

Исследование влияния комплексного модификатора на физико-механические свойства полистиролбетона

¹**РАХИМОВ Мурат Аманжолович**, к.т.н., доцент, m.rakhimov@kstu.kz,

¹**РАХИМОВА Галия Мухамедиевна**, к.т.н., доцент, g.rakhimova@kstu.kz,

²**ТКАЧ Евгения Владимировна**, д.т.н., профессор, ev_tkach@mail.ru,

^{1*}**МУДРЕНКО Виктория Вадимовна**, магистрант, vika-steep6@mail.ru,

¹Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

²НИУ «Московский государственный строительный университет», Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Приведены результаты разработки состава комплексной добавки, которая сочетает в себе пластифицирующее действие, ускорение твердения и уплотнения структуры бетона. В работе использовались стандартные методики и методы исследования для определения влияния добавки на физико-механические свойства полистиролбетона, такие как: прочность, теплопроводность и морозостойкость. Выполненные исследования позволили установить оптимальный состав комплексной химической добавки. Введение разрабатываемой добавки в состав полистиролбетонной смеси способствует увеличению предела прочности при сжатии в марочном возрасте на 30%, увеличению теплопроводности и морозостойкости на 20%. Проведенные исследования показали возможность использования комплексной химической добавки для повышения эксплуатационных свойств инженерных сооружений из полистиролбетонных блоков.

Ключевые слова: бетон, полистиролбетон, энергоэффективный материал, комплексный модификатор, химическая добавка, пластификатор, гидрофобизатор, ускоритель твердения, теплопроводность, морозостойкость, прочность.

Введение

Полистиролбетон – это эффективный и относительно недорогой конструкционный и теплоизоляционный материал, который имеет широкое применение в строительстве. В зависимости от состава такой бетон может быть использован в качестве тепло- и звукоизоляции либо как конструкционный материал.

За все время строительства зданий с энергоэффективными свойствами накопленный опыт показал самые экономные и высококачественные технические достоинства, которыми обладают полистиролбетонные блоки. Их себестоимость значительно ниже расценок на ячеистые блоки и на кирпичные стены с утеплителем [1].

Одной из крупных проблем в изготовлении полистиролбетонной смеси является расслаиваемость бетонной смеси в связи со слабым сцеплением цементного теста с поверхностью частиц пенополистирольного заполнителя. Это происходит из-за разной массы входящих в нее компонентов. Известно, что образование контакта между частицами осуществляется за счет

жидкости, которая смачивает поверхности этих частиц. Препятствием для образования прочной системы «цемент-пенополистирол-вода» служит гидрофобная поверхность пенополистирола. Вследствие чего возникает потребность в создании жидких пленок, увеличивающих сцепление данной системы [2,3].

В работах Н.В. Архинчевой, О.В. Журба освещалось решение данных проблем. В основном проблема решалась за счет использования различных химических добавок для повышения гидрофильности полистирола. Авторами также были изучены различные добавки для полистиролбетона, повышающие адгезию между гранулами полистирола и цементным тестом [4].

Наилучшим способом улучшения качества полистиролбетонной смеси является использование комплексных добавок. В настоящее время существует достаточное количество различных химических добавок, однако их высокая ценовая коэффициент сказывается на стоимости конечного продукта.

Результаты исследований

Ведущими учеными Московского государственного строительного университета и Карагандинского технического университета: Соловьевым В.И., Ткач Е.В., Байджановым Д.О., Имановым М.О., Серовой Р.Ф. было проведено множество работ по подбору составов и способов приготовления комплексных добавок для бетонов с использованием дешевых местных материалов и отходов промышленности.

Основываясь на анализе литературных источников, был сделан вывод, что большую перспективу имеют комплексные добавки. К таким добавкам можно отнести гидрофобно-пластифицирующие модификаторы. Их действие способно скорректировать расслаиваемость и подвижность бетонной смеси. Они также способны положительно влиять на свойства отвердевшего бетона, такие как: пористость, водопроницаемость, прочность, морозостойкость.

Задачей для получения высокоэффективного комплексного модификатора, служит рациональное использование отдельных компонентов добавки, имеющих свои особенности влияния на гидратацию цементной системы с целью достижения высоких многофункциональных эффектов [8].

После анализа научной литературы нами были проведены работы по подбору ингредиентов комплексной добавки. В разрабатываемый состав модификатора вошли: гидрофобизатор, пластификатор и ускоритель твердения. Выбор ингредиентов осуществлялся с учетом требований к добавкам (ГОСТ 24211 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические требования») [7].

В роли гидрофобизирующего ингредиента был применен soapstock растительных масел. Уменьшение водоцементного отношения (В/Ц) с данной гидрофобизирующей добавкой объясняется адсорбцией гидрофобизатора на поверхности зерен частиц твердой фазы и возникновением адсорбционных слоев, которые понижают поверхностное натяжение на границе раздела фаз, обеспечивают гидродинамическую смазку между частицами цемента и уменьшают трение и сцепление. Это способствует дефлокуляции частиц, вызывает перераспределение воды и, как правило, увеличивает текучесть цементно-бетонной смеси [8].

Гидрофобизатор негативно влияет на скорость

твердения бетона, поэтому для ускорения сроков схватывания в состав гидрофобно-пластифицирующего модификатора рационально добавление ускорителя твердения [5-6].

В нашем составе комплексной добавки мы использовали нитриткарбонатный отход, способный заполнять пустоты между частицами цемента и заполнителей. Данный компонент выступает как стабилизатор soapstock, который способствует активному отверждению жидких компонентов на поверхности минеральных частиц [10]. Данный ускоритель твердения при дозировках больше 1,5% массы цемента позволяет получить проектную прочность бетона через 1...3 суток [10].

В качестве пластификатора был использован суперпластификатор СП1, являющийся эффективным разжижителем бетонной смеси. Данная добавка сокращает количество воды затворения на 15-30%, количество цемента на 15-20% и позволяет увеличить прочностные характеристики бетона на 20% и более [9].

Таким образом, путем теоретических исследований в состав разрабатываемой комплексной добавки СПСНК были выбраны следующие компоненты: пластификатор – суперпластификатор СП1, гидрофобизатор – soapstock растительных масел, ускоритель твердения – нитриткарбонатный отход [11].

Процентное содержание компонентов разрабатываемой добавки основывается на методе математического планирования и работах ведущих ученых в области строительного материаловедения [7-11]. Состав разрабатываемого комплексного модификатора представлен в таблице 1.

Для приготовления комплексной добавки мы предлагаем использование способа ультразвуковой диспергации в течение 2-7 минут с помощью ультразвукового генератора УЗГ17-2,0 по следующей последовательности: в емкость генератора дозируют воду, затем soapstock растительных масел, производят перемешивание воздействием ультразвуковых колебаний, частотой 18,5...4,0 кГц, мощностью 5...10 Вт/см², в течение 1...5 минут, затем к полученной эмульсии добавляют суперпластификатор СП1 и нитриткарбонатный отход. Вторично производят воздействие ультразвуковыми колебаниями, при тех же параметрах, в течение 1...5 мин до получения устойчивой смеси [11].

Предполагается, что компоненты разрабатываемого модификатора будут регулировать свой-

Таблица 1 – Состав комплексного модификатора (СПСНК) рекомендованного для полистиролбетона

Компоненты разрабатываемого модификатора СПСНК	Массовая доля компонентов в составе бетона, %
Суперпластификатор СП1	0,2
Soapstock растительных масел	0,3
Нитриткарбонатный отход	0,8

ства полистиролбетонной смеси без ухудшения физико-механических свойств бетона.

Оценить действия разрабатываемого комплексного модификатора следует с помощью введения определенного количества добавки в полистиролбетонную смесь и исследования его влияния на физико-механические свойства бетона. Исследования проводились на базе лаборатории ТОО «Корпорация Сити» и инновационной лаборатории Карагандинского технического университета. Подбор состава и испытания полистиролбетона были подобраны с учетом требований ГОСТ 27006 [12]. Была проведена сравнительная характеристика свойств модифицированного полистиролбетона с эталонным полистиробетоном без добавки.

Исследование влияния комплексной добавки осуществлялись на смеси полистиролбетона, классифицированного по плотности от D600 до D800, со следующими соотношениями компонентов, мас. %:

Портландцемент	50,4-73,6
Пенополистирольный заполнитель	1,3-6,8
Комплексная добавка	0,05-1,3
Вода	Остальное

Состав смеси соответствует ГОСТ 27006-2019 «Бетоны. Правила подбора состава».

В качестве вяжущего вещества – портландцемент (АО «Central Asia Cement») марки М400 по ГОСТ 10178. Химический состав представлен в таблице 2.

В смеси используется пенополистирольный заполнитель, который представляет собой гранулы вспененного полистирола с фракциями 2,5-5 мм, насыпной плотностью 15 кг/м³ [13]. Также в качестве пенополистирольного заполнителя можно использовать измельченные отходы пенополистирольного теплоудерживающего материала, а отход пенопластовой промышленности и упаковочный пенопласт, в количестве 5-50% от общего объема заполнителя, причем указанные

измельченные отходы должны подвергаться дополнительной термообработке и вспениванию [13].

Вода для затворения и последующего твердения бетона, соответствующая требованиям ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов».

Результаты испытаний приведены в таблице 3.

Исходя из полученных данных следует, что разработанный модификатор способствует увеличению предела прочности при сжатии на 20-30%, увеличению теплопроводности и морозостойкости на 20%.

В процессе проведения испытаний было также выявлено положительное влияние на свойства полистиролбетонной смеси, а именно: значительное увеличение подвижности смеси и снижение времени расслоения более чем в 3 раза.

Данные исследования показали, что структура полистиролбетонных блоков с комплексным модификатором характеризуется более высокими физико-механическими показателями по сравнению с эталонным образцом. Это свидетельствует о том, что между выбранными компонентами добавки СПСНК отсутствует конкурирующее действие, однако это можно подтвердить лишь при более точном исследовании их совместимости между собой.

Заключение

В ходе проведенного исследования был осуществлен подбор состава полистиролбетона, на основе анализа различных составов комплексных модификаторов были подобраны компоненты и их дозировка. Экспериментально нам удалось подтвердить эффективность разработанной химической добавки СПСНК. Модификатор вводился в оптимальном количестве, с целью модифицирования поверхности пенополистирольных гранул и повышения адгезии в системе цемент – полистирол. Исходя из данных математического

Таблица 2 – Химический состав портландцемента

Завод-изготовитель	Марка цемента	Химический состав, мас. %					
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O	CaO	MgO	SO ₃
АО «Central Asia Cement» г. Караганда	400	19,70	6,24	4,42	65,78	1,48	2,3

Таблица 3 – Влияние комплексной добавки на физико-механические свойства полистиролбетона

№ п/п	Вид и содержание компонента добавки	Предел прочности при сжатии, МПа, сут				Морозостойкость, циклы	Коэффициент теплопроводности, Вт / (м·°С)
		1	3	7	28		
1	Контрольный образец (без добавки)	3,5	6,9	2,3	8,5	F150	0,115
2	СПСНК (0,2+0,3+0,8%)	5,3	4,6	1,8	5,6	F200	0,145

планирования было установлено, что оптимальный состав комплексной химической добавки СПСНК включает 0,2% СП1, 0,3% соапстока и 0,8% нитрит карбонатного отхода от массы цемента. Введение разработанной добавки в состав поли-

стиролбетонной смеси способствует увеличению предела прочности при сжатии на 20-30%, увеличению теплопроводности и морозостойкости на 20%. Это также указывает на то, что сопоставимость компонентов оправдана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соков В.Н. Конструирование комплексных паро-, тепло- и гидроизоляционных полистиролбетонов. М.: МГСУ, 2015. 200 с.
2. Ибрагимов А.М., Титунин А.А., Гнедина Л.Ю., Лабути А.Н. Полистиролбетон в промышленном и гражданском строительстве // Строительные материалы. 2016. № 10. С. 21-23.
3. Рахманов В.А. Теплоэффективные ограждающие конструкции зданий с использованием полистиролбетонов, разработанных Институтом «ВНИИЖЕЛЕЗОБЕТОН» // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 2. С. 9-18.
4. Журба О.В., Щукина Е.Г., Архинчеева Н.В. и др. Конструкционно-теплоизоляционный полистиролбетон на основе регенерированного сырья // Строительные материалы. – 2017. – № 3. – С. 50-52.
5. Зоткин А.Г. Суперпластификаторы в бетоне // Популярное бетоноведение. 2009. № 3. С. 65-68.
6. Добавки в бетон / В.С. Рамачандран [и др.]. М.: Стройиздат, 2017. 575 с.
7. Рахимова Г.М., Икишева А.О., Рахимов А.М. Аканов Ч.А. Использование ультрадисперсных отходов производства в составе полифункциональных комплексных добавок // VI Международная научно-практическая конференция «Перспективные вопросы мировой науки (г. София Болгария, 17-25 декабря 2018 г.)». София, 2018. С. 67-69.
8. Рахимов М.А., Рахимов А.М., Аканов Ч.Т. Выбор гидрофобизирующего компонента при приготовлении органоминеральной добавки // XI Республиканская научно-техническая конференция молодых ученых и студентов, посвященная 20-летию Независимости Республики Казахстан. «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана» 21-22 апреля 2017 г. Усть-Каменогорск, 2017. С. 9-10.
9. Янцен О.С., Рахимова Г.М., Рахимов А.М. Высокоэффективные модификаторы в технологии строительных материалов // Труды Международной научной конференции «Наука и образование-ведущий фактор стратегии Казахстан – 2030» (Сагеновские чтения № 3) 23-24 июня 2018 г. Часть V. Караганда, 2018. С. 375-377.
10. Байджанов Д.О., Рахимов М.А., Рахимова Г.М., Рахимов А.М. – Разработка состава и способа приготовления комплексной добавки полифункционального действия // Республиканский журнал «Труды университета». Караганда, 2018. № 1 (70). С. 66-69.
11. Ткач Е.В. Модификаторы в строительной технологии: Учеб. пособие / Е.В. Ткач; Карагандинский государственный университет. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2006. – 156 с.
12. ГОСТ 27006-2019 Бетоны. Правила подбора состава.
13. ГОСТ 301-05-202-92 Полистирол вспенивающийся. Технические условия.
14. ГОСТ 33929-2016 Полистиролбетон. Технические условия.

Кешенді модификатордың құрамын жасау және полистирол бетонның физика-механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеу

¹РАХИМОВ Мурат Аманжолович, т.ф.к., доцент, m.rakhimov@kstu.kz,

¹РАХИМОВА Галия Мухамедиевна, т.ф.к., доцент, g.rakhimova@kstu.kz,

²ТКАЧ Евгения Владимировна, т.ф.д., профессор, ev_tkach@mail.ru,

¹*МУДРЕНКО Виктория Вадимовна, магистрант, vika-steep6@mail.ru,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

²«Мәскеу мемлекеттік құрылыс университеті» ҰЗУ, Ресей, 129337, Мәскеу, Ярославль тас жолы, 26,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақалада кешенді қоспаның құрамын әзірлеу нәтижелері келтірілген, бетон құрамын қатайтуды және нығыздауды жеделдететін пластификациялаушы әсерді біріктіретін күрделі қоспаның құрамы әзірленеді. Жұмыста әзірленген қоспаның полистирол бетонның физикалық-механикалық қасиеттеріне әсерін анықтау үшін стандартты әдістер мен зерттеу әдістері қолданылды, мысалы: беріктік, жылу өткізгіштік және аязға төзімділік. Жүргізілген зерттеулер күрделі химиялық қоспаның оңтайлы құрамын құруға мүмкіндік берді. Жасалған қоспаны полистирол-бетон қоспасының құрамына енгізу маркалық қысу беріктігінің 30%-ға, жылу өткізгіштіктің және аязға төзімділіктің 20%-ға артуына ықпал етеді. Жүргізілген зерттеулер полистирол бетон блоктарынан жасалған инженерлік құрылымдардың пайдалану қасиеттерін жақсарту үшін күрделі химиялық қоспаны қолдану мүмкіндігін көрсетті.

Кілт сөздер: бетон, полистирол бетон, энергия үнемдейтін материал, күрделі модификатор, химиялық қоспа, пластификатор, суды репеллент, қатаю үдеткіші, жылу өткізгіштік, аязға төзімділік, беріктік.

Development of the Composition of a Complex Modifier and Study of the Effect on the Physical and Mechanical Properties of Polystyrene Concrete

¹**RAKHIMOV Murat**, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, m.rakhimov@kstu.kz,

¹**RAKHIMOVA Galia**, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, g.rakhimova@kstu.kz,

²**TKACH Evgenia**, Dr. of Tech. Sci., Professor, ev_tkach@mail.ru,

^{1*}**MUDRENKO Victoria**, master student, vika-steep6@mail.ru,

¹Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

²NRU «Moscow State University of Civil Engineering», Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl Highway, 26,

*corresponding author.

Abstract. Develops the composition of a complex additive that combines a plasticizing effect, accelerating hardening and compacting the concrete structure. In the work, standard methods and research methods were used to determine the effect of the developed additive on the physical and mechanical properties of polystyrene concrete, such as: strength, thermal conductivity and frost resistance. The performed studies allowed to establish the optimal composition of the complex chemical additive. The introduction of the developed additive into the composition of the polystyrene concrete mixture contributes to an increase in compressive strength at grade age by 30%, an increase in thermal conductivity and frost resistance by 20%. The conducted studies have shown the possibility of using a complex chemical additive to improve the performance properties of engineering structures made of polystyrene concrete blocks.

Keywords: concrete, polystyrene concrete, energy-efficient material, complex modifier, chemical additive, plasticizer, water repellent, hardening accelerator, thermal conductivity, frost resistance, strength.

REFERENCES

1. Sokov V.N. Konstruirovaniye kompleksnykh paro-, teplo- i gidroizoljacionnykh polistirolbetonov. Moscow: MGSU, 2015. 200 p.
2. Ibragimov A.M., Titulin A.A., Gnedina L.Ju., Labutin A.N. Polistirolbeton v promyshlennom i grazhdanskom stroitel'stve // Stroitel'nye materialy. 2016. No. 10. pp. 21-23.
3. Rahmanov V.A. Teplojeffektivnye ogradajushhie konstrukcii zdaniy s ispol'zovaniem polistirolbetonov, razrabotannykh Institutom «VNIIZhELEZOBETON» // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2017. No. 2. p. 9-18.
4. Zhurba O.V., Shhukina E.G., Arhincheeva N.V. i dr. Konstrukcionno-teploizoljacionnyj polistirolbeton na osnove regenerirovannogo syr'ja // Stroitel'nye materialy. – 2017. – No. 3. – pp. 50-52.
5. Zotkin A.G. Superplastifikatory v betone // Populjarnoe betonovedenie. 2009. No. 3. pp. 65-68.
6. Dobavki v beton / V.S. Ramachandran [i dr.]. Moscow: Strojizdat, 2017. 575 p.
7. Rahimova G.M., Ikisheva A.O., Rahimov A.M. Akanov Ch.A. Ispol'zovanie ul'tradispersnykh othodov proizvodstva v sostave polifunkcional'nykh kompleksnykh dobavok // VI Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Perspektivnye voprosy mirovoj nauki (g. Sofija Bolgarija, 17-25 dekabrja 2018 g.)». Sofija, 2018, pp. 67-69.
8. Rahimov M.A., Rahimov A.M., Akanov Ch.T. Vybór gidrofobizirujushhego komponenta pri prigotovlenii organomineral'noj dobavki // XI Respublikanskaja nauchno-tehnicheskaja konferencija molodykh uchenykh i studentov, posvjashhennaja 20-letiju Nezavisimosti Respubliki Kazahstan. «Tvorchestvo molodykh – innovacionnomu razvitiyu Kazahstana» 21-22 aprelja 2017 g. Ust'-Kamenogorsk, 2017, pp. 9-10.
9. Jancen O.S., Rahimova G.M., Rahimov A.M. Vysokoeffektivnye modifikatory v tehnologii stroitel'nykh materialov // Trudy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Nauka i obrazovanie-vedushhij faktor strategii Kazahstan – 2030» (Saginovskie chtenija no. 3) 23-24 ijunya 2018 g. Chast' V. Karaganda, 2018, pp. 375-377.
10. Bajdzhanov D.O., Rahimov M.A., Rahimova G.M., Rahimov A.M. Razrabotka sostava i sposoba prigotovlenija kompleksnoj dobavki polifunkcional'nogo dejstviya // Respublikanskij zhurnal «Trudy universiteta». Karaganda, 2018, no. 1 (70), pp. 66-69.
11. Tkach E.V. Modifikatory v stroitel'noj tehnologii: Ucheb. posobie/ E.V. Tkach; Karagandinskij gosudarstvennyj universitet. – Karaganda: Publ. KarGTU, 2006. – 156 p.
12. GOST 27006-2019 Betony. Pravila podbora sostava.
13. GOCT 301-05-202-92 Polistirol vspenivajushhijsja. Tehnicheskie uslovija.
14. GOST 33929-2016 Polistirolbeton. Tehnicheskie uslovija.