

*А.И. КАРПОВ Развитие нанотехнологий в строительстве – актуальнейшая задача ученых и инженеров. Часть 4*

УДК 69

**КАРПОВ Алексей Иванович**, канд. техн. наук, референт, Международная инженерная академия, 125009, Российская Федерация, г. Москва, Газетный пер., д. 9, стр. 4, e-mail: info@nanobuild.ru

**KARPOV Alexey Ivanovich**, Ph.D. in Engineering, referent, International Academy of Engineering, 125009, Russian Federation, Moscow, Gazetny str., 9, bld. 4, e-mail: info@nanobuild.ru



## **РАЗВИТИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ – АКТУАЛЬНЕЙШАЯ ЗАДАЧА УЧЕНЫХ И ИНЖЕНЕРОВ. Часть 4**

## **DEVELOPMENT OF NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION – A TASK WHICH IS OF GREAT IMPORTANCE FOR SCIENTISTS AND ENGINEERS. Part 4**

С целью популяризации предметной области наноиндустрии в строительстве, повышения доверия потребителей к продукции наноиндустрии, в реферативной форме публикуются основные результаты исследований российских ученых.

По направлению «Получение модифицированной фибробетонной смеси, направленное на улучшение физико-механических свойств за счет компонентов, упрочняющих структуру фибробетона на микро- и наноуровнях» экспериментально подтверждена возможность применения комплексной модифицирующей добавки, включающей углеродный наномодификатор «Таунит» при изготовлении сталефибробетона и раствора; разработаны составы сталефибробетона с комплексными модифицирующими добавками и легкого жаростойкого фибробетона. Получено два патента на изобретение РФ (№ 2361847, 2386599). Разработаны практические рекомендации по применению фибробетонной смеси с упрочнителем из фибры «Миксарм» и нанодобавками; предложена технология изготовления сталефибробетонов с использованием комплексных модифицирующих добавок.

По направлению «Разработка и оптимизация составов фасадных штукатурных растворов с повышенной долговечностью на основе простых и смешанных вяжущих с тонкодисперсными наполнителями природного и техногенного характера и исследование их структуры» доказана практическая возможность и целесообразность применения нанотехногенных наполнителей местного происхождения в фасадных штукатурных растворах, влияющих положительно на структуру и свойства композиции; разработаны составы

*А.И. КАРПОВ Развитие нанотехнологий в строительстве – актуальнейшая задача ученых и инженеров. Часть 4*

фасадных штукатурных растворов на основе простых и смешанных вяжущих, модифицированных нанотехногенными минеральными наполнителями с высокими свойствами, обеспечивающими необходимую стойкость композиции в условиях эксплуатации (прочность сцепления, прочность на сжатие, морозостойкость). В результате планомерной оптимизации штукатурных растворов минимизирована доля продуктов строительного рынка – экономия вяжущего составила от 5 до 15 %, в ряде составов природный наполнитель полностью заменён на нанотехногенный продукт, что позволило достичь существенного экономического эффекта.

Публикуемые материалы могут быть использованы специалистами в научной и практической деятельности.

To popularize nanoindustrial subjects in construction, to increase consumers' confidence to nanotechnological products, the main results of Russian scientists' research are published as the abstracts.

Within the frame «Production of modified fibrous concrete mixture, aimed at improving physical and mechanical properties through the components hardening the structure of fibrous concrete at micro- and nanolevels» it was experimentally proved that complex modifying additive containing carbon nanomodifier «Taunit» can be applied in production of steel fiber concrete and solution; compositions of steel fiber concrete with complex modifying additives and compositions of lightweight heat-resistant steel fiber concrete have been developed. Two Russian patents (№ 2361847, 2386599) for inventions have been obtained. Practical recommendations concerning application of fibrous concrete mixture with reinforcer made of fiber «Miksarm» and nanoadditives have been developed; technology for production of steel fiber concrete with the use of complex modifying additives has been offered.

Within the frame «Development and optimization of façade plaster compositions with increased durability based on simple and complex binders with fine natural and artificial fillers and research of their structure» it was proved that there is potential and practicability to apply nanotechnological fillers of local origins in façade plasters affecting positively on the structure and properties of the composition; compositions of façade plasters based on simple and complex binders modified with nanotechnological mineral fillers with high properties which provide required resistance when operated (bond resistance, compressive strength, cold resistance) have been developed. As a result of systematic façade plaster optimization the share of construction market products has been minimized – binder savings are from 5 to 15%, in some compositions natural filler was completely replaced with nanotechnological product, that lead to considerable benefits.

Specialists can use publishing materials in their scientific and practical activities.

**Ключевые слова:** нанотехнологии в строительстве, модифицированная фибробетонная смесь, наноуровень, фасадные штукатурные растворы, нанотехногенные наполнители.

**Key words:** nanotechnologies in construction, modified fibrous concrete mixture, nano-level, façade plaster, nanotechnological fillers.

## **Получение модифицированной фибробетонной смеси, направленное на улучшение физико-механических свойств за счет компонентов, упрочняющих структуру фибробетона на микро- и наноуровнях**

### **Актуальность**

В настоящее время высококачественные бетоны становятся всё более востребованы в строительной отрасли в связи с различными современными конструкторскими решениями, новыми видами зданий и сооружений, а также нестандартными архитектурными формами, наличие которых предполагает применение высокопрочных бетонов, в том числе сталефибробетонов [1].

К числу основных проблем внедрения сталефибробетона в России можно отнести более высокую исходную цену по сравнению с обычным бетоном и относительно небольшое увеличение прочности на сжатие при значительном увеличении прочности на растяжение при изгибе. Достигнуть увеличения прочности сталефибробетона возможно за счет увеличения объемного содержания дорогостоящей стальной фибры (более 2,5% на 1м<sup>3</sup> бетонной смеси) при понижении удобоукладываемости смеси в виду комкования фибры с образованием «ежей». При этом стальная фибра позволяет увеличить прочность и трещиностойкость фибробетона только на макроуровне.

С целью обеспечения необходимой удобоукладываемости фибробетонной смеси и достижения бетонной матрицей высокой прочности необходимо использовать различного рода модифицирующие добавки, включая комплексные. Применение модифицирующих добавок способствует уплотнению структуры матрицы на микро, а иногда и наноуровне.

В качестве компонентов модифицирующих добавок широко развивается область по утилизации отходов, которая дает возможность применять большие залежи, в основном, отходов теплоэнергетики при производстве строительных материалов. В частности, при сжигании твердого и жидкого топлива в котлах образуются продукты неполного сгорания топлива – мелкодисперсные сажистые и золовые отложения. Проведены многочисленные исследования по применению золошлаковых отходов при производстве строительных материалов. Влияние са-

жевых отходов на свойства фибробетонных смесей практически не оценивалось. Сажа (технический углерод) – высокодисперсный аморфный углеродный продукт с размерами частиц 13–120 нм. Использование отходов в виде тонкодисперсной сажи при изготовлении фибробетонов позволит снизить себестоимость производства, а ее применение в комплексе с суперпластифицирующей добавкой, вероятно, позволит увеличить прочность сталефибробетона за счет упрочнения бетонной матрицы на микроуровне.

Другой формой твердого углерода являются фуллерены. Однако в настоящее время влияние углеродных кластеров на модификацию бетонов практически не изучено.

Последнее двадцатилетие активно развивается нанохимия и нанотехнология. Применение наночастиц нашло своё место и в технологии строительных материалов. Очевидными преимуществами бетонов, модифицированных углеродным наноматериалом, являются значительное увеличение прочности на сжатие и изгиб, увеличение морозостойкости и водонепроницаемости за счет уплотнения структуры бетонов. При введении в смесь наноразмерные частицы играют роль зародышей структурообразования, nanoармирующего элемента, центров зонирования новообразований в матрице.

Проведенные ранее исследования показали перспективность применения фуллеренов в качестве модификаторов с целью регулирования и управления структурообразованием на микро- и наноуровнях. Однако экспериментальные исследования в области наномодификации требуют дальнейшего изучения и углубления знаний о влиянии комплексного наномодификатора на свойства и структуру не только тяжелых бетонов, но и специальных бетонов, в том числе и фибробетонов.

**Цель работы** – получение модифицированной фибробетонной смеси, направленное на улучшение физико-механических свойств за счет компонентов, упрочняющих структуру фибробетона на микро- и наноуровнях.

#### **Научная новизна:**

- произведено теоретическое и экспериментальное обоснование применения комплексных модифицирующих углеродных микро- и наноразмерных добавок, упрочняющих структуру фибробетонов;

*А.И. КАРПОВ Развитие нанотехнологий в строительстве – актуальнейшая задача ученых и инженеров. Часть 4*

- экспериментально подтверждена возможность применения комплексной модифицирующей добавки, включающей углеродный наномодификатор «Таунит» при изготовлении сталефибробетона и раствора. Исследовано влияние комплексных модифицирующих добавок на физико-механические свойства раствора и сталефибробетона;
- обоснована эффективность применения сажи (углерода технического), являющейся отходом теплоэнергетики, в качестве составляющей комплексной модифицирующей добавки для цементно-песчаной смеси и сталефибробетона;
- разработаны новые составы сталефибробетона с комплексными модифицирующими добавками, включающие в свой состав углеродный наноматериал «Таунит»;
- предложена технология изготовления сталефибробетонов с использованием комплексных модифицирующих добавок.

#### Практическая значимость:

- разработаны составы сталефибробетона с комплексными модифицирующими добавками из легкого жаростойкого фибробетона. Получено два патента на изобретение РФ (№ 2361847, 2386599);
- разработаны практические рекомендации по применению фибробетонной смеси с упрочнителем из фибры «Миксарм» и нанодобавками.

#### Реализация работы:

- практические рекомендации и результаты проведенных исследований применялись при расчете составов фибробетонов для бетонирования полов яхт-клуба, расположенного по адресу: 400007, г. Волгоград, нижняя терраса Краснооктябрьского района, улица Матевосяна. Экономический эффект от применения разработанных составов фибробетонов с учетом значительного сокращения расхода цемента и арматурных каркасов составляет 101 640 (сто одна тысяча шестьсот сорок) рублей при площади напольного покрытия 840;
- разработанный состав сталефибробетона с применением фибры «Миксарм» и комплексной добавкой, включающей технический



*А.И. КАРПОВ Развитие нанотехнологий в строительстве – актуальнейшая задача ученых и инженеров. Часть 4*

углерод и суперпластификатор «СП-3», использовался при устройстве полов промышленного здания в г. Волгоград по адресу: Аптечный проезд, 1 пункт «Волгофарм». Экономический эффект от применения сталефибробетона составил 40 440 рублей, за счет отказа от использования стержневой арматуры и арматурных работ, как следствие снижение материалоемкости и трудоемкости. Площадь уложенного покрытия составила 240.

### **Апробация работы**

Основные результаты работы были доложены на: Втором Международном форуме по нанотехнологиям (6–8 октября, 2009 г., Москва, ГК Роснанотех); Всероссийской конференции с элементами научной школы для молодежи «Проведение научных исследований в области индустрии наносистем и материалов» (12–16 ноября, 2009 г., Белгород, БелГГУ); 66-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР университета за 2008 год «Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика» (г. Самара, 2009 г.); 5-й Международной научной конференции «Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов» (г. Волгоград, 2009 г.); Всероссийской научно-технической конференции «Нанотехнологии и наноматериалы: современное состояние и перспективы развития в условиях Волгоградской области» (г. Волгоград, ВолГГУ, 2009 г.); 6-й Международной научной конференции «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды» (Волгоград: ВолГАСУ, 2008 г.); 3-й Всероссийской научно-практической конференции «Социально-экономические и технологические проблемы развития строительного комплекса региона» (г. Михайловка, Волгоградской области, 2009 г.), Международной конференции «Неделя строительных материалов, посвященная 65-летию образования строительного факультета МГСУ (г. Москва, МГСУ, 2009 г.).

## **Разработка и оптимизация составов фасадных штукатурных растворов с повышенной долговечностью на основе простых и смешанных вяжущих с тонкодисперсными наполнителями природного и техногенного характера и исследование их структуры**

### **Актуальность**

Российский строительный рынок сегодня предлагает широкий спектр фасадных штукатурных растворов, часто – импортного производства. Ассортимент зарубежных строительных штукатурных растворов исчисляется сотнями марок, а отечественное производство явно отстаёт. При этом эксплуатационные качества фасадных покрытий часто недостаточны [2].

Высокое качество фасадной композиции обеспечивается стабильностью состава и свойствами применяемых сырьевых компонентов в штукатурных растворах. Важнейшую роль играют наполнители, в частности, их количественное содержание и дисперсность, а также вяжущие. Проблема оптимального наполнения штукатурных растворов является одной из важнейших. Но известно, что производство природного наполнителя, особенно наноразмера – достаточно трудоёмкий и дорогостоящий процесс.

Сегодня можно решить данную проблему путём разработки штукатурных растворов нового поколения с применением нанотехногенного сырья местного производства, что позволит повысить качество и значительно снизить себестоимость фасадных композиций, а также улучшить экологическую обстановку региона.

**Цель работы.** Разработка и оптимизация составов фасадных штукатурных растворов с повышенной долговечностью на основе простых и смешанных вяжущих с тонкодисперсными наполнителями природного и техногенного характера и исследование их структуры.

### **Научная новизна:**

- разработаны экономически привлекательные и эффективные фасадные штукатурные растворы с высокими эксплуатационными

свойствами, с применением нанотехногенных наполнителей местного происхождения;

- установлены закономерности изменения структуры и технических свойств фасадных штукатурных растворов в зависимости от вида: вяжущего – простое (цементное) или смешанное (полимерцементное); наполнителя (дисперсности, физического состояния и количества); основания (кирпич, бетон);
- улучшены декоративные свойства штукатурных растворов за счёт применения светлоокрашенных наполнителей: карбонатного шлама (КШ), карбонатно-кремнезёмистого продукта (ККП), а также их смеси – бинарного наполнителя;
- установлено оптимальное содержание нанотехногенных наполнителей в фасадных штукатурных растворах: КШ (влажный) 5%; КШ (сухой) 15%; ККП 13%; бинарный наполнитель: карбонатный шлам (влажный) 15% и ККП 13%;
- установлены возможные химические соединения, образующиеся в затвердевшем штукатурном растворе на основе физико-химических результатов формирования (термодинамических расчётов, электронной микроскопии, качественного рентгенофазового и дифференциально-термического анализов);
- доказана практическая возможность и целесообразность применения нанотехногенных наполнителей местного происхождения в фасадных штукатурных растворах, влияющих положительно на структуру и свойства композиции.

### **Практическая значимость**

Разработаны составы фасадных штукатурных растворов на основе простых и смешанных вяжущих, модифицированных нанотехногенными минеральными наполнителями с высокими свойствами, обеспечивающими необходимую стойкость композиции в условиях эксплуатации (прочность сцепления, прочность на сжатие, морозостойкость).

В результате планомерной оптимизации штукатурных растворов минимизирована доля продуктов строительного рынка – экономия вяжущего составила от 5 до 15%, в ряде составов природный наполнитель полностью заменён на нанотехногенный продукт, что позволило достичь существенного экономического эффекта.



*А.И. КАРПОВ Развитие нанотехнологий в строительстве – актуальнейшая задача ученых и инженеров. Часть 4*

Расширена номенклатура минеральных наполнителей российской стройиндустрии ценным нанотехногенным сырьём – КШ и ККП, что способствует улучшению экологической обстановки.

### **Реализация работы**

Разработанные составы фасадных штукатурных растворов прошли практическую апробацию при строительстве гражданских зданий на предприятиях Самарского региона. Методические разработки и результаты исследований использованы в учебном процессе СГАСУ.

### **Апробация работы**

Основные положения докладывались и обсуждались на ежегодных Всероссийских научно-технических конференциях № 65, 66, 67, 68 в СГАСУ по итогам НИР «Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика» и «Традиции и инновации в строительстве и архитектуре» (г. Самара, 2008–2011).

---

**Редакция Интернет-журнала «Нанотехнологии в строительстве» предлагает кандидатам и докторам наук опубликовать результаты своих исследований по тематике издания [3].**

***Контакты***  
***Contact information***

**e-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru)**

**Библиографический список:**

1. *Алаторцева У.В.* Конструкционные сталефибробетоны, модифицированные комплексными углеродными микро- и наноразмерными добавками: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Электронная библиотека диссертаций [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.dslib.net> (дата обращения: 18.06.2013).
2. *Миронова А.С.* Нанонаполненные штукатурные композиции для повышения долговечности фасадов зданий: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Электронная библиотека диссертаций [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.dslib.net> (дата обращения: 18.06.2013).
3. *Гусев Б.В.* Развитие нанотехнологий – актуальнейшее технологическое направление в строительной отрасли // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2011. № 2. С. 6–20. Гос. регистр. № 0421100108. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.nanobuild.ru> (дата обращения: 18.06.2013).

**References:**

1. *Alatortseva U.V.* Constructional steel fiber concrete modified with complex carbon micro- and nanosize additives: abstract of Ph.D. thesis. Electronic library of theses [electronic resource]. Available: <http://www.dslib.net> (date of access: 18.06.2013).
2. *Mironova A.C.* Nanofilled plasters for increasing durability of building facades: abstract of Ph.D. thesis. Electronic library of theses [electronic resource]. Available: <http://www.dslib.net> (date of access: 18.06.2013).
3. *Gusev B.V.* Development of nanotechnologies – the most important technological direction in construction // Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal. Moscow: CNT «NanoStroitelstvo». 2011. № 2. P. 6–20. State register № 0421100108. URL: <http://www.nanobuild.ru> (date of access: 20.09.2011).