

ность цен на сырье, однако фундаментальная конкурентоспособность китайской промышленности позволяет прогнозировать сохранение положительного сальдо торгового баланса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Статистические данные о внешней торговле Китая за 2025 год и январь – февраль 2026 года // Главное таможенное управление КНР. – URL: <http://english.customs.gov.cn/Statistics/Statistics?page=8> (date of access: 20.05.2026).

2 Прогнозы роста экспорта и импорта Китая на 2026 год // Аналитический доклад UOB (United Overseas Bank). – URL: <https://www.uobgroup.com/asean-insights/articles/uob-business-outlook-study-2026-china-h1.page> (date of access: 20.05.2026).

3 Обзор движения капитала и прогноз притока иностранных инвестиций на второе полугодие 2026 года // Государственное валютное управление КНР (SAFE). – URL: <https://www.safe.gov.cn/en/SAFEnews/index.html> (date of access: 20.05.2026).

4 Доклад о развитии внешнеэкономической деятельности Китая в 2025 году // Министерство коммерции КНР. – URL: <https://english.mofcom.gov.cn/PressConferenceHomepage/ForeignInvestment/> (date of access: 20.05.2026).

5 Данные о товарообороте ЕС–Китай за 2025 год // Статистическая служба Европейского Союза (Eurostat). – URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=EU_trade_with_China_-_latest_developments (date of access: 20.05.2026).

6 Отчёт о торговом сотрудничестве АСЕАН–Китай в 2025 году // Секретариат АСЕАН. – URL: <https://asean.org/asean-and-china-reinforce-commitment-to-deepening-comprehensive-strategic-partnership/> (date of access: 20.05.2026).

7 Обзор глобальных торговых барьеров и протекционистских мер в отношении «зелёной» энергетики Китая // Всемирная торговая организация (ВТО). – URL: https://www.wto.org/english/thewto_e/countries_e/china_e.htm (date of access: 20.05.2026).

Получено 28.05.2026

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.

Вып. 31. Гомель, 2026

УДК 691.32.059.3

М. В. КРУГЛЯКОВ (ПС-21)

Научный руководитель – канд. техн. наук *А. А. ВАСИЛЬЕВ*

ТКАНЕБЕТОН

Представлен тканебетон как композитный строительный материал, представляющий значительный интерес для использования при реконструкции и капитального ремонта бетонных и железобетонных конструкций. Представлены характеристика составляющих тканебетона. Приведен типовой состав тканебетона. Показаны преимущества тканебетона по сравнению с традиционным фибробетоном. Приведены

варианты использования тканебетона в реальных конструкциях. Показаны пути совершенствования тканебетона.

Тканебетон (Textile Reinforced Concrete, TRC) – композитный строительный материал, представляющий собой мелкозернистый бетон, армированный текстильной сеткой или тканью.

В отличие от традиционного железобетона, использующего стальную арматуру, в тканебетоне функцию армирования выполняет высокопрочная ткань, сплетенная из стекловолокна, углеволокна, базальтового волокна или других синтетических волокон [1].

TRC представляет собой сочетание мелкозернистого бетона и текстильного армирующего материала. Для получения такого материала используется специально подобранный мелкозернистый бетон с высокой подвижностью и хорошей способностью сцепляться с тканью. В его состав входят цемент, мелкий заполнитель (обычно кварцевый песок), вода и различные модифицирующие добавки: пластификаторы, ускорители или замедлители твердения, компоненты, повышающие прочность. Размер частиц заполнителя подбирается таким образом, чтобы бетон свободно проникал в структуру текстильной сетки.

Текстильная арматура определяет ключевые механические свойства материала – прежде всего его способность воспринимать растягивающие и изгибающие нагрузки. На характеристики композита влияют тип волокон, схема плетения, размеры ячеек и ориентация нитей. Армирующие полотна могут быть однонаправленными, двунаправленными или пространственными. Перед применением их нередко пропитывают составами, улучшающими сцепление с цементным камнем и защищающими волокна от щелочной среды.

Типовой состав тканебетона приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Типовой состав тканебетона на 1 м^3 для В / Ц = 0,25...0,4

Цемент	Песок	Вода	Минеральные добавки	Суперпластификатор	Текстильное армирование
450–600	900–1200 ($\leq 2 \text{ мм}$)	150–200	10–20 % от массы цемента	0,5–3 % от массы цемента	1–5 % от объема

На рисунках 1 и 2 представлены текстильная арматура и мелкозернистый бетон соответственно.

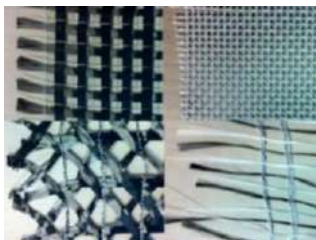


Рисунок 1 – Текстильная арматура



Рисунок 2 – Мелкозернистый бетон

Текстильные полотна обычно производят из щелочестойкого стекловолокна или углеродных нитей, сформированных в многослойный ровинг. Бетон для таких систем готовят с максимально мелким заполнителем – до 1 мм. Благодаря этому композит приобретает высокую прочность на растяжение, устойчивость к коррозии, малую толщину защитного слоя и небольшой собственный вес.

По сравнению с фибробетоном (FRC) тканебетон обладает важным преимуществом: армирующие элементы располагаются именно в тех зонах, где возникают растягивающие напряжения. В фибробетоне волокна распределены хаотично, поэтому их потенциал используется не полностью, особенно в части контроля трещинообразования и повышения жесткости. Кроме того, наличие волокон в зоне сжатия практически не влияет на прочность. TRC объединяет достоинства коротковолокнистого бетона и классического железобетона, при этом требуемая доля армирующего материала значительно ниже. Если для эффективного армирования FRC требуется более 3 % волокон, то в TRC объемная доля существенно меньше, что снижает стоимость конструкции и повышает эффективность использования волокон [2].

Тканебетон широко применяется при реконструкции и усилении железобетонных, кирпичных и каменных конструкций. Его используют для восстановления несущей способности элементов, поврежденных коррозией арматуры или трещинами, а также при необходимости увеличения эксплуатационных нагрузок. Тканебетонные обоймы позволяют усиливать балки и колонны, а тонкие слои TRC – повышать жесткость и несущую способность перекрытий, уменьшая их прогибы. Материал подходит и для ремонта локальных повреждений: сколов, трещин, участков разрушенного защитного слоя.

К недостаткам материала относят более высокую стоимость текстильной арматуры по сравнению со стальной. Поэтому одно из ключевых направлений развития – создание новых типов волокон с улучшенными характеристиками. Исследования ведутся в нескольких направлениях: повышение прочности и модуля упругости, увеличение стойкости к воздействию щелочной среды, влаги, кислот и солей, а также улучшение огнестойкости. Особое внимание уделяется разработке экологичных материалов из возобновляемых источников.

Проведенный обзор показывает, что тканебетон постепенно занимает устойчивое место среди современных композитных материалов благодаря сочетанию высокой прочности, коррозионной стойкости и малой массы. Использование текстильной арматуры позволяет целенаправленно усиливать зоны растяжения, что выгодно отличает TRC от фибробетона, где волокна распределены случайным образом и не всегда работают эффективно. Композиция мелкозернистого бетона и текстильных волокон обеспечивает материалу способность воспринимать значительные нагрузки при минимальной толщине конструктивных слоев.

Практика применения TRC в усилении и восстановлении строительных конструкций подтверждает его высокую технологичность и универсаль-

ность. Материал позволяет продлевать срок службы железобетонных, каменных и кирпичных элементов, не нарушая их геометрию и внешний вид, что особенно важно при работе с историческими объектами. При этом тонкие армирующие слои дают возможность выполнять ремонтные мероприятия без существенного увеличения массы и размеров конструкций.

Несмотря на более высокую стоимость текстильной арматуры, потенциал дальнейшего развития TRC остается значительным. Исследования, направленные на повышение прочности волокон, улучшение их химической стойкости и огнеупорности, а также поиск экологичных материалов открывают возможности для расширения сфер применения композита. С учетом этих тенденций можно ожидать, что TRC станет одним из ключевых направлений в области современных строительных материалов, особенно там, где требуется сочетание долговечности, малой массы и высокой эксплуатационной надежности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Либольдт, М.** Тонкозернистая бетонная матрица для текстильно-армированного бетона; требования – практическая адаптация – свойства / М. Либольдт // В: Concrete and Reinforced Concrete Construction. – 2015. – Special is. 110. Is. S1. – P. 22–28.

2 **Naach, A.** Mechanical Properties and Durability of Textile Reinforced Concrete / A. Naach, R. D. Toledo Filho // Polymers. – 2023. – № 15 (18). – P. 3826.

3 **Хеггер, Й.** Исследования несущего поведения и потенциала применения тканебетона / Й. Хеггер, С. Восс // Инженерные конструкции (Engineering Structures). – 2008. – Т. 30, № 7. – С. 2050–2056.

Получено 20.05.2026

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.
Вып. 31. Гомель, 2026

УДК 661.666.232:691

А. П. КУЛАКОВА (ПС-22)

Научный руководитель – канд. техн. наук *А. А. ВАСИЛЬЕВ*

3D-ГРАФЕН

Рассматривается исследование 3D-графена при создании новых и существующих строительных материалов с улучшенной структурой и характеристиками. Выполнено описание структуры 3D-графена. Приведены данные анализа влияния 3D-графена на свойства композиционных материалов. Рассмотрены свойства 3D-графена. Приведены методы получения трехмерных графеновых архитектур. Показаны преимущества интеграции 3D-графена в строительные материалы. Приведены примеры возможного применения трехмерных графеновых структур в строительной отрасли.