

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.

3D-графен – перспективный наноматериал с уникальными свойствами. Он представляет собой трехмерную макроскопическую структуру, состоящую из графеновых слоев, соединенных в единую пространственную сетку. Его главное отличие от двумерного графена заключается в объемной архитектуре, которая сохраняет уникальные свойства графена при переходе в макромасштаб.

3D-графен – наноматериал, с макроскопической и микроскопической структурами, характеризующийся трёхмерными каркасами, образованными из графеновых листов, которые соединяются силами Ван-дер-Ваальса или химическими связями.

Трёхмерные графеновые материалы (3D-графен) используются для создания макроскопических структур и кардинального улучшения функциональных характеристик композитных систем. В отличие от отдельных двумерных листов 3D-графен представляет собой объемные пористые архитектуры (пены, аэрогели и губки), которые служат каркасом внутри композита, создавая эффект объемного модифицирования и проводящую сеть.

Благодаря своей уникальной структуре 3D-графен функционирует на макроуровне по всему объему материала, обеспечивая однородное сопротивление деформациям и повышенную прочность. Это особенно значимо для повышения модуля упругости, увеличения прочности на растяжение, предотвращения распространения микродефектов. Благодаря введению 3D-графена композит приобретает повышенную электропроводность, термостабильность, улучшенные барьерные свойства, химическую стойкость. Кроме того, 3D-графеновые структуры оптимизируют межфазное взаимодействие в композите, снижают коэффициент теплового расширения и повышают устойчивость к термоокислительной деградации [1].

В отличие от своего двумерного аналога 3D-графен не страдает от повторного слипания слоев (рестэкинга), что позволяет ему в полной мере сохранять высокую удельную поверхность, которая может достигать 3000 м²/г, и развитую пористость. Эта иерархическая архитектура не только предотвращает агломерацию графеновых листов, но и придает материалу новые, уникальные свойства, отсутствующие у исходного 2D-графена.

Влияние 3D-графена на свойства композитных материалов приведено на рисунке 1.

Благодаря своей структуре 3D-графен сочетает в себе исключительную механическую прочность, легкость и высокую электропроводность. Плотность графеновых аэрогелей может составлять всего 0,16–10 мг/см³, что делает их одними из самых легких твердых материалов, при этом они способны выдерживать нагрузки, в тысячи раз превышающие их собственный вес. Электропроводность трехмерных структур (особенно полученных методом химического осаждения из паровой фазы (CVD)) может достигать 2000 см/м и выше, что позволяет их использовать в гибкой электронике и суперконденсаторах.

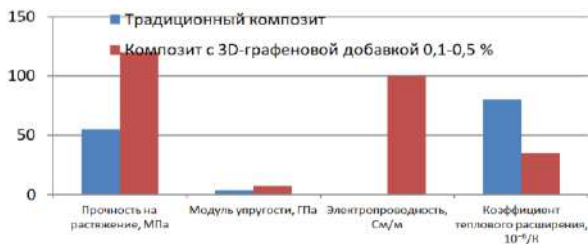


Рисунок 1 – Влияние 3D-графена на свойства композитных материалов

Механические свойства 3D-графена характеризуются высокой упругостью и способностью к большим обратимым деформациям, а теплопроводность, хотя и ниже, чем у монокристаллического графена, остается значительной, что перспективно для применения в системах теплопередачи [2].

Существует множество методов получения трехмерных графеновых архитектур. Методы самостоятельной сборки, как правило, используют в качестве строительного блока оксид графена (GO). В этом случае процесс формирования 3D-структуры часто происходит через стадию гелеобразования. На стабильную суспензию GO воздействуют различными способами, такими как изменение pH, добавление сшивающих агентов (поливиниловый спирт, ионы металлов) или ультразвуковая обработка, что нарушает баланс сил отталкивания и приводит к самопроизвольной сборке листов GO в трехмерный гидрогель. Последующее восстановление (химическое, термическое или гидротермальное) преобразует GO в восстановленный оксид графена (rGO), формируя конечную 3D-структуру, такую как аэрогель или губка. Ключевым преимуществом этих методов является их масштабируемость и относительно низкая стоимость, однако получаемые материалы часто имеют больше дефектов и более низкую электропроводность по сравнению с графеном, полученным CVD-методом. Альтернативой являются методы с использованием шаблонов, которые позволяют получать 3D-графен с более контролируемой морфологией и высоким качеством. При использовании CVD-метода газообразный углерод (например, метан) осаждается на поверхность трехмерного шаблона-катализатора, такого как никелевая пена или оксидные керамики (Al_2O_3 , MgO). После осаждения графенового слоя шаблон химически растворяется, оставляя после себя пористую, самонесущую 3D-структуру, точно повторяющую исходную форму шаблона. Этот метод позволяет получать материалы с выдающейся электропроводностью и механической стабильностью, но он является более дорогостоящим и технологически сложным. Современные подходы также включают 3D-печать графеновыми чернилами [3].

Интеграция 3D-графена в строительные материалы открывает путь к созданию нового поколения конструкций, обладающих не только улучшенными механическими характеристиками, но и smart-функциональностью. Одним из наиболее проработанных направлений является использование

3D-графена для армирования бетона. Исследования и практические реализации (такие как проект Cementene™) показывают, что добавление 3D-графена позволяет создать бетон, который в 2,5 раза прочнее и в 4 раза менее водопроницаем, чем традиционный.

Такое кардинальное улучшение характеристик позволяет значительно сократить количество используемого цемента для достижения тех же прочностных показателей, ведет к снижению углеродного следа до 30 %, что критически важно для экологизации строительной отрасли.

Помимо усиления, важнейшей перспективой является использование электропроводности графена для создания «умных» конструкций. Встроенные в бетон или композитные панели на основе 3D-графена сенсорные сети могут в реальном времени отслеживать напряжение, деформации, температуру и влажность, обеспечивая мониторинг структурной целостности и предупреждая о возможных повреждениях. Кроме того, проводящие свойства материала позволяют создавать системы бескабельного обогрева полов, стен и дорожных покрытий для эффективной борьбы с обледенением. Многофункциональность 3D-графена также проявляется в комбинации с другими материалами, например, с цеолитами. Такие композиты, используемые в напольных покрытиях, могут одновременно улучшать теплопроводность, обеспечивая пассивное аккумулирование и отдачу тепла и регулировать влажность, а также адсорбировать вредные вещества из воздуха (благодаря цеолиту), тем самым повышая энергоэффективность и качество внутренней среды здания.

3D-графен представляет собой принципиально новый подход к созданию строительных материалов, открывающий возможности для кардинального улучшения их эксплуатационных характеристик. Благодаря уникальной трехмерной архитектуре этот материал позволяет создавать в бетоне и других строительных композитах пространственный армирующий каркас, который не только повышает механическую прочность, но и придает материалам принципиально новые функциональные свойства. Особую ценность представляет способность 3D-графена формировать проводящие сети внутри строительных конструкций, что создает основу для разработки интеллектуальных строительных систем, способных к самодиагностике и адаптации к изменяющимся условиям эксплуатации.

Практическое применение трехмерных графеновых структур в строительной отрасли выходит за рамки традиционного армирования, охватывая создание многофункциональных покрытий, теплопроводящих композитов и решений для энергосбережения.

Интеграция 3D-графена в строительные материалы позволяет не только значительно расширить их службу, но и создавать объекты с принципиально новыми характеристиками – от способности к электрообогреву до мониторинга структурной целостности. Важным аспектом является и экологическая составляющая, поскольку применение графеновых технологий способствует развитию устойчивого строительства за счет повышения

долговечности конструкций и оптимизации использования ресурсов. Перспективы широкого внедрения 3D-графена в строительную практику связаны с дальнейшим совершенствованием технологий его производства и интеграции в строительные процессы.

Трехмерные графеновые структуры закладывают основу для следующего поколения строительных материалов – более прочных, долговечных, многофункциональных и интеллектуальных, способных отвечать вызовам современной архитектуры и строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Что такое 3D-графен. – URL: <https://avadaingraphene.com/what-is-3d-graphene/> (дата обращения: 19.02.2026).

2 3D-структуры, содержащие графен, для тканевой инженерии. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2468519419302113> (дата обращения: 19.02.2026).

3 Трехмерные графеновые материалы: получение, структуры и применение. – URL: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2014/ee/c4ee00050a> (дата обращения: 19.02.2026).

Получено 19.05.2026

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

UDC 343.72

P. S. KURAPY (ГС-21)

Research Supervisor – Master of Philology, lecturer A. S. *DROBYSHEVSKAYA*

TRANSFORMATION OF CRYPTOCRIME UNDER THE INFLUENCE OF AI = ТРАНСФОРМАЦИЯ КРИПТОПРЕСТУПЛЕНИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ ИИ

Artificial intelligence lowers the entry threshold for crypto fraudsters by automating attacks and scaling schemes. The efficiency of AI operations exceeds traditional indicators, but the revenue laundering infrastructure does not keep up with their volumes. AI remains an auxiliary tool – it speeds up analysis, but does not replace an expert in decision-making.

The cryptocurrency market has been gradually integrating into the traditional economic system over the past few years, but this process has been accompanied by an increase in the volume of related crimes. Artificial intelligence (AI) has rapidly moved from the experimental technology phase to a publicly available service. Mostly in the public field, AI is often discussed as a tool for analyzing the blockchain or detecting suspicious transactions, but to a lesser extent, its use as a means of attack.