

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 005.6:691.328.4, 666.974, 693.542.4, 693.554-486

*КУДЯКОВ ВИТАЛИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, канд. экон. наук, доцент,
smk@tsuab.ru*

*КУДЯКОВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ, докт. техн. наук, профессор,
kudyakow@mail.tomsknet.ru*

*ЛУКЬЯНЧИКОВ СЕРГЕЙ АЛЬБЕРТОВИЧ, канд. техн. наук, доцент,
tisi2004@yandex.ru*

*КУДЯКОВ КОНСТАНТИН ЛЬВОВИЧ, аспирант,
konst_k@mail.ru*

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2*

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПРОИЗВОДСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ БЕТОНОВ

Рассмотрены проблемы низкой стабильности прочностных характеристик фибробетонов. На основе анализа международного и отечественного опыта решения этой проблемы разработана авторская методика управления качеством бетона. Предложены алгоритмы повышения уровня и стабильности прочностных характеристик модифицированного бетона за счет минимизации рисков, оказывающих влияние на качество: выбор и подготовка исходного сырья, соотношение компонентов, технология приготовления бетонной смеси. В ходе проведенных экспериментальных исследований установлен оптимальный состав и разработана совокупность технологических приемов изготовления базальтофибробетона, которые обеспечивают повышение прочности при сжатии до 51,2 % и растяжении до 28,8 % при высокой стабильности показателей прочности.

Ключевые слова: управление качеством; инструменты менеджмента; ГОСТ Р ISO 9001–2015; технология производства; дисперсное армирование; базальтовая фибра; суперпластификатор; фибробетон; прочность; однородность; стабильность.

*VITALII A. KUDYAKOV, PhD, A/Professor,
smk@tsuab.ru*

*ALEKSANDR I. KUDYAKOV, DSc, Professor,
kudyakow@mail.tomsknet.ru*

*SERGEI A. LUK"YANCHIKOV, PhD, A/Professor,
tisi2004@yandex.ru*

*KONSTANTIN L. KUDYAKOV, Research Assistant,
konst_k@mail.ru*

*Tomsk State University of Architecture and Building,
2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia*

INDUSTRIAL PROCESS CONTROL IN MODIFIED CONCRETE TECHNOLOGY

The paper deals with low stability of strength properties of fiber-reinforced concrete. Based on the Russian and foreign experience in solving this problem, the original methodology is proposed for the quality management in concretes. Algorithms are designed for increasing the strength properties and stability of modified concrete due to minimization of quality-affecting risks, namely: the choice and preparation of raw materials, component ratio, and concrete mix technology. Experiments show that the optimum concrete mix composition for basalt-fibred concrete is 51.2 % at compressive strength and 28.8 % at high-stability strength.

Keywords: quality management; management tools; ISO 9001–2015; production method; fiber reinforcement; basalt fiber; superplasticizer; fiber-reinforced concrete; homogeneity; stability.

При многообразии архитектурно-строительных решений и объектов строительства, форм и видов конструкций, внешнего воздействия окружающей среды возведение зданий с высокой эксплуатационной надежностью возможно только с применением инновационных технологий, а также эффективных строительных материалов с высоким уровнем и стабильностью качества.

В стоимости строительства доля строительных материалов и конструкций составляет более 50 %. Производство и использование эффективных строительных материалов с низкой стоимостью и малой энергоемкостью позволяет существенно сократить затраты на строительство и эксплуатацию при улучшении потребительских характеристик возводимых объектов. Это положительно отражается на конкурентной способности продукции, ресурсо- и энергосбережении в строительстве и качестве жизни населения [1–3].

В рамках проведенной нами работы исследовались инструменты повышения уровня и стабильности качества одного из ключевых материалов в строительстве – цементного бетона. Бетонная смесь используется для изготовления железобетонных изделий и конструкций в заводских условиях, а также на строительной площадке. На качество бетона и конструкций из него оказывает влияние большое количество факторов, многие из которых являются трудноуправляемыми в производственных условиях, что вызывает риски снижения уровня и стабильности свойств готовой продукции. В современных технологиях бетонов существенно увеличивается количество управляемых факторов [4–6]. Для повышения качества цементного бетона внедряются научно обоснованные технологические приемы на всех этапах жизненного цикла продукции, а именно на стадии подготовки компонентов (воды, цемента, заполнителя, цементной суспензии), приготовления смеси (смешивания компонентов) или твердения бетона. При этом используются способы активации и модификации компонентов или бетонной смеси механическими, физи-

ческими, химическими, электрохимическими или тепловыми методами [6, 7]. Широкое распространение получили способы модификации бетонной смеси различными добавками: химическими (пластифицирующие, регулирующие скорость твердения или величину усадочных деформаций и т. д.), дисперсными или волокнистыми (минеральные, органические, стальные) [8, 9]. Для повышения механических и эксплуатационных характеристик цементного бетона в смесь вводят волокна, которые в процессе перемешивания равномерно распределяются по объему, армируя его структуру. Эту разновидность цементного бетона называют фибробетон (дисперсно-армированный бетон). По данным зарубежных и отечественных исследователей при приготовлении фибробетонной смеси возникают большие сложности в обеспечении равномерного распределения волокон в объеме, что приводит к формированию неоднородной структуры, разбросу прочностных характеристик фибробетона и снижению класса бетона [10–14].

Цель работы – разработать научно обоснованные технологические приемы приготовления фибробетона с базальтовыми волокнами и пластифицирующими добавками с повышенным уровнем и стабильностью прочностных характеристик с использованием инструментов менеджмента качества.

Работа выполнялась по комплексному проекту № 02.G25.310022 с Минобрнауки России и №109-12/НИОКТР с ОАО «Томский ЗКПД».

Для эффективного управления процессом структурообразования цементных строительных смесей с волокнистыми добавками рекомендуется использовать системный подход, а именно инструменты международного (национального) стандарта ГОСТ Р ИСО 9001–2015 или электронного моделирования жизненного цикла продукции (ВМ-технологии) в производстве фибробетона с заданными свойствами.

Инструменты менеджмента качества по ГОСТ Р ИСО 9001–2015 используются для обеспечения стабильности заданных характеристик готовой продукции¹ и за счет этого повышения эффективности деятельности организации. Необходимость использования принципов менеджмента качества в строительном производстве обосновано повышенными требованиями к надежности конструкций из фибробетона, влияющей на безопасность при строительстве и эксплуатации зданий, а также необходимостью использования параметра класса бетона по прочности на сжатие или растяжение, учитывающего неоднородность параметра прочности при расчете железобетонных конструкций по современным методикам [14, 15].

Нами предлагается при научном обосновании и разработке совокупности технологических процессов изготовления дисперсно-армированных бетонов для железобетонных конструкций с повышенными прочностными показателями и их стабильностью (классом бетона) особое внимание уделять анализу рисков и разработке мероприятий по их предотвращению [16–18].

Строительная организации может улучшить результаты своей деятельности и обеспечить прочную основу для устойчивого развития за счет реализации следующих требований ГОСТ Р ИСО 9001–2015:

¹ ГОСТ Р ИСО 9001–2015. Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартинформ.

1) способности продемонстрировать соответствие и стабильно предоставлять продукцию, удовлетворяющую требованиям потребителей, законодательным и нормативным документам;

2) предотвращения рисков при обеспечении возможностей повышения удовлетворенности потребителей с учетом выполнения требований окружающей среды и целей организации.

Методологической основой стандарта является процессный подход, включающий цикл PDCA (Планируй – Делай – Проверь – Действуй) и риск-ориентированное мышление. При реализации цикла PDCA процессы производства изделий из модифицированного бетона обеспечиваются необходимыми качественными ресурсами, реализуются возможности для их улучшения с использованием инструментов менеджмента [15, 19, 20]. Риск-ориентированное мышление позволяет организации определять факторы, которые могут привести к отклонению от запланированных результатов процессов, а также использовать предупреждающие средства управления для минимизации негативных последствий и максимального использования возникающих возможностей. Повышение уровня и стабильности качества обеспечивается эффективным управлением процессами на всех этапах жизненного цикла фибробетона, для этого необходимо [20, 21]:

– установить требования потребителя, законодательных и нормативных документов к изготавливаемой продукции;

– спланировать последовательность процессов жизненного цикла продукции, определить и проранжировать риски для их уменьшения при достижении намеченных результатов;

– обеспечить ресурсами (материальными и человеческими) для функционирования процессов;

– обеспечить деятельность на всех стадиях жизненного цикла продукции;

– провести измерение, анализ и оценку характеристик продукции, процессов удовлетворенности потребителей;

– осуществить корректирующие мероприятия по выявленным несоответствиям для улучшения качества фибробетонов.

На качество фибробетонов существенное влияние оказывают следующие факторы:

– качество и количество цемента, крупного и мелкого заполнителя;

– соотношение между применяемым цементом и заполнителем;

– водоцементное соотношение;

– способы активации цемента, заполнителя и воды;

– вид и количество модифицирующих добавок;

– способ и режим приготовления бетонной смеси;

– режим твердения бетона.

Для установления существенных причинно-следственных взаимосвязей между различными факторами при достижении заданных параметров фибробетона нами предлагается использовать инструмент системы менеджмента качества – диаграмму Исикавы. Диаграмма Исикавы позволяет выявить риски, сгруппированные по возможному источнику возникновения потенциального несоответствия и снижения качества конечного продукта (рис. 1).

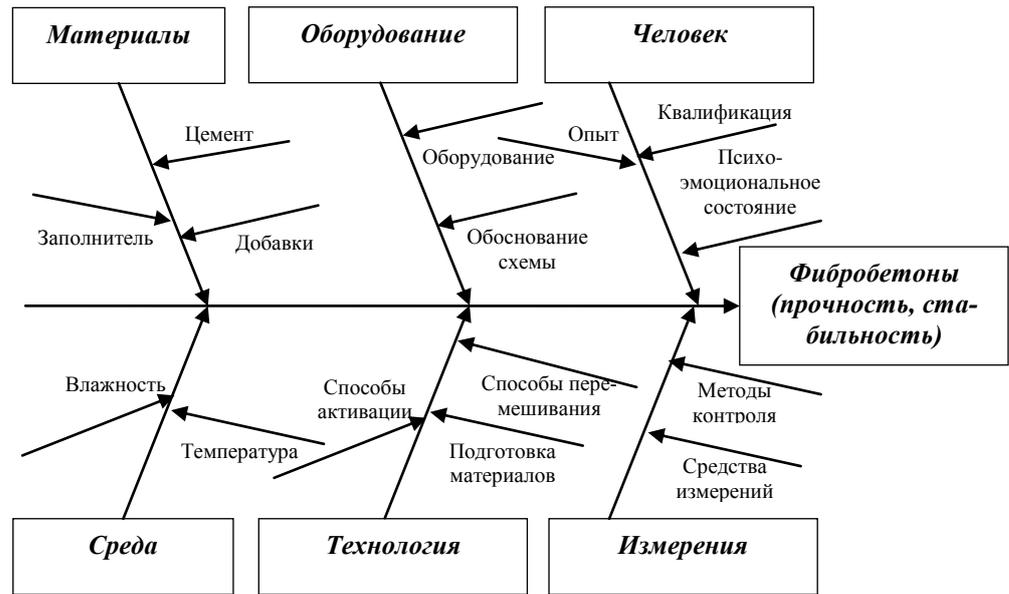


Рис. 1. Взаимосвязь факторов, влияющих на качество фибробетонов

Наибольшие риски в технологии фибробетонов, которые следует минимизировать специально разработанными мероприятиями, возникают при осуществлении следующих процессов:

1. Оценка качества применяемых исходных материалов.

Для минимизации данного риска следует организовать надежную систему входного контроля качества сырья и провести классификацию поставщиков по критерию частоты поставки сырья с отклонениями качественных параметров.

2. Соблюдение установленного (нормативного) соотношения компонентов в фибробетонной смеси.

Для минимизации данного риска следует применять научно обоснованные методы выбора исходных компонентов и их подготовку, расчета состава бетонов (фибробетонов). Разработать автоматизированный способ корректировки состава бетонной смеси, позволяющий оперативно реагировать на этот риск с учетом меняющихся качественных характеристик исходных компонентов (влажность, зерновой состав, содержание вредных примесей в песке, вид добавок и т. д.). Разработать график тарировки и поверки дозирующего оборудования с учетом его технических особенностей.

3. Распределение волокон и других добавок в объеме бетонной смеси.

Для минимизации данного риска следует на основе проведенных исследований применять оптимальные способы селективного введения компонентов и режимов приготовления смесей в зависимости от вида волокон и применяемых модификаторов.

Обозначенные в диаграмме факторы и риски были учтены при планировании экспериментальных исследований технологии фибробетона. Наиболее эффективными способами повышения уровня и стабильности прочностных показателей (класса бетона по прочности) является комбинированное воздей-

ствии микроармированием бетонной смеси базальтовыми волокнами, модифицированием водоредуцирующими (пластифицирующими) органическими добавками, а также научно обоснованным способом введения компонентов в смеситель и режимом их перемешивания. Базальтовые волокна обладают хорошей совместимостью с соединениями твердеющего цементного камня [9, 14]. Для уменьшения рисков неравномерного распределения базальтовых волокон и повышения однородности структуры и стабильности прочностных показателей фибробетонов разработаны мероприятия по минимизации шансов их наступления. Нами была разработана программа проведения экспериментальных исследований фибробетона (рис. 2), в соответствии с которой устанавливались закономерности влияния базальтовых волокон и пластифицирующих добавок, состава и технологии изготовления смеси на качество базальтофибробетона и уменьшение рисков несоответствия. Критериями качества приняты предельные значения прочности при сжатии и растяжении, а также их однородность.



Рис. 2. Программа экспериментальных исследований повышения качества базальтофибробетона

При проведении экспериментальных исследований применялись следующие сырьевые материалы: портландцемент бездобавочный Цем I 42,5Н Топкинского завода (ГОСТ 30515–2012); отсеvy камнедробления фракции 5–10 мм (ГОСТ 31424–2010); водопроводная вода (ГОСТ 23732–2011); песок Кандинского месторождения Томской области с модулем крупности 2,8 мм (ГОСТ 8736–93); базальтовое волокно диаметром 13–17 мкм, средней длиной 14 мм (ТУ 5769-004-80104765–2008); поверхностно-активные добавки (ГОСТ 24211–2008).

В качестве химических добавок использовались гиперпластификатор (№ 1) и суперпластификатор (№ 2) на основе эфиров поликарбоксилатов; комплексный модификатор полифункционального действия, состоящий из поверхностно-активных натриевых солей метиленбисульфокислоты и кремнеземистого компонента (№ 3).

Разработка составов фибробетонной смеси с маркой по подвижности П2 проводилась по методике, разработанной на кафедре строительных материалов и технологий Томского государственного архитектурно-строительного университета. Базовый состав бетона принят 1:1,5:4 при В/Ц = 0,65 при средней плотности бетона 2400 кг/м³.

Бетонная смесь испытывалась по ГОСТ 10181–2014, предел прочности на сжатие бетона – по ГОСТ 10180–2012, а на раскалывание – по методике, представленной в работе [13], на стандартных образцах кубиках 10×10×10 см в возрасте 28 сут естественного твердения на электромеханическом прессе Instron-3382. Минимальное количество образцов для каждого испытания принималось равным 6. Полученные экспериментальные данные были обработаны с использованием математических методов статистики.

Для анализа микроструктуры фибробетона использовался растровый ионно-электронный микроскоп Quanta 200 3D.

При проведении экспериментальных исследований изучалось влияние содержания базальтовых волокон (μ_{bf}), способа их предварительной подготовки различными поверхностно-активными веществами, условий селективного введения добавок и скорости перемешивания фибробетонной смеси на прочность при сжатии и раскалывании базальтофибробетонных образцов и её стабильность.

Исследовались семь различных вариантов введения базальтовых волокон и перемешивания бетонной смеси: Т1 – введение волокон в бетонную смесь с содержанием 40 % проектного количества воды при высокоскоростном перемешивании; Т2, Т3 – введение волокон в сухую смесь при высокой (400 об/мин) и низкой (40 об/мин) скорости перемешивания соответственно; Т4 – введение волокон в сухую смесь при ручном перемешивании смеси; Т5, Т6, Т7 – предварительное разделение базальтовых волокон в водном растворе с химической добавкой № 1, № 2 и № 3 соответственно, введение полученной суспензии в бетонную смесь с содержанием 40 % проектного количества воды при высокоскоростном перемешивании.

На рис. 3 изображены зависимости прочности при сжатии R_{bf} и растяжении R_{bfbr} для базальтофибробетона, изготовленного с применением различных технологий и составов, относительно прочности R_b и R_{br} контрольных бетонных образцов без волокон.

Наилучший эффект от модификации бетона базальтовыми волокнами в виде прироста прочности на сжатие до 51,2 % и растяжение до 28,8 % получен при содержании базальтовых волокон $\mu_{bf} = 0,5$ % и применении технологических приемов приготовления бетонной смеси Т1 и Т5.

По результатам статистического анализа установлено, что показатели однородности, характеризующие стабильность производства, требуемую стандартом ГОСТ Р ИСО 9001–2015, находятся в рамках нормативных значений для бетонов. Минимальный коэффициент вариации прочности при сжатии и растяжении, равный 2,8 %, получен для составов и режимов приготовления смеси Т5–Т7, т. е. при предварительном разделении базальтовых волокон в воде с поверхностно-активными добавками № 1, 2 и 3. Исследованиями микроструктуры поверхности разрушенных образцов (рис. 4) установлено наличие новообразований на поверхности базальтовых волокон, плотный кон-

такт с цементным камнем, что характеризует их хорошее сцепление с цементным камнем и микроармирование структуры и обеспечивает повышенное сопротивление бетона от внутренних напряжений, возникающих от внешних сжимающих или растягивающих усилий.

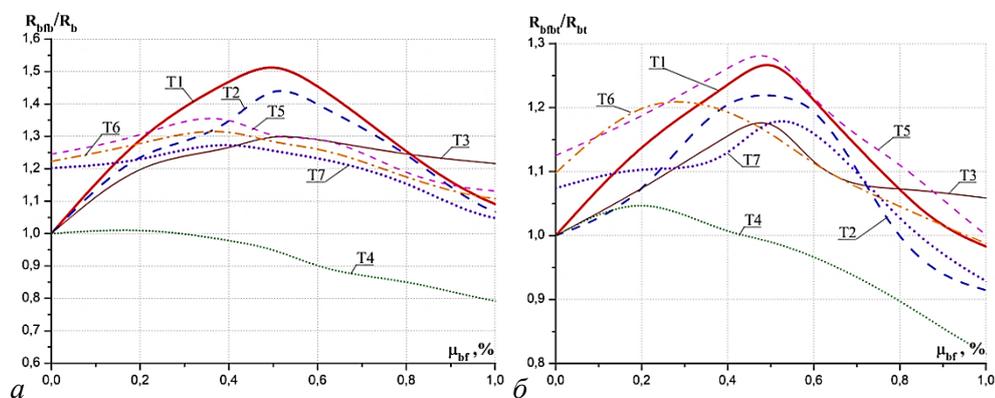


Рис. 3. Изменение прочности базальтофибробетона на сжатие (а) и растяжение (б) при различных способах приготовления фибробетонной смеси и содержании волокон в ней

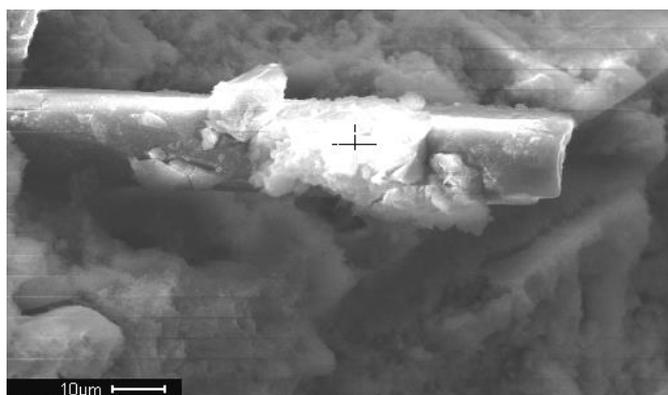


Рис. 4. Микрофотография базальтового волокна в бетоне

По результатам проведённых исследований управления процессами изготовления модифицированных бетонов повышенного качества с использованием инструментов менеджмента качества по ГОСТ Р ISO 9001–2015 сделаны следующие выводы:

1. При использовании принципов менеджмента качества обеспечивается повышение уровня и стабильности качества производимой продукции за счет выполнения четко сформулированных требований по управлению основными процессами организации, а именно непрерывного анализа факторов, оказывающих влияние на процессы (риски) с помощью диаграммы Исикавы, и учёта их в планировании и управлении процессами производства.

2. Предложены алгоритмы повышения уровня и стабильности качественных характеристик фибробетона за счет минимизации рисков, оказывающих

влияния на его качество, при обосновании выбора и подготовки исходного сырья, соотношения компонентов, технологии приготовления бетонной смеси.

3. Установлен оптимальный состав и разработаны технологии изготовления фибробетона, обеспечивающие повышение прочности при сжатии до 51,2 % и растяжении до 28,8 % при высокой стабильности показателей прочности (коэффициент вариации 2,8–4,1 %).

4. Предложенная авторами система подходов, основанная на использовании инструментов менеджмента качества ГОСТ Р ИСО 9001–2015, применима для управления процессами проектирования и производства конструктивных бетонов, а также изделий и конструкций из них.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудяков, В.А. Регулирование регионального рынка строительных материалов (на примере регионов Западно-Сибирского экономического района) : дис. ... канд. экон. наук. – Томск, 2004. – 186 с.
2. Расчет инфильтрации малоэтажного жилого дома / Н.В. Гусакова, Ю.И. Бакай, А.М. Гусаков, А.А. Овчинников // Проблемы экономики и управления строительством в условиях экологически ориентированного развития : материалы Третьей Всероссийской научно-практической онлайн-конференции с международным участием и элементами научной школы для молодежи. – 2016. – С. 136–142.
3. Техничко-экономическое обоснование инфраструктурных проектов в производстве строительных материалов / В.А. Кудяков, Н.Н. Минаев, Н.О. Копаница, Е.А. Жарова // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 1 (48). – С. 202–209.
4. Рабинович, Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции: монография / Ф.Н. Рабинович. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 560 с.
5. Яковлев, Г.И. Высокопрочный бетон с дисперсными добавками / Г.И. Яковлев, Г.Д. Федорова, И.С. Полянских // Промышленное и гражданское строительство. – 2017. – № 2. – С. 35–42.
6. Кудяков, А.И. Качество строительной продукции, как мы его понимаем / А.И. Кудяков // Строительные материалы. – 2008. – № 8. – С. 91–92.
7. Experimental Study on Anti-splitting Tensile Properties of the Chopped Basalt Fiber Reinforced Concrete / S. Jin, X. Zhang, J. Zhang, X. Shen // International Forum on Energy, Environment and Sustainable Development. – 2016. – С. 282–289.
8. Heavyweight cement concrete with high stability of strength parameters / K.L. Kudyakov, A.V. Nevsky, I.D. Danke, A.I. Kudyakov, V.A. Kudyakov // AIP Conference Proceedings. – 2016. – V. 1698.
9. Elshafie, S. A review of the effect of basalt fibre lengths and proportions on the mechanical properties of concrete / S. Elshafie, G. Whittleston // International Journal of Research in Engineering and Technology. – 2015. – V. 4. – Is. 1. – P. 458–465.
10. Charan, S.S. Comparative Study on Mechanical Properties of Basalt Fiber Reinforced Concrete with Partial Replacement of Cement with GGBS / S.S. Charan, Ch.L. K Murthy Gupta // International Journal of Engineering Research & Technology. – 2016. – V. 5. – Is. 6. – С. 62–67.
11. Kumutha, R. Experimental Investigation on Properties of Basalt Fiber Reinforced Geopolymer Concrete / R. Kumutha, I. Syedali Fathima, K. Vijai // IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE). – 2017. – V. 14. – Is. 3. – Ver. V. (May – June 2017). – P. 105–109.
12. Improvement of Cement Concrete Strength Properties by Carbon Fiber Additives / A.V. Nevsky, K.L. Kudyakov, I.D. Danke, A.I. Kudyakov, V.A. Kudyakov // AIP Conference Proceedings. – 2016. – V. 1698.
13. Технология и состав углеродофибробетона с повышенной однородностью прочностных показателей / А.И. Кудяков, В.С. Плевков, В.В. Белов, А.В. Невский, К.Л. Кудяков // Вопросы материаловедения. – 2016. – № 1. – С. 66–72.

14. Совершенствование технологии изготовления базальтофибробетона с повышенной однородностью / А.И. Кудяков, В.С. Плевков, К.Л. Кудяков, А.В. Невский, А.С. Ушакова // Строительные материалы. – 2015. – № 10. – С. 44–48.
15. О совершенствовании системы менеджмента по ИСО 9001–2015 / Д.Н. Шабанова, М.Г. Заргано, А.В. Александрова, В.В. Нелина // Стандарты и качество. – 2017. – № 6. – С. 100–103.
16. Плевков, В.С. Расчетные диаграммы нелинейного деформирования базальтофибробетона при статических и кратковременных динамических воздействиях / В.С. Плевков, С.Н. Колупаева, К.Л. Кудяков // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2016. – № 3 (56). – С. 95–110.
17. Богданова, И.А. Применение ГОСТ Р ИСО 9001–2015 в рамках риск-ориентированного мышления / И.А. Богданова, А.В. Губарев // Научный альманах. – 2016. – № 11-2 (25). – С. 38–41.
18. Otero-Mateo, M. Impact of the ISO 9001:2015 standard in the engineering field. Integration in SMES / M. Otero-Mateo, A. Pastor-Fernandez // DYNA. – 2016. – №. 2. – P. 118–121.
19. Глухова, Л.В. Особенности практической реализации требований ГОСТ Р ИСО 9001–2015 для управления процессами СМК / Л.В. Глухова // Вестник Волжского университета им. В.Н. Тагичева. – 2017. – № 1. – С. 141–147.
20. Круглов, М.Г. ГОСТ Р ИСО 9001–2015: анализируем требования к производству и сервису / М.Г. Круглов // Менеджмент качества. – 2017. – № 3. – С. 162–173.

REFERENCES

1. Kudyakov V.A. Regulirovanie regional'nogo rynka stroitel'nykh materialov [Regulation of regional market of construction materials. PhD Thesis], Tomsk, 2004. 186 p. (rus)
2. Guskova N.V., Bakai Yu.I., Guskov A.M., Ovchinnikov A.A. Raschet infil'tratsii maloetazhnogo zhilogo doma [Calculation of infiltration of low-rise building]. Proc. 3rd All-Rus. Sci. Conf. 'Problems of Economics and Construction Management in Environmentally-Oriented Development'. 2016. Pp. 136–142. (rus)
3. Kudyakov V.A., Minaev N.N., Kopanitsa N.O., Zharova E.A. Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie infrastrukturykh projektov v proizvodstve stroitel'nykh materialov [Feasibility study of infrastructure projects on construction material production]. Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building. 2015. No. 1. Pp. 202–209. (rus)
4. Rabinovich F.N. Kompozity na osnove dispersno-armirovannykh betonov. Voprosy teorii i proektirovaniya, tekhnologiya, konstruktivnyy dizayn [Fiber-reinforced concrete composites. Issues of theory and design, technology, design]. Moscow: ASV Publ., 2004. 560 p. (rus)
5. Yakovlev G.I., Fedorova G.D., Polanskiy I.S. Vysokoprochnyy beton s dispersnyimi dobavkami [High-strength concrete with dispersed additives]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2017. No. 2. Pp. 35–42. (rus)
6. Kudyakov A.I. Kachestvo stroitel'noy produktsii, kak my ego ponimaem [Quality in construction products that we understand]. Stroitel'nye materialy. 2008. No. 8. Pp. 91–92. (rus)
7. Jin S., Zhang X., Zhang J., Shen X. Experimental study on anti-splitting tensile properties of the chopped basalt fiber reinforced concrete. International Forum on Energy, Environment and Sustainable Development. 2016. Pp. 282–289.
8. Kudyakov K.L., Nevsky A.V., Danke I.D., Kudyakov A.I., Kudyakov V.A. Heavyweight cement concrete with high stability of strength parameters. AIP Conference Proceedings. 2016. V. 1698.
9. Elshafie S., Whittleston G. A review of the effect of basalt fibre lengths and proportions on the mechanical properties of concrete. International Journal of Research in Engineering and Technology. 2015. V. 04. No. 01. Pp. 458–465.
10. Charan S.S., Murthy Gupta Ch.L.K. Comparative study on mechanical properties of basalt fiber reinforced concrete with partial replacement of cement with GGBS. International Journal of Engineering Research & Technology. 2016. V. 5. No. 06. Pp. 62–67.
11. Kumutha R., Syedali Fathima I., Vijai K. Experimental investigation on properties of basalt fiber reinforced geopolymer concrete. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE). 2017. V. 14. No. 3. Pp. 105–109.

12. Nevsky A.V., Kudyakov K.L., Danke I.D., Kudyakov A.I., Kudyakov V.A. Improvement of cement concrete strength properties by carbon fiber additives. *AIP Conference Proceedings*. 2016. V. 1698.
13. Kudyakov A.L., Plevkov V.S., Belov V.V., Nevsky A.V., Kudyakov K.L. Tekhnologiya i sostav uglerodofibrobetona s povyshennoi odnorodnost'yu prochnostnykh pokazatelei [Technology and composition of carbon-fiber-reinforced concrete with highly homogeneous strength properties]. *Voprosy materialovedeniya*. 2016. No. 1. Pp. 66–72. (rus)
14. Kudyakov A.I., Plevkov V.S., Kudyakov K.L., Nevsky A.V., Ushakova A.S. Sovershenstvovanie tekhnologii izgotovleniya bazal'tofibrobetona s povyshennoi odnorodnost'yu [Improvement of basalt-fibred concrete manufacturing technology]. *Stroitel'nye materialy*. 2015. No. 10. Pp. 44–48. (rus)
15. Shabanova D.N., Zargano M.G., Alexandrova A.V., Nelina V.V. O sovershenstvovanii sistemy menedzhmenta po ISO 9001:2015 [Management system improvement in accordance with ISO 9001:2015]. *Standarty i kachestvo*. 2017. No. 6. Pp. 100–103. (rus)
16. Plevkov V.S., Kolupaeva S.N., Kudyakov K.L. Raschetnye diagrammy nelineinogo deformirovaniya bazal'tofibrobetona pri staticheskikh i kratkovremennykh dinamicheskikh vozdeistviyakh [Calculating diagrams of nonlinear deformation of basalt fiber concrete under static and dynamic loads]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2016. No. 3. Pp. 95–110. (rus)
17. Bogdanova I.A., Gubarev A.V. Primenenie GOST R ISO 9001–2015 v ramkakh risk-orientirovannogo myshleniya [SNiP R ISO 9001–2015 in risk-oriented thinking]. *Nauchnyi al'manakh*. 2016. No. 11-2 (25). Pp. 38–41. (rus)
18. Otero-Mateo M., Pastor-Fernandez A. Impact of the ISO 9001:2015 standard in the engineering field. *Integration in SMES. DYNA*. 2016. No. 2. Pp. 118–121.
19. Glukhova L.V. Osobennosti prakticheskoy realizatsii trebovaniy GOST R ISO 9001–2015 dlya upravleniya protsessami SMK [Practical implementation SNiP R ISO 9001–2015 requirements for QMS]. *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V.N. Tatishcheva*. 2017. No. 1. Pp. 141–147. (rus)
20. Kruglov M.G. GOST R ISO 9001–2015: analiziruem trebovaniya k proizvodstvu i servisu [SNiP R ISO 9001–2015: analysis of requirements for production and service]. *Menedzhment kachestva*. 2017. No. 3. Pp. 162–173. (rus)