СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

УДК 691.17

С.В. Марков, Е.В. Завалишин*, А.В. Юнкевич**

ФГБОУ ВПО «МГСУ», *ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарева»,

**АО «ВНИИжелезобетон»

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА
ДЛЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Приведены результаты исследований свойств композитов на основе жидкого стекла в зависимости от их количественного и качественного состава. В исследованных композитах применяется различное содержание наполнителя, отвердителя, а также модифицирующие добавки, способствующие улучшению свойств материалов.

Ключевые слова: жидкое стекло, отвердитель, прочность, водостойкость, наполнитель.

Государственными программами развития строительного комплекса страны предусмотрено изучение свойств композитных материалов. Композитные материалы для строительных конструкций располагают определенными преимуществами. В развитии этого направления учеными нашей страны получены патенты на изобретения и полезные модели новых строительных материалов и конструкций [1—6].

Продолжены научные исследования в части определения деформационных характеристик бетонов и строительных конструкций из других материалов (дерево) и их предельных состояний с учетом силовых и средовых воздействий и деградационных ослаблений конструктивных элементов [7—11]. В настоящее время получили развитие исследования в области обследования и испытания зданий и сооружений, их технической эксплуатации, а для конструктивной надежности и долговечности зданий и сооружений предлагаются варианты расчета и усиления, в т.ч. и композитными материалами [12—21]. В иностранной литературе по данной проблематике можно привести [27—34].

Свойства композитов на основе жидкого стекла зависят от вида, качества составляющих в материале, их прочности, соотношения их прочностных свойств, адгезии между связующим и наполнителем и т.д.

Для исследования механических характеристик композитов на основе жидкого стекла нами проводились их испытания на прочность на растяжение при изгибе и на прочность при сжатии (кубиковая и призмная прочность). Варьируемыми факторами содержания составляющих в составах были: содержание отвердителя — кремнефтористого натрия, а также содержание наполнителя — кварцевого песка [23]. Результаты испытания приведены на рис. 1.

а

б

Рис. 1. Зависимости изменения прочности композитов на основе жидкого стекла от количественного содержания наполнителя

Результаты свидетельствуют о том, что наибольшими прочностными характеристиками обладают композиты с содержанием отвердителя 20 масс. ч на 100 масс. ч жидкого стекла на наполнителе из кварцевого песка с содержанием последнего в составах 150 масс. ч [24].

Распространенной характеристикой полимерсиликатных материалов, по которой верно можно судить об их свойствах, является водостойкость. Вода обладает высокой проникающей способностью, приводит к ослаблению и разрушению фрикционных, вандерваальсовых, водородных и гидролитически нестойких связей через катион металла [25, 26]. Для исследования водостойкости композитов на основе жидкого стекла были проведены испытания образцов материала. Изменяемыми параметрами были количественное содержание наполнителя, вид наполнителя, количественное содержание отвердителя, вид добавки. Результаты испытаний показали, что при действии воды все составы теряют свою прочность, становится отличным от контрольных значений и их массосодержание (рис. 2).

Содержание наполнителя в его количественном соотношении с другими составляющими материалов также влияет на водостойкость композитов на основе жидкого стекла. При действии воды у составов композитов также наблюдается снижение прочности. Наполнителем во всех составах служил кварцевый песок. По результатам измерения прочности на растяжение при изгибе можно сказать следующее: состав с наполнением 250 на 100 масс. ч вяжущего имеет самые большие потери прочности, состав с наполнением 150 масс. ч — наименьшие. Наибольшие потери прочности на сжатие наблюдались у композита с наполнением 125 на 100 масс. ч жидкого стекла, наименьшие — у композита с наполнением 250 масс. ч. Массосодержание композитов при действии воды также меняется (под действием воды образцы увеличиваются по массе в

первые 7 суток), а в последующие сутки образцы начинают растворяться в ней, после чего масса образцов стабилизируется (рис. 3). Наибольшим изменениям массы подвержены композиты с наполнением 125 и 150 масс. ч на 100 масс. ч вяжущего. Самые большие потери массы имеет композит с наполнением 200 масс. ч, а состав с наполнением 250 масс. ч после 28 суток экспозиции потерял (растворился в воде) почти 1 % массы.

а

б

Рис. 2. Зависимость изменения массового содержания композитов на основе жидкого стекла от вида наполнителя и длительности выдерживания в воде

Изучение свойств композитов на основе жидкого стекла с включением в их состав модифицированных добавок после погружения их в воду также показало изменение прочностных характеристик материалов [22]. Самые большие потери прочности на растяжение при изгибе имеют составы с добавками аммиачной селитры и перманганата калия. Наименьшие же потери прочности показали составы с добавками поташа и медного купороса. Наибольшие потери прочности на сжатие наблюдались у композита, модифицированного аммиачной селитрой, а наименьшие потери прочности на сжатие — у композита, модифицированного алюминиевой пудрой.

Рис. 3. Зависимость изменения массосодержания композитов на основе жидкого стекла от количественного содержания наполнителя и длительности выдерживания в воде

Массосодержание исследуемых композитов также меняется сначала в сторону увеличения (под действием воды образцы набухают в первые 7 суток экспозиции), а потом образцы растворяются в воде (вымываются компоненты материала), после чего масса образцов стабилизируется (рис. 4). Наибольшее увеличение массы произошло у состава с добавкой алюминиевой пудры. Наименьшее изменение массосодержания (в сторону увеличения) наблюдалось у состава с добавкой поташа. Состав с добавкой перманганата калия уже через 21 сутки экспозиции потерял 4,76 % массы, а через 28 суток — 8,33 %.

Рис. 4. Зависимости изменения массосодержания композитов на основе жидкого стекла от вида модифицирующей добавки и длительности выдерживания в воде

Рис. 4. Зависимости изменения массосодержания композитов на основе жидкого стекла от вида модифицирующей добавки и длительности выдерживания в воде

Библиографический список

1. Пат. 2491239 РФ, МПК C04B 7/52. Биоцидный портландцемент / В.Т. Ерофеев, В.И. Травуш, Н.И. Карпенко, Ю.М. Баженов, В.Ф. Жидкин, А.И. Родин, В.И. Римшин, В.Ф. Смирнов, А.Д. Богатов, С.В. Казначеев, М.А. Родина ; патентообладатель ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарева». Заявка № 2012107175/03 ; заявл. 27.02.2012; опубл. 27.08.2013. Бюл. № 24. 4 с.
2. Пат. 2491240 РФ, МПК C04B 7/52. Биоцидный портландцемент / В.Т. Ерофеев, В.И. Римшин, Ю.М. Баженов, В.И. Травуш, Н.И. Карпенко, У.Х. Магдеев, В.Ф. Жидкин, Н.Ф. Бурнайкин, А.И. Родин, В.Ф. Смирнов, А.Д. Богатов, С.В. Казначеев ; патентообладатель ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарева». Заявка № 2012107722/03; заявл. 29.02.2012; опубл. 27.08.2013. Бюл. № 24. 4 с.
3. Пат. 2496729 РФ, МПК C04B. Портландцемент / В.Т. Ерофеев, В.И. Римшин, Ю.М. Баженов, У.Х. Магдеев, В.Ф. Жидкин, Н.Ф. Бурнайкин, А.И. Родин, А.Д. Богатов, С.В. Казначеев, М.А. Родина ; патентообладатель ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарева». Заявка № 2012107720 ; заявл. 29.02.2012 ; опубл. 27.10.2013 // Банк патентов. Режим доступа: <http://bankpatentov.ru/node/426361>. Дата обращения: 15.05.2015.
4. Пат. 2496728 РФ, МПК C04B. Портландцемент / В.Т. Ерофеев, Ю.М. Баженов, У.Х. Магдеев, В.Ф. Жидкин, А.И. Родин, В.И. Римшин, А.Д. Богатов, Н.Ф. Бурнайкин, С.В. Казначеев, М.А. Родина ; патентообладатель ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарева». Заявка № 2012107174 ; заявл. 27.02.2012 ; опубл. 27.10.2013 // Банк патентов. Режим доступа: <http://bankpatentov.ru/node/426360>. Дата обращения: 15.05.2015.
5. Патент РФ на полезную модель 147740. Несъемная стеновая опалубка / С.М. Анпилов, М.М. Гайнулин., В.А. Ерышев, В.Г. Мурашкин, Г.В. Мурашкин, М.С. Анпилов, В.И. Римшин, А.Н. Сорочайкин. Опубл. 08.07.2014 // Полезная модель. ру. Режим доступа: <http://poleznayamodel.ru/model/14/147740.html/>. Дата обращения: 15.05.2015.
6. Патент РФ на полезную модель 147452. Сборный строительный элемент : реферат / С.М. Анпилов, В.А. Ерышев, М.М. Гайнулин, В.Г. Мурашкин, Г.В. Мурашкин, М.С. Анпилов, В.И. Римшин, А.Н. Сорочайкин. Опубл. 08.07.2014 // Полезная Модель.ру. Режим доступа: <http://poleznayamodel.ru/model/14/147452.html/>. Дата обращения: 15.05.2015.
7. Бондаренко В.М., Римшин В.И. Квазилинейные уравнения силового сопротивления и диаграмма σ – ϵ бетона // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2014. № 6. С. 40—44.

8. Бондаренко В.М., Курзанов А.М., Римшин В.И. Механизм сейсмических разрушений зданий // Вестник Российской академии наук. 2000. Т. 70. № 11. С. 1005—1009.
9. Бондаренко В.М., Римшин В.И. Остаточный ресурс силового сопротивления поврежденного железобетона // Вестник отделения строительных наук Российской академии архитектуры и строительных наук. 2005. № 9. С. 119—126.
10. Кришан А.Л., Астафьева М.А., Наркевич М.Ю., Римшин В.И. Определение деформационных характеристик бетона // Естественные и технические науки. 2014. № 9—10 (77). С. 367—369.
11. Кришан А.Л., Астафьева М.А., Римшин В.И. Предельные относительные деформации центрально-сжатых железобетонных элементов // Естественные и технические науки. 2014. № 9—10 (77). С. 370—372.
12. Курбатов В.Л., Римшин В.И. Практическое пособие инженера-строителя / под ред. В.И. Римшина. М. : Студент, 2012. 743 с.
13. Ларионов Е.А., Римшин В.И., Василькова Н.Т. Энергетический метод оценки устойчивости сжатых железобетонных элементов // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2012. № 2. С. а77—81.
14. Рощина С.И., Римшин В.И. Расчет деформаций изгибаемых армированных деревянных элементов с учетом ползучести // Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. № 1 (34). С. 121—124.
15. Римшин В.И., Бикбов Р.Х., Кустикова Ю.О. Некоторые элементы усиления строительных конструкций композитными материалами // Вестник БелГТУ. 2005. № 10. С. 381—383.
16. Римшин В.И., Кустикова Ю.О. Феноменологические исследования величины сцепления базальтопластиковой арматуры с бетоном // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2011. № 1. С. 27—31.
17. Римшин В.И., Кустикова Ю.О. Механика деформирования и разрушения усиленных железобетонных конструкций // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. 2007. № 3/15 (537). С. 53—56.
18. ВСН 53-86(р). Правило оценки физического износа жилых зданий. М. : Госгражданстрой, 1988. 50 с.
19. Римшин В.И., Шубин Л.И., Савко А.В. Ресурс силового сопротивления железобетонных конструкций инженерных сооружений // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 483—491.
20. Римшин В.И., Галубка А.И., Синютин А.В. Инженерный метод расчета усиления железобетонных плит покрытия композитной арматурой // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 3. С. 218—220.
21. Теличенко В.И., Римшин В.И. Критические технологии в строительстве // Вестник Отделения строительных наук РААСН. 1998. № 4. С. 16—18.
22. Ерофеев В.Т., Баженев Ю.М., Завалишин Е.В., Богатов А.Д., Астахов А.М., Коротаев С.А., Никитин Л.В. Силикатные и полимерсиликатные композиты каркасной структуры роликового формования. М. : Изд-во АСВ, 2009. 160 с.
23. Завалишин Е.В. Биологическое сопротивление композитов на основе жидкого стекла : автореферат дисс. ... канд. техн. наук. Пенза, 2002. 18 с.
24. Завалишин Е.В., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф. Биологическое сопротивление композитов на основе жидкого стекла // Биоповреждения и биокоррозия в строительстве : материалы II Междунар. науч.-техн. конф. Саранск, 2004. С. 156—159.
25. Перлин С.М., Макаров В.Г. Химическое сопротивление стеклопластиков. М. : Химия, 1983. 184 с.
26. Хрулев В.М. Полимерсиликатные композиции в строительстве. Уфа : ТАУ, 2002. 76 с.
27. Rimshin V.I., Larionov E.A., Erofeyev V.T., Kurbatov V.L. Vibrocreep of concrete with a nonuniform stress state // Life Science Journal. 2014. Vol. 11. No. 11. Pp. 278—280.

28. *Awaya H., Kajiyama H., Oda N.* Suppression of the Corrosive Properties of Calcium Chloride. Japan. 78, 13179. May 08.78; Chem Abstr., 89, 116866.
29. *Christophliemk P.* Herstellung, Struktur und Chemietechnisch wichtiger Alkalisilicate = Fabrication, structure et chimie des silicates alcalins techniques importants Preparation, structure and chemistry of commercially important alkali silicates // *Glastechnische Berichte*. 1985. Vol. 58. No. 11. Pp. 308—314.
30. *Csutor J.* Gravitacios betonsöverk guartasa hendelessel // *Epítőanyag*. 1973. No. 11. Pp. 423—431.
31. *Friedemann W.* Anwendungsvielfalt des Rohstoffes Wasserglas = Multiplicité d'emploi du verre soluble commématiè repremière The multiple uses of soluble silicates as raw materials // *Glasstechn. Ber.* 1985. Vol. 58. No. 11. Pp. 315—319.
32. *Vail J.G.* Soluble Silicates (ACS Monograph Series). Reinhold, New York, 1952. Vol. 1. P. 158; Vol. 2. P. 549.
33. *Weldes H.H., Lange K.R.* Properties of soluble silicates // *Ind. Eng. Chem.* 1969. Vol. 61. No. 4. Pp. 29—44.
34. *Williamson G., Glasser F.P.* The crystallization of $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$ // *Phys. Chem. Glasses*. 1966. Vol. 7. No. 4. Pp. 127—128.

Поступила в редакцию в мае 2015 г.

Об авторах: **Марков Сергей Витальевич** — кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры жилищно-коммунального комплекса, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8 (495) 971-19-00, kafedraGKK@mgsu.ru;

Завалишин Евгений Васильевич — кандидат технических наук, доцент, заместитель декана факультета строительства и архитектуры, **Мордовский государственный университет им Н.П. Огарева (ФГБОУ ВПО «МГУ им Н.П. Огарева»)**, 430005, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68, evaz@mail.ru;

Юнкевич Алексей Владимирович — инженер, **Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт «АО «ВНИИжелезобетон» (АО «ВНИИжелезобетон»)**, 111141, г. Москва, 2-я Владимирская ул., д. 62 А, A.Yunkevich@unicongroup.ru.

Для цитирования: *Марков С.В., Завалишин Е.В., Юнкевич А.В.* Физико-механические свойства композитов на основе жидкого стекла для зданий и сооружений // Вестник МГСУ. 2015. № 7. С. 69—78.

S.V. Markov, E.V. Zavalishin, A.V. Yunkevich

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITES BASED ON LIQUID GLASS FOR BUILDINGS AND STRUCTURES

Composite materials for building structures have certain advantages. In this field Russian scientists got patents for inventions and useful models of new construction materials and structures. Scientific investigations on determining deformation capacity of concretes and building structures of other materials (wood) and their limit states are continuing with account for force and environment impacts and degradation weakening of construction elements.

The article presents the study of physical and mechanical properties of composites based on liquid glass, depending on their quantitative and qualitative composition. The properties of the composites based on liquid glass depend on the type, quality of the composites in the material, their durability, correlation of their strength properties, adhesion of binders and filler, etc.

In the studied composites different filler content, hardener, as well as modifying additives were used, that improve the properties of materials.

Key words: liquid glass, hardener, strength, water resistance, filler.

References

1. Erofeev V.T., Travush V.I., Karpenko N.I., Bazhenov Yu.M., Zhidkin V.F., Rodin A.I., Rimshin V.I., Smirnov V.F., Bogatov A.D., Kaznacheev S.V., Rodina M.A. *Patent 2491239 RF, MPK C04B 7/52. Biotsidnyy portlandtsement. Zayavka № 2012107175/03 ; zayavl. 27.02.2012; opubl. 27.08.2013. Byul. № 24* [Russian Patent 2491239 RF, MPK C04B 7/52. Biocide Portland Cement. Notice no. 2012107175/03 ; appl. 27.02.2012; publ. 27.08.2013. Bulletin no. 24]. Patent holder FGBOU VPO "MGU im. N.P. Ogareva". 4 p. (In Russian)
2. Erofeev V.T., Rimshin V.I., Bazhenov Yu.M., Travush V.I., Karpenko N.I., Magdeev U.Kh., Zhidkin V.F., Burnaykin N.F., Rodin A.I., Smirnov V.F., Bogatov A.D., Kaznacheev S.V. *Patent 2491240 RF, MPK C04B 7/52. Biotsidnyy portlandtsement. Zayavka № 2012107722/03; zayavl. 29.02.2012; opubl. 27.08.2013. Byul. № 24* [Russian Patent 2491240 RF, MPK C04B 7/52. Biocide Portland Cement. Notice no. 2012107722/03; appl. 29.02.2012; publ. 27.08.2013. Bulletin no. 24]. Patent holder FGBOU VPO "MGU im. N.P. Ogareva". 4 p. (In Russian)
3. Erofeev V.T., Rimshin V.I., Bazhenov Yu.M., Magdeev U.Kh., Zhidkin V.F., Burnaykin N.F., Rodin A.I., Bogatov A.D., Kaznacheev S.V., Rodina M.A. *Patent 2496729 RF, MPK C04B. Portlandtsement. Zayavka № 2012107720 ; zayavl. 29.02.2012 ; opubl. 27.10.2013* [Russian Patent 2496729 RF, MPK C04B. Portland Cement. Notice no. 2012107720 ; appl. 29.02.2012 ; publ. 27.10.2013]. *Bank patentov* [Bank of Patents]. Patent holder FGBOU VPO "MGU im. N.P. Ogareva". Available at: <http://bankpatentov.ru/node/426361>. Date of access: 15.05.2015. (In Russian)
4. Erofeev V.T., Bazhenov Yu.M., Magdeev U.Kh., Zhidkin V.F., Rodin A.I., Rimshin V.I., Bogatov A.D., Burnaykin N.F., Kaznacheev S.V., Rodina M.A. *Patent 2496728 RF, MPK C04B. Portlandtsement. Zayavka № 2012107174 ; zayavl. 27.02.2012 ; opubl. 27.10.2013* [Russian Patent no. 2496728 RF, MPK C04B. Portland Cement. Notice no. 2012107174 ; appl. 27.02.2012 ; publ. 27.10.2013]. *Bank patentov* [Bank of Patents]. Patent holder FGBOU VPO "MGU im. N.P. Ogareva". Available at: <http://bankpatentov.ru/node/426360>. Date of access: 15.05.2015. (In Russian)
5. Anpilov S.M., Gaynulin M.M., Eryshev V.A., Murashkin V.G., Murashkin G.V., Anpilov M.S., Rimshin V.I., Sorochaykin A.N. *Patent RF na poleznuyu model' 147740. Nes'emnaya stenovaya opalubka. Opubl. 08.07.2014* [Russian Useful Model Patent 147740. Permanent Wall Form. Publ. 08.07.2014]. *Poleznaya model'.ru* [Useful Model.ru]. Available at: <http://poleznayamodel.ru/model/14/147740.html/>. Date of access: 15.05.2015. (In Russian)
6. Anpilov S.M., Eryshev V.A., Gaynulin M.M., Murashkin V.G., Murashkin G.V., Anpilov M.S., Rimshin V.I., Sorochaykin A.N. *Patent RF na poleznuyu model' 147452. Sbornyy stroitel'nyy element : referat. Opubl. 08.07.2014* [Russian Useful Model Patent 147452. Ready-made Building Element : Report. Publ. 08.07.2014]. *Poleznaya model'.ru* [Useful Model.ru]. Available at: <http://poleznayamodel.ru/model/14/147452.html/>. Date of access: 15.05.2015. (In Russian)
7. Bondarenko V.M., Rimshin V.I. *Kvazilineynye uravneniya silovogo soprotivleniya i diagramma σ - ϵ betona* [Quasilinear Equations of Force Resistance and Diagram of σ - ϵ Concrete]. *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruksiy i sooruzheniy* [Structural Mechanics of Engineering Structures and Constructions]. 2014, no. 6, pp. 40—44. (In Russian)
8. Bondarenko V.M., Kurzanov A.M., Rimshin V.I. *Mekhanizm seysmicheskikh razrusheniy zdaniy* [Mechanism of Seismic Destruction of Buildings]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences]. 2000, vol. 70, no. 11, pp. 1005—1009. (In Russian)
9. Bondarenko V.M., Rimshin V.I. *Ostatochnyy resurs silovogo soprotivleniya povrezhdennogo zhelezobetona* [Residual Life of Force Resistance of Damaged Reinforced Concrete]. *Vestnik otdeleniya stroitel'nykh nauk Rossiyskoy akademii arkhitektury i stroitel'nykh nauk* [Bulletin of the Department of Construction Sciences of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences]. 2005, no. 9, pp. 119—126. (In Russian)
10. Krishan A.L., Astaf'eva M.A., Narkevich M.Yu., Rimshin V.I. *Opreделение deformatsionnykh kharakteristik betona* [Definition of the Deformation Properties of Concrete]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and Technical Sciences]. 2014, no. 9—10 (77), pp. 367—369. (In Russian)

11. Krishan A.L., Astaf'eva M.A., Rimshin V.I. Predel'nye odnositel'nye deformatsii tsentral'no-szhatykh zhelezobetonnykh elementov [Limit Relative Deformations of Axially Loaded Reinforced Concrete Elements]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and Technical Sciences]. 2014, no. 9—10 (77), pp. 370—372. (In Russian)
12. Kurbatov V.L., Rimshin V.I. *Prakticheskoe posobie inzhenera-stroitel'ya* [Practical Guide of Civil Engineer]. Moscow, Student Publ., 2012, 743 p. (In Russian)
13. Larionov E.A., Rimshin V.I., Vasil'kova N.T. Energeticheskiy metod otsenki ustoychivosti szhatykh zhelezobetonnykh elementov [Energy Method of Estimating the Resistance of Compressed Reinforced Concrete Elements]. *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruktsey i sooruzheniy* [Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings]. 2012, no. 2, pp. a77—81. (In Russian)
14. Roshchina S.I., Rimshin V.I. Raschet deformatsiy izgibaemykh armirovannykh derevyannykh elementov s uchetom polzuchesti [Deformation Calculation of Bendable Reinforced Wooden Elements with Account for Creep]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta* [News of Southwest State University]. 2011, no. 1 (34), pp. 121—124. (In Russian)
15. Rimshin V.I., Bikbov R.Kh., Kustikova Yu.O. Nekotorye elementy usileniya stroitel'nykh konstruktsey kompozitnymi materialami [Some Elements of Building Structures Reinforcement with Composite Materials]. *Vestnik BelGTU* [Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov]. 2005, no. 10, pp. 381—383. (In Russian)
16. Rimshin V.I., Kustikova Yu.O. Fenomenologicheskie issledovaniya velichiny stsepleniya bazal'toplastikovoy armatury s betonom [Phenomenological Analysis of Linkage Value of Basalt-Plastic Reinforcement with Concrete]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii* [News of Southwest State University. Series: Equipment and Technologies]. 2011, no. 1, pp. 27—31. (In Russian)
17. Rimshin V.I., Kustikova Yu.O. Mekhanika deformirovaniya i razrusheniya usilennykh zhelezobetonnykh konstruktsey [Mechanics of Deformation and Destruction of Reinforced Concrete Structures]. *Izvestiya Orlovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i transport* [News of Orlov State Technical University. Series: Construction and Transport]. 2007, no. 3/15 (537), pp. 53—56. (In Russian)
18. VSN 53-86(r). *Pravilo otsenki fizicheskogo iznosa zhilykh zdaniy* [Construction Norms VSN 53-86(r). Rules of Estimating the Physical Wear of Residential Buildings]. Moscow, Gosgrazhdanstroy Publ., 1988, 50 p. (In Russian)
19. Rimshin V.I., Shubin L.I., Savko A.V. Resurs silovogo soprotivleniya zhelezobetonnykh konstruktsey inzhenernykh sooruzheniy [Life of Force Resistance of Reinforced Concrete Structures of Engineering Constructions]. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and Construction]. 2009, no. 5, pp. 483—491. (In Russian)
20. Rimshin V.I., Galubka A.I., Sinyutin A.V. Inzhenernyy metod rascheta usileniya zhelezobetonnykh plit pokrytiya kompozitnoy armaturoy [Engineering Calculation Method of Concrete Slab Reinforcement by Composite Reinforcement]. *Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Povolzh'ya* [Scientific and Technical Volga region Bulletin]. 2014, no. 3, pp. 218—220. (In Russian)
21. Telichenko V.I., Rimshin V.I. Kriticheskie tekhnologii v stroitel'stve [Critical Technologies in Construction]. *Vestnik Otdeleniya stroitel'nykh nauk RAASN* [Bulletin of the Department of Construction Sciences of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences]. 1998, no. 4, pp. 16—18. (In Russian)
22. Erofeev V.T., Bazhenov Yu.M., Zavalishin E.V., Bogatov A.D., Astashov A.M., Korotaev S.A., Nikitin L.V. *Silikatnye i polimersilikatnye kompozity karkasnoy struktury rolkovogo formovaniya* [Silicate and Polymer-silicate Composites of the Frame Structure of Roller Forming]. Moscow, ASV Publ., 2009, 160 p. (In Russian)
23. Zavalishin E.V. *Biologicheskoe soprotivlenie kompozitov na osnove zhidkogo stekla : avtoreferat dissertatsii ... kandidata tekhnicheskikh nauk* [Biological Resistance of the Composites Based on Liquid Glass : Author's Thesis of Candidate of Technical Sciences]. Penza, 2002, 18 p. (In Russian)
24. Zavalishin E.V., Erofeev V.T., Smirnov V.F. Biologicheskoe soprotivlenie kompozitov na osnove zhidkogo stekla [Biological Resistance of the Composites Based on Liquid Glass]. *Biopovrezhdeniya i biokorroziya v stroitel'stve : materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Biodeteriorations and Biocorrosion in Construction : Materials of the 2nd International Science and Technical Conference]. Saransk, 2004, pp. 156—159. (In Russian)
25. Perlin S.M., Makarov V.G. *Khimicheskoe soprotivlenie stekloplastikov* [Chemical Resistance of Fiberglass]. Moscow, Khimiya Publ., 1983, 184 p. (In Russian)
26. Khrulev V.M. *Polimersilikatnye kompozitsii v stroitel'stve* [Polymer-silicate Compositions in Construction]. Ufa, TAU Publ., 2002, 76 p. (In Russian)

27. Rimshin V.I., Larionov E.A., Erofeyev V.T., Kurbatov V.L. Vibrocreep of Concrete with a Nonuniform Stress State. *Life Science Journal*. 2014, vol. 11, no. 11, pp. 278—280.
28. Awaya H., Kajiyama H., Oda N. Suppression of the Corrosive Properties of Calcium Chloride. *Japan*. 78, 13179. May 08.78; *Chem Abstr.*, 89, 116866.
29. Christophliemk P. Herstellung, Struktur und Chemietechnisch wichtiger Alkalisilicate. *Glastechnische Berichte*. 1985, vol. 58, no. 11, pp. 308—314.
30. Csutor J. Gravitacios betonsöwerk guartasa hendelessel. *Epitőanyag*. 1973, no. 11, pp. 423—431.
31. Friedemann W. Anwendungsvielfalt des Rohstoffes Wasserglas. *Glastechnische Berichte*. 1985, vol. 58, no. 11, pp. 315—319.
32. Vail J.G. Soluble Silicates (ACS Monograph Series). Reinhold, New York, 1952, vol. 1, pp. 158; Vol. 2, p. 549.
33. Weldes H.H., Lange K.R. Properties of Soluble Silicates. *Ind. Eng. Chem.* 1969, vol. 61, no. 4, pp. 29—44. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/ie50712a008>.
34. Williamson G., Glasser F.P. The Crystallization of $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$. *Phys. Chem. Glasses*. 1966, vol. 7, no. 4, pp. 127—128.

About the authors: **Markov Sergey Vital'evich** — Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Housing and Utility Complex, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; 8 (495) 971-19-00, kafedraGKK@mgsu.ru;

Zavalishin Evgeniy Vasil'evich — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, vice dean, Department of Construction and Architecture, **Ogarev Mordovia State University**, 68 Bolshevistskaya Str., Saransk, 430005, Republic of Mordovia, Russian Federation; evaz@mail.ru;

Yunkevich Aleksey Vladimirovich — engineer, **Research Design-and-engineering and Technological Institute (JC "VNIizhelezbeton")**, 62 A 2-ya Vladimirskaia str., Moscow, 111141, Russian Federation; A.Yunkevich@unicongroup.ru.

For citation: Markov S.V., Zavalishin E.V., Yunkevich A.V. Fiziko-mekhanicheskie svoystva kompozitov na osnove zhidkogo stekla dlya zdaniy i sooruzheniy [Physical and Mechanical Properties of Composites Based on Liquid Glass for Buildings and Structures]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015, no. 7, pp. 69—78. (In Russian)