием комплекса физико-химических методов, в том числе рентгенофазового и дифференциально-термического. Составы исследованных смесей приведены в таблице 1.

Таблица 1

Составы исследуемых смесей

№ состава	Состав смеси, г			
	Известь	Зола	ПЭГ	Вода
1	–	100	–	29
2	–	67	33	29
3	67	–	33	29
4	34	33	33	29

Согласно данным рентгенофазового анализа (рис. 1), зола-унос представлена рентгенаморфной фазой, которая содержит включения β -кварца ($d = 0,424; 0,334; 0,228; 0,181$ нм) [3], и гематита (α - Fe_2O_3): ($d = 0,269; 0,251; 0,220; 0,184$ нм) [2; 3].

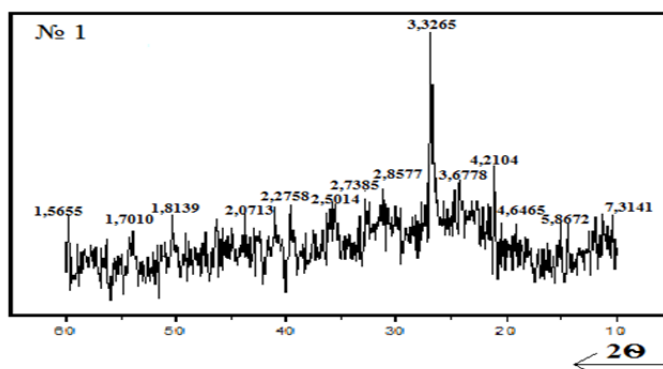


Рис. 1. Рентгенограмма образцов, полученных после твердения смеси состава № 1 (зола + вода)

После добавления к смеси золы с водой кристаллического полиэтиленгликоля характер рентгенограмм частично изменился (рис. 2). Кроме дифракционных отражений, характерных для включений золы, появляются новые пики ($d = 0,564; 0,443; 0,411; 0,325$ нм), которые, согласно [2; 3], можно отнести к полиэтиленгликолю. Согласно [9], полиэтиленгликоль почти не способен взаимодействовать с кислыми оксидами, а ладыжинская зола ГРЭС относится к кислым и представлена преимущественно аморфной (стекловидной) фазой и поэтому является почти индифферентной. Наличие β -кварца в смеси (рис. 2) подтверждается и дифференциально-термическим анализом (рис. 3). На дериватограмме наблюдается эндозффект

с максимумом при температуре 573 °С, что указывает на прохождение обратного полиморфного превращения β -кварца в α -кварц с теплотой инверсии 18,84 кДж/кг согласно [2; 3]. На дериватограмме (рис. 3) фиксируется экзоэффект при 310°С, который, согласно [2], обусловлен окислением полиэтиленгликоля и эндоэффект в интервале температур 350...380 °С, который, по данным [2; 3], связан с термической деструкцией полиэтиленгликоля.

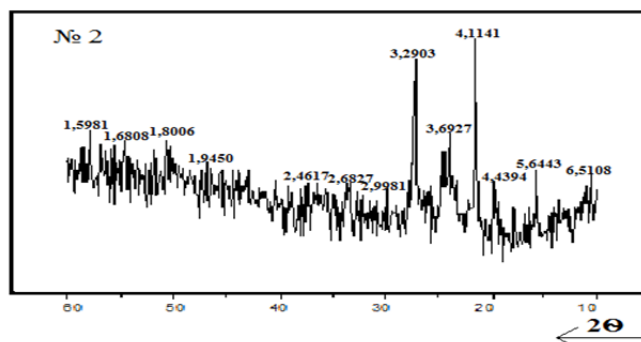


Рис. 2. Рентгенограмма образцов, полученных после твердения смеси состава № 2 (зола + вода + ПЭГ)

Таким образом, можно сделать вывод, что кристаллический полиэтиленгликоль слабо взаимодействует со стекловидной золой-унос и они почти не образуют новых химических соединений. Поэтому было проведено дальнейшее исследование по установлению возможности взаимодействия полиэтиленгликоля с гидроксидом кальция, являющимся одним из продуктов гидратации портландцемента.

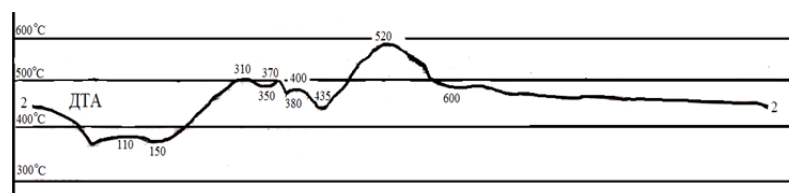


Рис. 3. Дериватограмма продуктов твердения смеси состава № 2

Согласно результатам анализа продуктов твердения смеси, состоящей из гашеной извести, воды и полиэтиленгликоля, можно отметить наличие на рентгенограмме (рис. 4) рефлексов ($d = 0,385; 0,293; 0,169; 0,160$ нм), которые не характерны для исходных сырьевых материалов. Вероятно, эти рефлексы обусловлены появлением продуктов взаимодействия полиэтиленгликоля с гидроксидом кальция.

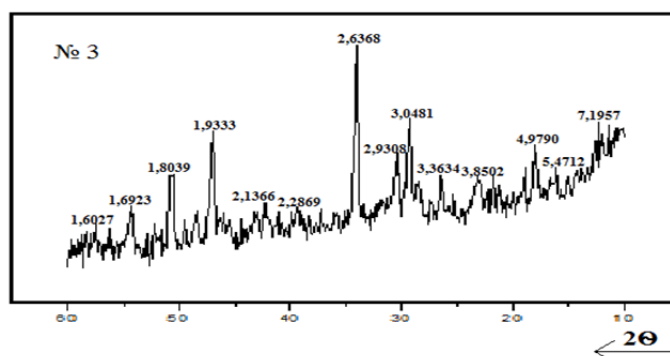


Рис. 4. Рентгенограмма образцов, полученных после твердения смеси состава № 3 (известь гашеная + вода + ПЭГ)

Кроме того, на рентгенограмме присутствуют дифракционные отражения ($d = 0,493; 0,263; 0,193; 0,179$ нм), которые, согласно [2; 3] можно отнести к кристаллическим включениям портландита $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а также отмечены рефлексы ($d = 0,547; 0,407; 0,336; 0,213$ нм), которые, по данным [3], можно отнести к остаткам полиэтиленгликоля, который не прореагировал с известью.

Данные рентгенофазового анализа подтверждаются данными ДТА. Так, на дериватограмме (рис. 5) можно отметить появление пиков с экзоэффектом при 490...540⁰С, которые не связаны с наличием исходных материалов. Можно предположить, что вышеприведенные пики характеризуют термические превращения синтезированных «кальций-полимерных соединений».

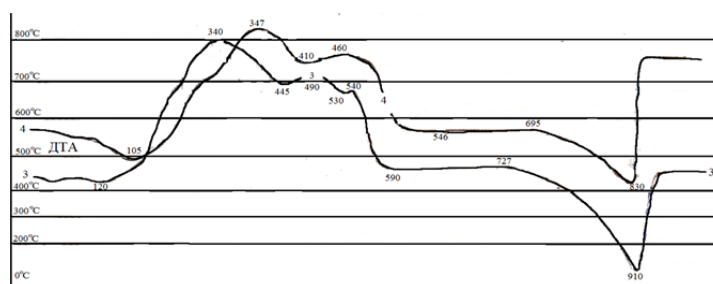


Рис. 5. Дериватограммы продуктов твердения смесей составов № 3 и № 4

Наличие остатков портландита на дериватограмме (рис. 5) подтверждается присутствием эндоэффекта при 585⁰С, обусловленного дегидратацией и переходом $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в CaO . Кривая изобарной термогравиметрии показывает двухстадийные потери массы, где на первом этапе удаляется вода из структуры портландита, а на втором – CO_2 из примесей карбоната кальция, согласно [2; 3]. Итак, вышеприведенные данные подтверждают выдвинутую гипотезу о том, что добавление полиэтиленгликоля к гашеной извести (а значит, и к портландиту как продукту гидратации цемента) сопровождается протеканием реакций между ними и образованием в результате взаимодействия новых веществ – «кальций-полимерных соединений». Полученные результаты отвечают данным [2; 9] о возможности образования новых веществ при взаимодействии полиэтиленгликоля с щелочными и щелочноземельными металлами или их соединениями. При твердении смеси № 4, которая состоит из гашеной извести, золы, воды и ПЭГ в составе новообразований, по данным рентгенофазового анализа (рис. 6), можно отметить наличие «кальций-полимерных соединений», которым соответствуют рентгеновские рефлексы ($d = 0,385; 0,293; 0,169; 0,160$ нм).

Кроме того, на рентгенограмме (рис.6) присутствуют пики остатков сырьевых материалов с рефлексами: $d = 0,493; 0,263; 0,193; 0,179$ нм, которые, согласно [3], можно отнести к кристаллическим включениям β -кварца, портландита $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ($d = 0,424; 0,334; 0,228; 0,1813$ нм), а также фиксируются новообразования в виде тоберморита $5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$: ($d = 0,307; 0,297; 0,280; 0,207$ нм) [2; 3].

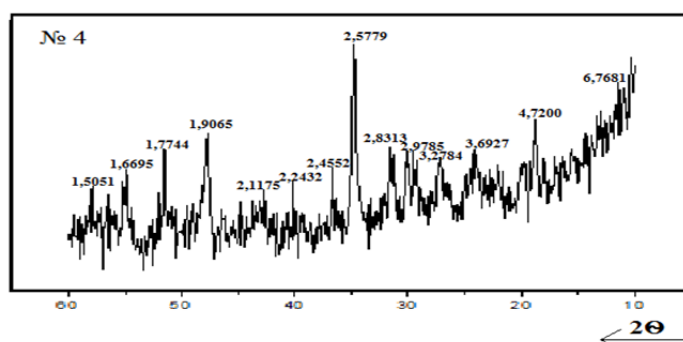


Рис. 6. Рентгенограмма образцов, полученных при твердении смеси состава № 4 (гашеная известь + зола + вода + ПЭГ)

Итак, исследовав физико-химические процессы структурообразования в модельных системах, можно сделать вывод, что кристаллический полиэтиленгликоль почти не взаимодействует с золой-унос, поскольку ее пики на рентгенограмме достаточно интенсивны и со временем не изменяются (рис. 2), но достаточно активно вступает в реакцию с гашеной известью с образованием «кальций полимерных соединений», которые можно идентифицировать по определенным дифракционным отражениям.

Таким образом, можно утверждать, что введение оптимального количества полиэтиленгликоля (со средней молекулярной массой 1 500) в бетонную смесь, полученную на основе портландцемента, одним из продуктов гидратации которого является портландит, будет способствовать протеканию реакций между данными компонентами и процессам синтеза «кальций-полимерных соединений», которые будут изменять пространственную структуру камня на микроуровне.

Согласно данным, приведенным на рисунках 3 и 5, можно отметить, что удаление адсорбционной связанной воды в смесях составов № 2 – 4 проходит при различных температурах. Так, состав № 2 теряет адсорбционную связанную воду при 150⁰С, что подтверждается соответствующим эндоэффектом на дериватограмме. Состав № 3 теряет адсорбционную связанную воду при 120⁰С, а состав № 4 – при 105⁰С, с соответствующими подтверждениями на дериватограммах.

Можно предположить, что состав № 4 содержит наибольшее количество органоминеральных новообразований «кальций-полимерных соединений», которые плохо удерживают воду за счет того, что они имеют коллоидные размеры и их молекулы характеризуются наличием двойного электрического слоя. Известно, что при образовании данного слоя способность молекул удерживать воду ослабевает [11]. Обязательным условием формирования данного слоя является наличие границы раздела двух фаз – жидкой и твердой. В данном случае это граница между высокодисперсными новообразованиями «кальций-полимерными соединениями» и водой. Эта тенденция сохраняется и для состава № 3, компоненты которого также прореагировали с образованием высокодисперсных новообразований. В отличие от составов № 3 и 4, состав № 2 имеет самую высокую температуру удаления адсорбционной связанной воды и это объясняется тем, что микрочастицы золы-уноса не способны вступать в реакцию с полиэтиленгликолем и, соответственно, не образуют вышеприведенных соединений.

При формировании новообразований за счет взаимодействия полиэтиленгликоля и портландита на стадии перехода из золя в гель имеют место реакции синтеза на наноуровне, что подтверждается данными рентгенофазового анализа составов № 1 – 5.

Так, пользуясь законом Авогадро и следствиями из этого закона, можно рассчитать массу и размер одной частицы полиэтиленгликоля. По этому закону, 1 моль вещества = 1 500 г полиэтиленгликоля, при условии использования ПЭГ-1500. В 1 моле вещества содержится $6,022 \cdot 10^{23}$ атомов. Причем $\rho_{\text{ПЭГ}} = 1,15 \text{ г/см}^3$. Отсюда найдем массу атома: $m_{\text{ат}} = 249,087 \cdot 10^{-23} \text{ г}$. Объем одного атома: $V_{\text{ат}} = 216,6 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$. Далее, пользуясь соотношением: $1 \text{ см}^3 = 1 \text{ нм}^3 \cdot 10^{-21}$, имеем: $V_{\text{ат}} = 2,166 \text{ нм}^3$. Следовательно, линейный размер одной частицы равен примерно: $L = \sqrt[3]{V} = 1,29 \text{ нм} = 1,29 \cdot 10^{-9} \text{ м}$.

Поэтому, зная размер частицы полиэтиленгликоля и примерно оценивая размер частицы портландита (в пределах $10^{-10} - 10^{-8} \text{ м}$), можно утверждать о возможности протекания реакций на наноуровне, приводящей к образованию «кальций полимерных соединений». Управление структурообразованием на наноуровне дает возможность получения заданной структуры и, как следствие, возможность управления показателями свойств бетонов. Так, наличие разветвленной сети наночастиц в структуре бетона будет менять его пористость, что должно отражаться на таких его свойствах как трещиностойкость, водонепроницаемость, морозостойкость.

Рассмотренные модельные системы позволяют лучше понять процессы структурообразования при твердении бетонных смесей, в состав которых была введена добавка полиэтиленгликоля. Следовательно, необходимо исследовать влияние полиэтиленгликоля на реологические свойства бетонных смесей и кинетику набора прочности полученных бетонов. Составы бетонных смесей приведены в таблице 2.

Таблица 2

Составы бетонных смесей

№ состава	Цемент, кг	Песок, кг	Щебень гранитный, кг		Вода, л	ОК, марка	Добавка ПЭГ, % от массы вяжущего
			5 – 10 мм	10 – 20 мм			
1	350	727	361	731	190	П1	–
2	350	727	361	731	190	П1	0,7
3	350	727	361	731	190	П2	1,5

На рисунке 7 приведены результаты определения подвижности исследуемых составов бетонной смеси.

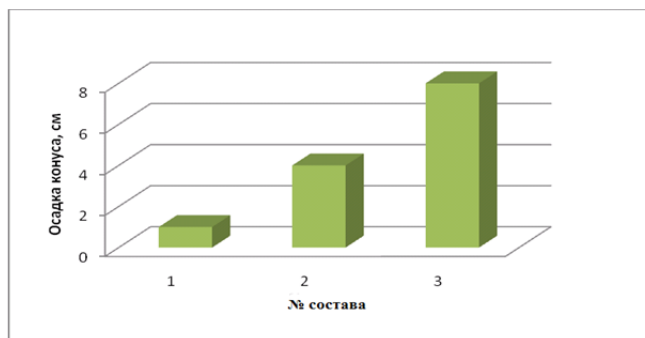


Рис. 7. Оценка пластифицирующего эффекта полиэтиленгликоля, введенного в состав бетонных смесей: 1 – без добавки; 2, 3 – с добавкой 0,7 и 1,5 % ПЭГ соответственно

Согласно приведенным данным (рис. 7), можно отметить, что составы с добавлением полиэтиленгликоля имели осадку конуса 4...8 см, в то время как контрольный состав имел осадку конуса 1 см. Это позволяет отметить, что добавка полиэтиленгликоля имеет слабый пластифицирующий эффект.

На рисунке 8 показано изменение прочности исследуемых составов бетонов на 3, 7 и 28-е сутки.

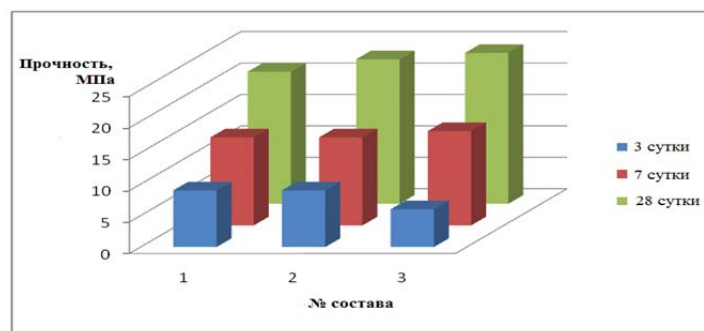


Рис. 8. Кинетика набора прочности бетона: 1 – без добавки полиэтиленгликоля; 2, 3 – с добавкой 0,7 и 1,5 % ПЭГ соответственно

Согласно полученным данным (рис. 8), можно заметить, что при введении полиэтиленгликоля в состав бетонной смеси набор ранней прочности (3-и сутки) замедляется на 5 ... 25 %, но в дальнейшем (7, 28 сутки) прочность бетона с полиэтиленгликолем (составы № 2 и 3) растет на 5 ... 15 % по сравнению с прочностью контрольного состава.

Вывод. Таким образом, при введении ПЭГ в состав бетонной смеси на ранней стадии твердения наблюдается замедление процесса гидратации, что приводит к снижению тепловыделения, а на поздних стадиях твердения – отмечается связывание портландита в органоминеральные комплексы, что сопровождается ускорением процесса структурообразования и, как следствие, повышением прочности искусственного камня.

Учитывая установленные особенности взаимодействия ПЭГ с продуктами гидратации портландцемента, разработанные составы бетонной смеси целесообразно использовать для бетонирования массивных конструкций [11].

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – Москва, 1998. – 768 с.
2. Горшков В. С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / В. С. Горшков, В. В. Тимашев, В. Г. Савельев // Учеб. пособ. – М. : Высшая школа, 1981. – 335 с.
3. Ковба Л. М. Рентгенофазовый анализ / Л. М. Ковба, В. К. Трунов // Учеб. пособ. –

М. : Изд-во Моск. унв-та, 1976. – 232 с.

4. **Попруга П. В.** Підсилення опори №7 залізнично-автомобільного мостового переходу через р. Дніпро в м. Києві / П. В. Попруга, Л. О. Шейніч, А. М. Бамбура, О. Б. Гурковський та ін. // Міжвідом. наук.-техн. зб. «Будівельні конструкції». – Вип. № 74. – К. 2. – 2011.

5. **Попруга П. В.** Строительство автомобильной эстакады (виадук) терминального комплекса «Д» ДМА «Борисполь» г. Киев / П. В. Попруга, Л. А. Шейнич, М. Г. Миколаец // Сб. докл. «Дни современного бетона – Хортица 2012». – Запорожье, 2012.

6. **Попруга П. В.** Контроль якості бетонних робіт при зведенні масивних конструкцій / Зб. «Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка». – 2010.

7. **Прянішніков О. В.** Високофункціональні бетони для зведення масивних конструкцій / Автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. техн. наук. – К., 2010. – 16 с.

8. **Рунова Р. Ф.** Щодо питання про довговічність пластифікованих бетонів на основі шлакових цементів / Р. Ф. Рунова, В. В. Троян, І. І. Руденко, І. О. Івженко та ін. / Наук.-техн. зб. «Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка». – К. : ДП «НДІБМВ», 2011. – Вип. 39.

9. **Тагер А. А.** Физико-химия полимеров. – М. : Химия, 1968. – 536 с.

10. **Троян В. В.** Добавки для бетонів і будівельних розчинів: навч. посіб. – Ніжин : ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2010. – 228 с.

11. **Шейніч Л. О.** Вплив добавки поліетиленгліколю на властивості бетону / Л. О. Шейніч, Д. С. Іонов // Наук.-техн. зб. «Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка». – К. : ДП «НДІБМВ», 2012. – Вип. 43. – С. 150 – 154.

12. **Шейнич Л. А.** Процессы самоорганизации структуры строительных композитов / Л. А. Шейнич, Е. К. Пушкарева. – К. : Гамма-принт, 2009. – 153 с.

13. **Aictin P. C.** The art of science of high-performance concrete: materials Nelu Spiratos Symposium [“On Superplasticizers”] (Bucharest, Romania, June, 2003) / Aictin P.C. Bucharest, Romania, 2003. – P. 69 – 88.

14. **Edward G.** Fundamentals of high performabce cobcrete / Edward G., Nawy P. – Sec.Ed., Willy. – 2001. – 123 P.

15. **Henrichen A.** Concrete production plabts and practice: past, present and future trends: proceeding of the Intern. Conf. [“Creating with concrete”], (Dundee, Scotland, 1999) / A. Henrichen. – Unutilizing ready-mixed concrete and mortar, University of Dundee, Scotland, UK, 1999. – P. 145 – 155.

SUMMARY

It is impossible to imagine a modern concrete without the use of the latest developments in the field of chemical additives. Supplements are quite effective plasticizing action on the basis of ether polycarboxylates. According to their technical characteristics are superior to existing types of plasticizers. But in addition to the positive and negative factors are present, for example, the high cost. It is known that many modern additives, which are made for concrete mortar and concrete comprise a polyethylene glycol (PEG) [9].

Study of the interaction of polyethyleneglycol with portland cement hydration products (such as portlandite) and establish its influence on the properties of concrete mixtures as well as of hardened concrete.

To determine the interactions of polyethylene with mineral binders used model systems were prepared using slaked lime and fly ash.

Thus, the introduction of PEG to the concrete mix in the early stages of the hardening process is observed delay hydration, which leads to a decrease in heat dissipation, but in the late stages of curing - noted in portlandite organomineral binding complexes is accompanied by an acceleration process of structure formation and, consequently, increasing the strength of artificial stone.

Given the established features of the interaction of PEG with Portland cement hydration products designed concrete mixture should be used for concreting massive structures [11].

REFERENCES

1. Batrakov V. G. Modificirovannye betony. Teoriya i praktika. – Moskva, 1998. – 768 s.
2. Gorshkov V. S. Metody fiziko-himicheskogo analiza vjzhashhiih veshhestv /

V. S. Gorshkov, V. V. Timashev, V. G. Savel'ev // Ucheb. posob. – M. : Vysshaja shkola, 1981. – 335 s.

3. Kovba L. M. Rentgenofazovij analiz / L. M. Kovba, V. K. Trunov // Ucheb. posob. – M. : Izd-vo Mosk. unv-ta, 1976. – 232 s.

4. Popruga P. V. Pidsilennja opori №7 zaliznichno-avtomobil'nogo mostovogo perehodu cherez r. Dnipro v m. Kievi / P. V. Popruga, L. O. Shejnich, A. M. Bambura, O. B. Gurkovs'kij ta in. // Mizhvidom. nauk.-tehn. zb. «Budivel'ni konstrukcii». – Vup. № 74. – K. 2. – 2011.

5. Popruga P. V. Stroitel'stvo avtomobil'noj jestakady (viaduk) terminal'nogo kompleksa «D» DMA «Borispol» g. Kiev / P. V. Popruga, L. A. Shejnich, M. G. Mikolaec // Sb. dokl. «Dni sovremennogo betona – Hortica 2012». – Zaporozh'e, 2012.

6. Popruga P. V. Kontrol' jakosti betonnih robit pri zvedenni masivnih konstrukcij / Zb. «Budivel'ni materiali, virobi ta sanitarna tehnika». – 2010.

7. Prjanishnikov O. V. Visokofunkcional'ni betoni dlja zvedennja masivnih konstrukcij / Avtoref. dis. na zdob. nauk. stup. kand. tehn. nauk. – K., 2010. – 16 s.

8. Runova R. F. Shhodo pitannja pro dovgovichnih plastifikovanih betoniv na osnovi shlakovih cementiv / R. F. Runova, V. V. Trojan, I. I. Rudenko, I. O. Ivzhenko ta in. / Nauk.-tehn. zb. «Budivel'ni materiali, virobi ta sanitarna tehnika». – K. : DP «NDIBMV», 2011. – Vup. 39.

9. Tager A. A. Fiziko-himija polimerov. – M. : Himija, 1968. – 536 s.

10. Trojan V. V. Dobavki dlja betoniv i budivel'nih rozchiviv: navch. posib. – Nizhin : TOV «Vidavnictvo «Aspekt-Poligraf», 2010. – 228 s.

11. Shejnich L. O. Vpliv dobavki polietilenglikolju na vlastivosti betonu / L. O. Shejnich, D. S. Ionov // Nauk.-tehn. zb. «Budivel'ni materiali, virobi ta sanitarna tehnika». – K. : DP «NDIBMV», 2012. – Vup. 43. – S. 150 – 154.

12. Shejnich L. A. Processy samoorganizacii struktury stroitel'nyh kompozitov / L. A. Shejnich, E. K. Pushkareva. – K. : Gamma-print, 2009. – 153 s.

13. Aictin P. C. The art of science of high-performance concrete: materials Nelu Spiratos Symposium [“On Superplasticizers”] (Bucharest, Romania, June, 2003) / Aictin P.C. Bucharest, Romania, 2003. – P. 69 – 88.

14. Edward G. Fundamentals of high performabce cobcrete / Edward G., Nawy P. – Sec.Ed., Willy. – 2001. – 123 P.

15. Henrichen A. Concrete production plabts and practice: past, present and future trends: proceeding of the Intern. Conf. [“Creating with concrete”], (Dundee, Scotland, 1999) / A. Henrichen–Unitilizing ready-mixed concrete and mortar, University of Dundee, Scotland, UK, 1999. – P. 145 – 155.