

# ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ



10.5281/zenodo.10200365

**ЕРЕМЕНКО Виталий Вячеславович**учредитель, директор, Торгово-производственная компания «Царский двор»,  
Россия, г. Казань

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА: ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

**Аннотация.** Неоспорим, тот факт, что внедрение технологических инноваций в производство бетона является неотъемлемой частью развития строительной сферы. Эти инновации значительно улучшают качество готовой продукции, продлевая срок службы фундаментов, железобетонных элементов, опор мостов и других строительных компонентов. Они также сокращают время подготовки бетонной смеси, что положительно сказывается на сроках завершения строительных проектов. Усовершенствованные технологии также создают более безопасные и экологически чистые продукты, благодаря автоматизации и повышенной степени безопасности в современных производствах.

За последние два десятилетия применение бетона в строительстве заметно возросло, вытесняя другие стройматериалы, особенно сталь. В итоге бетон сегодня используется более чем в два раза активнее, чем все остальные строительные материалы в совокупности.

Эксперты утверждают, что уровень производства бетона и железобетона имеет огромное влияние на всю промышленность строительных материалов и строительство в целом. В России более 70% всего цемента и 30% нерудных материалов направляются на производство сборного монолитного железобетона.

В связи с чем было принято решение в рассмотрении технологических инноваций в производстве бетонных изделий для строительства. В качестве методологической базы выступили научная литература зарубежных и отечественных авторов.

**Ключевые слова:** бетон, бетонные изделия, инновации, новшества, технологии, строительство.

### Введение

В перспективе бетон останется одним из ведущих строительных материалов в строительстве зданий, поскольку его производство требует минимального расходования природных ресурсов. Например, для производства одной тонны бетона достаточно переработать 6–7 тонн природных ресурсов, в сравнении с производством одной тонны стали, где требуется практически в три раза больше природных ресурсов – около 20 тонн, включая 19 тонн отходов. Кроме того, бетон и железобетон, согласно

своим показателям прочности и долговечности, не уступают другим строительным материалам. Срок его службы составляет до 100 лет, и он успешно сочетается с другими строительными материалами.

Современное строительство активно использует различные виды бетона, включая традиционные бетоны, фибробетоны, полистиролбетоны, пористые и гидроизолирующие. По многим показателям они приближаются к свойствам природного камня и даже металла.

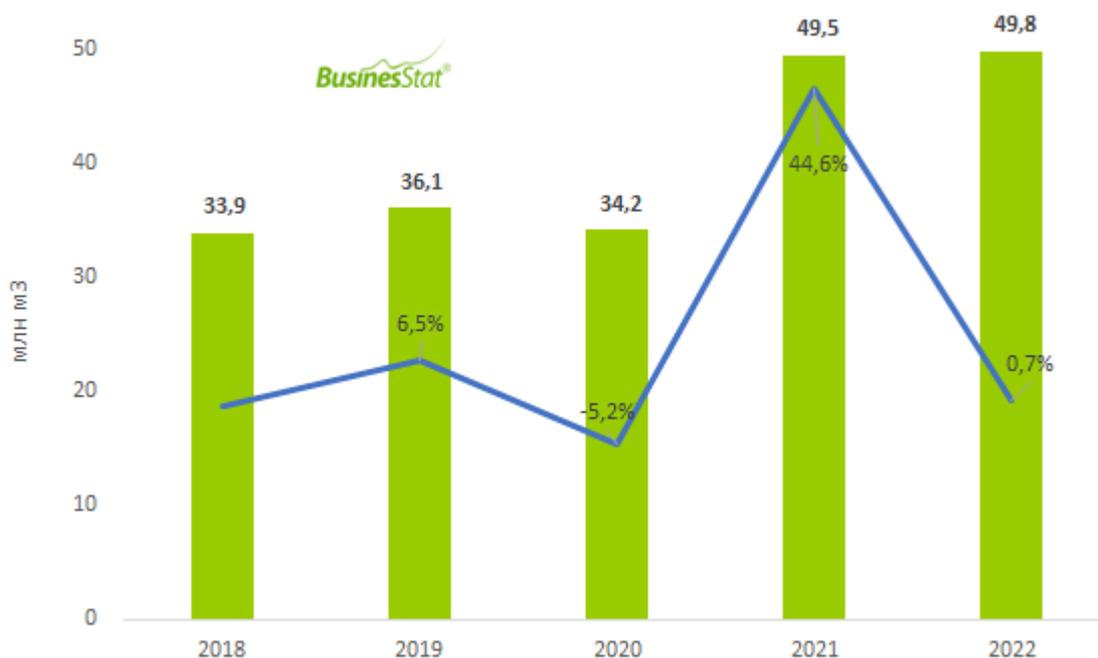


Рис. 1. Рынок бетонных изделий

Процесс исследования и разработки новых видов бетона продолжается в силу того, что обычный состав бетона в настоящее время уступает по качеству многокомпонентным модифицированным смесям. Благодаря использованию компьютерного проектирования состава бетонов и технологий их приготовления становится возможным прогнозировать физико-механические и эксплуатационные характеристики, эффективно управлять структурообразованием на всех этапах производства и получать материал с необходимыми свойствами.

В современном мире бетон невозможно представить без различных химических добавок. К сожалению, в России только 50–60% производства бетона включают модификаторы, и это является недостатком по сравнению с зарубежными странами. Всего две российские добавки соответствуют мировым стандартам: суперпластификатор СЗ и комбинированный модификатор МБ, основанный на микрокремнеземе и том же суперпластификаторе СЗ. Остальные добавки приходится закупать за рубежом, включая ускорители затвердения и суперпластифицирующие комплексы.

Наиболее активные исследования в области модификации бетонов проводятся в Японии, особенно в университете г. Корияма под руководством профессора И. Охама. Новые разработки включают использование стирол-бутадиеновых латексов, полиэтиленвинилацетатных эмульсий и полиакриловых эфиров, а также полимерных порошков с

восстанавливаемой дисперсией, таких как полиэтиленвинилацетат. Стоит выделить модификацию стандартной эпоксидной смолой: композиции используются без отвердителя, что снижает их токсичность. Смола полимеризуется в процессе гидратации цемента, и при прогреве бетона наблюдается увеличение его прочности.

Среди различных видов бетона в ближайшем будущем мелкозернистый бетон приобретет большую популярность. Этот материал, при правильном составе, обладает высококачественной структурой и отличается высокой технологичностью, что позволяет производить изделия как методом прессования с немедленной распалубкой, так и методом литья. Это особенно удобно для монолитного строительства. Благодаря использованию песка он становится более доступным по цене, снижая стоимость бетона от 15–25% по сравнению с крупнозернистыми бетонами на щебне.

Сейчас активно внедряется концепция high performance concrete, известная как бетон высоких технологий, объединяющего лучшие свойства этого материала. Эта бетонная смесь легко распределяется и не требует вибрации для уплотнения. Она быстро набирает прочность и, после застывания, обладает отличной поверхностью. Путем сочетания высококачественного бетона с другими эффективными составами возможно создание "дома XXI века". Такой дом будет иметь прочный каркас с долговечностью более 200 лет, а его ограждающие конструкции будут изготовлены из

суперлегких и декоративных бетонов, что позволит создать архитектурно выразительное, быстро возводимое и легко модифицируемое жилье с возможностью регулярного обновления инженерных сетей и отделки, обеспечивая комфортное проживание.

Многие эксперты утверждают, что, ориентируясь на зарубежный опыт и потенциал экономической эффективности строительстве, следует переходить на использование тяжелых высокопрочных бетонов класса В60 и выше. За рубежом с 1970 по 1990 год конструкционная прочность бетонов возросла с 40 до 120 МПа. В настоящее время в России бетоны класса В60 используются лишь в исключительных случаях, таких как строительство тоннелей в Лефортовском и Серебряном бору.

Также важно продолжить работу в области легких бетонов, включая создание и внедрение конструкционно-теплоизоляционных бетонов классов В30–В45 с плотностью D1400–1800. Эти материалы особенно полезны для реконструкции и санации жилых зданий. Чем легче надстройка, тем больше этажей можно добавить, что приводит к экономическим выгодам за счет увеличения площади.

В строительной отрасли продолжают исследования в области технологии армирования железобетона, поиска эффективных сталей и неметаллической арматуры. Производство сборного железобетона переходит на сталь класса А500, а на предприятии "Моспромжелезобетон" ведется работа над базальтопластиковой арматурой [1].

Таблица

**Основные характеристики волокон для армирования композитов**

Тип волокна	Плотность $\rho$ , кг/см <sup>3</sup>	Прочность на растяжение $R_t$ , МПа	Удельная прочность $R/\rho$ , 106 см	Модуль упругости при растяжении $E$ , МПа
Металлы				
Алюминий	0,00269	63,3	2,36	74 520
Титан	0,00471	196,8	4,18	117 400
Сталь	0,00781	421,8	5,4	210 000
Бериллий	0,00186	175,8	9,47	309 300
Неорганические вещества:				
Стекло E	0,00255		13,8	73 820
Стекло S	0,00249		19,74	87 890
Углерод	0,00175	250–350	14,3–20	200 000–250 000

1. Новые технологии в производстве бетона и железобетонных конструкций

На сегодняшний день строительные материалы, особенно бетон, подвергаются постоянному совершенствованию, а технологические процессы создания железобетонных изделий становятся все более инновационными. С учетом высоких темпов развития строительства российские производства тщательно следят за качеством выпускаемых железобетонных изделий.

Технологии производства цемента и бетона неуклонно продвигаются вперед: уже существует более тысячи различных видов бетона. Идет работа над специализированными видами цемента для производства бетона повышенной прочности. Например, DSP-композиты включают однородно распределенные частицы микрокремнезема, специальные цементы и

микроволокна. Эти бетоны обладают выдающимися свойствами износостойкости и имеют прочность на сжатие в 270 МПа.

Также активно разрабатываются материалы, которые обладают высокой прочностью при уменьшенной массе. Созданы суперлегкие теплоизоляционные бетоны с объемной массой менее 100 кг на 1 м<sup>3</sup>. Магнезиальные бетоны, основанные на магнезиальных компонентах, обладают высокой теплоизоляцией, огнестойкостью и прочностью на сжатие и изгиб. Кроме того, они не требуют специальных условий хранения и обладают бактерицидными свойствами, что делает их идеальными для изготовления полов. Сегодняшний ассортимент железобетонных изделий включает более 1000 наименований, для каждого из которых применяется свой метод производства.

1. Агрегатно-поточная технология включает формование железобетонных изделий в металлических формах и их перемещение при помощи агрегатов поточным способом. Прогрев происходит в щелевых или ямных камерах.

2. Технология индивидуальных столов-подъемников базируется на формировании ЖБИ на специальных неподвижных столах (металлических плитах с бортоснасткой из ламинированной фанеры) и прогреве изделий с использованием механизма вертикального подъема.

3. Карусельная технология включает использование форм, которые передвигаются от одной точки технологического процесса к другой по роликовым опорам.

4. Кассеты вертикального формования представляют собой листы металла, подвешенные на раму при помощи роликов. Эти кассеты перемещаются с использованием гидроцилиндров и могут служить формой для нескольких изделий одновременно [2].

Безусловно, внедрение инноваций в производство бетона – это не просто маркетинговый ход, а реальная практика, которая уже сегодня позволяет компаниям различных уровней значительно увеличить свою прибыль благодаря применению современных технологических решений [3, 4].

Инновационным открытием в строительной науке стали бетоны, усиленные стеклогранулятами. Это абсолютно новый материал, представляющий собой комбинацию обжиговых заполнителей, подобных керамзиту. Однако, в отличие от традиционных заполнителей, стеклогрануляты проходят предварительный этап смешивания со щелочными компонентами, формируя гидросиликаты натрия и алюминия. Именно это придает гранулятам прочностные свойства и уменьшает водопоглощение.

Применение этих бетонов привело к феноменальным результатам. В НИИЖБе удалось создать бетоны с плотностью 500 кг/куб.м и коэффициентом теплопроводности 0,12 в сухом состоянии, а в зоне В – 0,14–0,15. Это

позволило заменить трехслойные наружные панели однослойными, обладающими аналогичными тепловыми характеристиками – и все это без использования дополнительных утеплителей. Научный институт железобетона представляет новые виды композитной арматуры для армированного бетона. Стальная арматура нового поколения, обогащенная ниобием и ванадием, обладает высокой прочностью и пластичностью, а ее уникальный химический состав позволяет использовать ее при разных температурах, вплоть до 700°C. Это позволяет сэкономить до 57% металла при производстве.

При использовании новых видов бетона со смешанными вяжущими, ученые столкнулись с проблемой сохранности внутренней арматуры. Решением стало создание нескольких видов неметаллической композитной арматуры, включая стеклокомпозитную, базальтокомпозитную и базальтокомпозитную с углеродным волокном.

Композитная арматура обладает выдающимися коррозионными характеристиками, низким теплопроводностью, является диэлектриком и диамагнетиком. Композитная арматура уже нашла применение в строительстве, в фундаментах и дорожных плитах, особенно в агрессивных средах. Новые нормативы и стандарты подтверждают ее качество, и она уже успешно используется на крупных строительных объектах, включая стадионы "Спартак" и "Лужники" [5].

Ученые лаборатории Фарнама пришли к новому решению, переработав угольную золу в пористый, легкий материал, эта технология позволяет создавать бетон с удивительной прочностью и продлевает его срок службы. Ключевая идея заключается во внутреннем затвердении бетона: пористый материал поддерживает постоянный уровень влажности, обеспечивая равномерное затвердевание изнутри. Этот метод не только делает бетон невероятно прочным, но и снижает производственные затраты, что делает его более доступным и экологически безопасным вариантом.

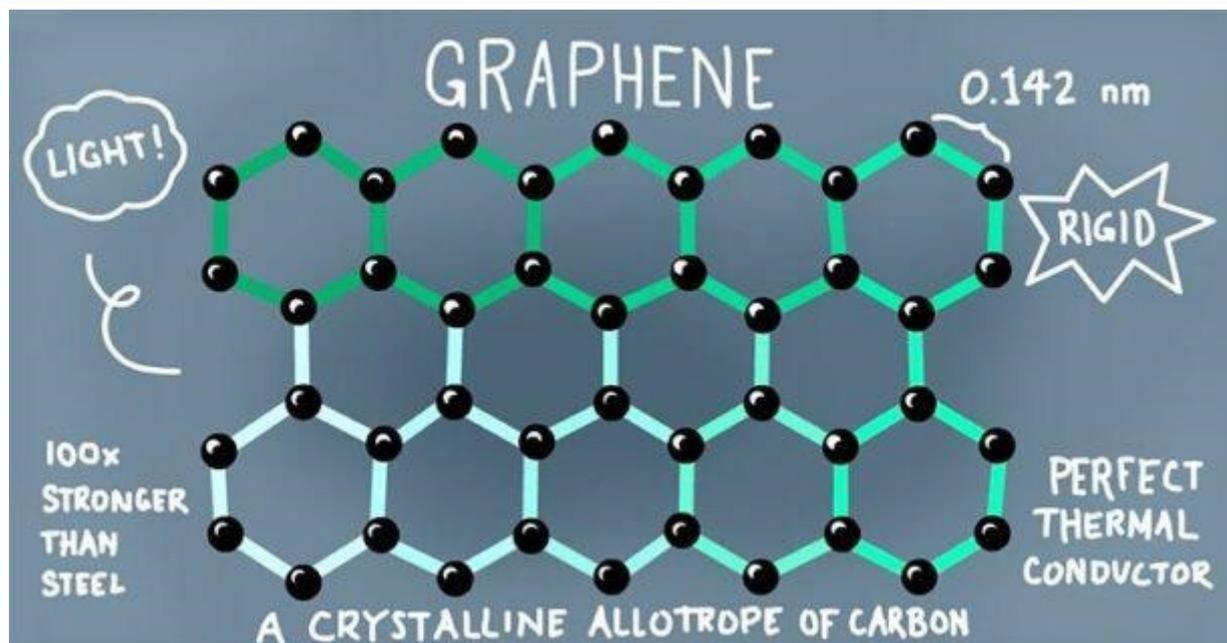


Рис. 2. Бетон из графена

Исследователи из Университета Эксетера представили инновационную методику, в которой помощью нано-инженерии им удалось внедрить графен в обычные бетонные смеси, сделав их не только долговечными, но и экологически чистыми. Технология прошла тщательное тестирование и успешно соответствует британским и европейским строительным стандартам.

Также важно отметить, что новый бетон, усиленный графеном, не только снизил углеродный след традиционных методов производства, но и стал более устойчивым к нагрузкам. Выбросы углерода уменьшились на 446 кг/тонну, а расход материалов сократился на половину [6].

#### Заключение

Таким образом можно сказать, что экологически чистые методы строительства представляют собой важный шаг к сокращению выбросов углерода по всему миру и сохранению окружающей среды. Это значимое достижение в создании продвинутой строительной сферы будущего.

В перспективе бетон останется одним из ведущих строительных материалов в строительстве зданий, поскольку его производство требует минимального расходования природных ресурсов, а срок его службы составляет до 100 лет, и он успешно сочетается с другими строительными материалами.

#### Литература

1. Инновации в технологии бетона [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://helpiks.org/8-91639.html> (дата обращения 15.09.2022).
2. Новые технологии в производстве железобетонных конструкций. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://msd.com.ua/sovremennoe-proizvodstvo-stroitelnykh-materialov/novye-texnologii-v-proizvodstve-zhelezobetonnykh-konstrukcij/> (дата обращения 15.09.2022).
3. Применение новейших разработок в производстве бетона. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://nflg.ru/stati/post/innovacii-v-proizvodstve-betona-marketingovyy-hod-ili-realnost> (дата обращения 15.09.2022).
4. Каким будет бетон будущего: 5 перспективных разработок. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://bsrbest.com/blog/kakim-budet-beton-budushchego-5-perspektivnykh-razrabotok/> (дата обращения 15.09.2022).
5. Бетонные инновации [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ancb.ru/publication/read/1140> (дата обращения 15.09.2022).
6. 6 инноваций и модернизаций бетона [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://remstroiblog.ru/olya\\_nechet/2019/12/26/6-innovatsij-v-modernizatsii-betona/](https://remstroiblog.ru/olya_nechet/2019/12/26/6-innovatsij-v-modernizatsii-betona/) (дата обращения 15.09.2022).

**EREMENKO Vitalii**

Founder, Director, Trade and production company "Tsarsky Dvor",  
Russia, Kazan

## **TECHNOLOGICAL INNOVATIONS IN THE PRODUCTION OF CONCRETE PRODUCTS FOR CONSTRUCTION: FROM THEORY TO PRACTICE**

***Abstract.** It is undeniable that the introduction of technological innovations in the production of concrete is an integral part of the development of the construction sector. These innovations significantly improve the quality of finished products, extending the service life of foundations, reinforced concrete elements, bridge supports and other building components. They also reduce the preparation time of the concrete mix, which has a positive effect on the completion dates of construction projects. Improved technologies also create safer and more environmentally friendly products, thanks to automation and an increased degree of safety in modern production facilities.*

*Over the past two decades, the use of concrete in construction has increased markedly, displacing other building materials, especially steel. As a result, concrete is used more than twice as actively today than all other building materials in the aggregate.*

*Experts say that the level of concrete and reinforced concrete production has a huge impact on the entire building materials industry and construction in general. In Russia, more than 70% of all cement and 30% of non-metallic materials are directed to the production of precast monolithic reinforced concrete.*

*In this connection, it was decided to consider technological innovations in the production of concrete products for construction. The methodological basis was the scientific literature of foreign and domestic authors.*

**Keywords:** concrete, concrete products, innovations, innovations, technologies, construction.