

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2022, №3 Том 9 / 2022, No 3, Vol 9 <https://resources.today/issue-3-2022.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/19ECOR322.pdf>

DOI: 10.15862/19ECOR322 (<https://doi.org/10.15862/19ECOR322>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Галиев, Л. С. Оценка конкурентных преимуществ композиционных материалов в строительных конструкциях / Л. С. Галиев, В. В. Полити, В. С. Канхва // Отходы и ресурсы. — 2022. — Т. 9. — № 3. — URL: <https://resources.today/PDF/19ECOR322.pdf> DOI: 10.15862/19ECOR322

For citation:

Galiev L.S., Politi V.V., Kankhva V.S. Assessment of the competitive advantages of composite materials in building structures. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*, 9(3): 19ECOR322. Available at: <https://resources.today/PDF/19ECOR322.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.15862/19ECOR322

Галиев Леонид Сергеевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
Москва, Россия

Студент 6-го курса специалитета по направлению подготовки 08.05.01 — «строительство уникальных зданий и сооружений» образовательной программы «Строительство подземных сооружений»

E-mail: 7420697@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1154488

Полити Виолетта Валерьевна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
Москва, Россия

Доцент

Кандидат экономических наук, доцент

E-mail: PolitiVV@mgsu.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8898-2883>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=455906

Канхва Вадим Сергеевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
Москва, Россия

Доцент

Кандидат экономических наук, доцент

E-mail: KanhvaVS@mgsu.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2611-1684>

РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=587928

Оценка конкурентных преимуществ композиционных материалов в строительных конструкциях

Аннотация. В статье представлены результаты исследования отечественного рынка строительных композиционных материалов. Отмечен рост научно-исследовательских работ и развитие производства композиционных материалов. Авторами выявлено увеличение активности их применения в отдельных видах строительства. Однако так же выявлены и описаны определенности трудности в принятии решений на стадии проектных и конструкторских разработок в силу высокой стоимости композиционных материалов. Поэтому авторами данного исследования сделан акцент на значимых конкурентных преимуществах изучаемых инноваций для строительной отрасли. Также авторами предложен новый

принципиальный подход к проведению экономической оценки эффективности применения инновационных строительных материалов на примере композитов. Выявлены преимущества и различные эффекты, возникающие при использовании композиционных материалов. Как доказательство, в статье приведен расчет экономического эффекта, достигаемого в случае назначения величины горизонта планирования инвестиционного проекта, равной нормативному усредненному сроку службы конструкции. Эффект достигается в процессе длительной эксплуатации за счет увеличения сроков межремонтного периода и отсутствия затрат на отдельные виды строительно-ремонтных и обслуживающих работ. Проведена оценка импортозависимости строительной индустрии по виду деятельности «производство композиционных материалов». Авторы отмечают кадровый дефицит, зависимость от импортного оборудования для производства композитов, нехватку собственного сырья. Однако ситуация в композитной отрасли не является критической. Так повышение спроса со стороны потребителей продукции, развитие и поддержка новых импортозамещающих производителей, развитие сырьевой базы при поддержке государства способно решить данную проблему.

Ключевые слова: композиционные материалы; конкурентные преимущества; строительные материалы; общественная эффективность; экономический эффект; чистый дисконтированный доход; нормативный срок службы; оценка уровня импортозависимости

Введение

Исторически использование человеком композитов насчитывает десятки веков, а первое представление было заимствовано у природы. Композиты используются в различных сферах жизни человека, и без композитов развитие таких сфер как авиастроение или автомобилестроение закончилось бы ещё в 60-х годах XX века, но благодаря применению композитных материалов эти сферы приобрели новые глобальные направления роста и применения. За последние 12 лет стремительно выросла доля рынка композиционных материалов в строительном секторе экономики. Изначально композитные строительные материалы применялись в таких видах строительства, как строительство транспортной инфраструктуры, речное и морское строительство, что объясняется высокой коррозионной и химической стойкостью и малой плотностью материала. В последнее время увеличивается объем композитов в бетонных строительных конструкциях, применяемых в качестве армирующего материала (армирующий наполнитель — стекловолокно, углеродное волокно, непрерывно базальтовое волокно) в жилищно-гражданском и промышленном строительстве.

Содержательно композит состоит из двух взаимодействующих и дополняющих друг друга элементов, — материала матрицы и армирующего вещества. Так, «материал матрицы окружает и фиксирует армирующий материал, придает изделию форму. Армирующее вещество передает свои механические и физические свойства изделию, таким образом, усиливает свойства матрицы» [1, с. 27]. Наиболее распространенными армирующими компонентами являются стекло- и углеволокна, а также минеральные и органические наполнители.

Главной особенностью использования композитных материалов является возможность применения в средах с повышенной коррозионной опасностью, использование композитов позволяет сократить расход на строительство и последующую эксплуатацию объекта, обеспечивает повышенные теплоизоляционные характеристики, снижают пожароопасность зданий. В частности, есть опыт разработки средств защиты полимерных композитов (углепластиков) от прямых ударов молнии, что «позволяет обосновано проектировать рациональные варианты молниезащиты» [2, с. 127].

Образцы многослойных «углерод-углеродных и углерод-полимерных композиционных материалов, полученные низкотемпературным методом, могут рассматриваться в качестве перспективных материалов в качестве новых видов теплозащиты в интервале температур от -60 до +150°C в условиях Арктики, Крайнего Севера и Антарктики» [3, с. 14]. Так же прочность и надежность композитов, и их долговечность по сравнению с традиционными материалами неоднократно доказывалась теоретическим и экспериментальным путем [4].

Применение композитных материалов по сравнению с другими строительными материалами позволяет в несколько, а то и в десятки раз снизить общий вес сооружения, и примеров тому масса, — от использования композитов как отделочных материалов, до использования композитной арматуры в несущих конструкциях зданий и сооружений. Далеко не малую роль играет и стоимость композитов по сравнению с аналогами. Так, например стоимость композитной арматуры по сравнению со стальным аналогичного сечения будет на 20–25 % ниже. При этом это не затрагивает вопросы на транспортировку, хранение и сложности при производстве.

1. Материалы и методы

Согласно исследованиям, проведенным С.Н. Лариным, Н.В. Ноакк, Н.А. Соколовым, к основным видам композиционных материалов относят: металл композитные материалы на основе цветных металлов; керамические композиционные материалы; органопластики; текстолиты; полимерно-композиционные материалы. Ученые отмечают, что «первые композиционные материалы стали применяться еще в Древнем Египте» [5, с. 97]. Ученые считают, что «благодаря наличию экстремальных свойств и качественно новых характеристик» композиционные материалы способны вывести все производственные и непроизводственные отрасли, включая оборонно-промышленный комплекс, на качественно новый уровень технико-технологического развития в рамках направления модернизации экономики. Развитие отрасли по производству композитов является особенно актуальным направлением реализации стратегии импортозамещения в условиях негативного влияния расширяющегося пакета санкционных ограничений.

Обозначенные выше вопросы уже давно изучаются многими российскими учёными и в области строительства и архитектуры. Так, например, группа ученых В.Г. Соловьёв, В.Ф. Коровяков, О.А. Ларсен, Н.А. Гальцева, в своём исследовании, представленном в учебно-методическом пособии «Композиционные материалы в строительстве» (МИСИ — МГСУ, 2020), провели сравнительные обзоры строительных материалов с композитами и без таковых, наглядно показав строение матриц и схем армирования. Гуреев К.А. и Солдатов М.Л., исследуя проблематику эффективного управления строительством, отмечают, что целенаправленно воздействия на интеллектуальные и информационные ресурсы, включающие оформленные результаты научно-исследовательских разработок, к которым относятся и композиты, можно управлять стоимостью и конкурентоспособностью инвестиционно-строительного проекта [6].

В своей статье Храмова Т.А. описывает использование и внедрение композитных материалов в строительство, и реконструкцию объектов инфраструктуры [7]. В статье автора приведён сравнительный анализ эффективности использования различных строительных материалов, которые могут быть приняты, как основное проектное решение для строительства пешеходного моста. По результатам анализа были выявлены как преимущества, так и недостатки использования традиционных и композиционных материалов.

Филимонова Л.А., Юзе Е.Н. и др. при обосновании проектного решения предлагают использовать «методы ценового инжиниринга, позволяющего достичь требуемые показатели по энергоэффективности проектируемого объекта, что на эксплуатационной стадии обеспечит экономию расходов на содержание» [8, с. 347].

Отдельно был рассмотрен план мероприятий по импортозамещению в промышленности композитных материалов (композитов) и изделий из них на период до 2024 года, утверждённый приказом Минпромторга РФ от 2 июля 2021 г. № 2423. В данном плане наглядно представлены наименования продукции, часто используемой в производстве строительных композитных материалов, и доля отечественной продукции по каждому из наименований [9].

Основная цель использования композитных материалов (КМ) заключается в приобретении тех уникальных преимуществ, которые достигаются в процессе их применения на стадии строительства или на стадии эксплуатации объекта.

Основными *экономическими эффектами* от применения композитов в инвестиционно-строительной сфере являются: сокращение сроков производства изделий, конструкций, сокращение сроков возведения строительного объекта, снижение эксплуатационных расходов по введённому в строй объекту, увеличение срока его службы, повышение его энергоэффективности, и, в целом, приобретение актуальных инновационных свойств.

Экологический эффект проявляется в снижении отрицательного влияния на окружающую среду, так, применение композиционных материалов позволяет снизить «углеродный след» в строительстве за счет сокращения потребления стали или бетона [10]. Однако следует отметить существующие проблемы с утилизацией композиционных материалов, проявляющиеся в химической стойкости и биологической стойкости к агрессивному воздействию окружающей среды, и поэтому требующей разработки новых экологически безопасных и энергоэффективных технологий рециклинга [11].

В.О. Чулков, Б.Э. Назиров, изучая процесс реновации жилого фонда и другие виды строительного переустройства городской жилой среды, акцентируют внимание на значительных объемах строительного мусора, возникающего при сносе строения или дорожного покрытия [12]. Данная проблема требует разработки новых экономически эффективных методов рециклинга строительных отходов, в состав которых могут входить и композиты, разработанные еще в советский период.

В свою очередь, А.В. Гинзбург и А.Ю. Хаустова, исследуя методы информационного моделирования зданий, входящих в программу реновации города Москвы, отмечают «необходимость оцифровывания процесса демонтажа для расчёта веса отходов строительства и сноса, календарного планирования проведения работ и транспортировки отходов» [13]. Что позволит оптимизировать процесс разработки проекта по сносу здания с учетом наличия в строительных конструкциях биологически неразложимых композиционных материалов.

В конечном итоге, эффективность применения композитных материалов в строительных конструкциях достигается через показатели *экономической эффективности*. Учитывая значимость КМ для народного хозяйства страны в целом и с учетом положений официальных отраслевых и межотраслевых рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов, под *эффективностью* следует понимать соответствие результатов проекта целям и интересам его участников.

Следовательно, определяющим видом эффективности будет *общественная эффективность*, которая характеризует социально-экономические последствия для общества в целом. Таким образом, *критерий эффективности* применения строительных конструкций из КМ — это отношение суммы конечных результатов к стоимости ресурсов и затрат, на использовании которых был получен экономический эффект. В данном случае процесс оценки

общественной эффективности проекта разбивается на две фазы реализации: решается задача по выявлению и оценке сравнительной эффективности традиционных строительных материалов и инновационных (композитных); решается задача сравнения действий, как то «с проектом» или «без проекта».

Методика оценки эффективности инвестиционного проекта с инновациями (строительных конструкций из композитных материалов) является частным случаем решения общей задачи определения экономической эффективности инвестиционного проекта на основе широко известных действующих нормативных методических документов, и включает расчеты таких известных показателей, как интегральный эффект, индекс доходности, дисконтированных срок окупаемости и внутренняя норма доходности проекта. Так, чистый дисконтированный доход будет рассчитываться по формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1 - E_{norm})^t}, \quad (1)$$

где T — горизонт расчета, измеряемый шагами (расчетный период сравнения вариантов без КМ и с КМ), определяемый принятым жизненным циклом проекта (лет); t — номер шага расчета, соответствующий определенной стадии жизненного цикла (месяц, квартал); B_t — выгоды и результаты от осуществления внедрения конструкции из КМ на t -ом шаге расчета; (тыс. руб.); C_t — затраты, включая дополнительные затраты на реализацию внедрения конструкций из КМ на том же шаге, в т. ч. потери, связанные с ущербом, который может принести его внедрение или затраты на устранение данного ущерба (тыс. руб.); E_{norm} — норма дисконта; $(1 - E_{norm})^t$ — коэффициент дисконтирования.

Особенностью методики будет являться расчет коэффициента дисконтирования (E_{INN}) с поправкой на риск от внедрения инновации:

$$E_{INN} = E_{norm} + \frac{P_R}{100}, \quad (2)$$

где P_R — вероятность возникновения риска при внедрении инновации (строительного композитного материала), в %.

Затраты — это стоимость реализации каждого этапа инвестиционно-строительного проекта, укрупненно включающего:

- стоимость этапа разработки *проектной документации*, с учетом затрат на разработку специальных технических условий (при необходимости);
- стоимость этапа непосредственного выполнения *строительно-монтажных работ* на объекте (сооружении);
- *эксплуатационная стадия*, включающая ремонт и содержание объекта с учетом гарантийных обязательств.

Результаты — это экономические эффекты, получаемые на каждой стадии жизненного цикла инвестиционного проекта, включая дополнительные эффекты от внедрения конструкций из КМ. Дополнительные результаты определяются в виде финансовых эффектов (потерь), получаемые от экономии затрат (дополнительных затрат) на различных стадиях жизненного цикла объекта в период t после внедрения конструкций из КМ, вычисляются по формуле:

$$\Delta C(\Xi)_{nt} = C_{nt}^K - C_{nt}^{INN}, \quad (3)$$

где C_{nt}^K и C_{nt}^{INN} — затраты n -го вида эксплуатационно-строительной деятельности (капитальный ремонт, текущий ремонт, затраты на эксплуатацию и содержание).

В случае отсутствия дополнительных затрат на устройство конструкций из КМ, разница затрат рассматривается в виде финансового эффекта. Сокращение затрат на ежегодное нормативное содержание введенного в строй объекта (сооружения) возможно за счет: ликвидации дефектов строительной конструкции; сокращения периодичности выполнения определенного вида ремонтно-строительных работ; полного исключения выполнения какого-либо вида работ.

Как было сказано выше, при оценке эффективности инновационного проекта (на примере использования композитов) следует назначить величину показателя «горизонт планирования ($T; t$)». Зачастую, величину горизонта планирования коммерческого проекта назначают исходя из предпочтений группы инвесторов, стремящихся к ускорению оборачиваемости вложенного капитала, уменьшению срока окупаемости инвестиций, и поэтому назначающих срок рассмотрения эффективности проекта на горизонте планирования 7–8 лет.

Однако авторы исследования считают, что в данном случае следует оперировать понятиями «общая стоимость жизни» (американский опыт оценки проектов, финансируемых из федерального бюджета) или «оценка жизненного цикла конструкции» (европейская методика Life Cycle Assessment, LCA). Термин «жизненный цикл» фиксирует внимание на том, что справедливая и целостная оценка требует оценки всего спектра потенциального воздействия на среду жизнедеятельности человека, в частности, от создания конструкции, использования при производстве строительно-монтажных работ, дальнейшей эксплуатации (использование и ремонт) до момента ее утилизации или переработки (рециклинга). Однако для выбранного объекта исследования данной статьи, — строительные конструкции из композиционных материалов — следует ограничиться показателями нормативного усредненного срока службы конструктивных элементов зданий. Обоснование будет следующим, — именно на этапе длительной эксплуатации объекта может проявиться эффект от применения инновации (композита).

2. Результаты и обсуждения

Основным вопросом, поднимающимся в данной статье, является поиск преимуществ использования композитных материалов при строительстве и эксплуатации объектов. Но прежде, чем углубиться в изучение данного вопроса, стоит обозначить основные понятия, относящиеся к композитным материалам, раскрытие которых облегчит понимание статьи.

Композитными или как их ещё называют, композиционными материалами, называют искусственные материалы на многокомпонентной основе, состоящие из матрицы и наполнителя, с чёткой границей фаз между составляющими компонентами. Матрица (связующее) и наполнитель (армирующий компонент) могут быть различными. Часто встречаемые композиты в строительстве основаны на металле, керамике, стекле, углероде, цементе, различного рода полимерах и других материалах. Основные характеристики композиционных материалов зависят от соотношения свойств матрицы и армирующих компонентов, а также прочностью связи между ними. Кроме того, технические характеристики композитов напрямую зависят от правильного выбора исходных компонентов и технологии совмещения матрицы и наполнителя.

В настоящее время в строительной отрасли используется большое количество различных композитных строительных материалов (КСМ), объяснение этому является большое количество положительных качеств композитов, таких как:

- композиты обладают высокой прочностью на растяжение и сжатие, обладают значительной ударопрочностью, прочностью на срез и разрыв и в большинстве случаев превосходят такие материалы как сталь и бетон по прочности;
- композиты обладают малым весом, что позволяет сильно облегчить не только конечный вес конструкции, но и сильно сэкономить на транспортировке;
- композиты обладают низкой паро- и газопроницаемостью, а также практически не подвержены влиянию окружающей среды (влажность, перепады температур, различного вида осадки);
- высокая долговечность в виду износостойкости (срок эксплуатации большинства композитов более 25 лет);
- композиты стойки к воздействию химических веществ и различных реагентов;
- высокая пожаробезопасность (возможность выдерживать температуры до +1200°C; многие из композитов являются негорючими).

Большая объектная база требует различную технологию устройства и применения, что ведёт к разнообразию видов композитных материалов. Среди которых можно выделить наиболее распространённые:

- полимерные бетоны (бетоны с полимерным заполнителем);
- стеклопластики (матрицей являются синтетические смолы, а армирующим компонентом выступает стеклянные волокна);
- углепластики (матрицей являются термоактивные полимеры, а наполнителем углеродистые волокна);
- текстолиты (в качестве матрицы выступают эпоксидные смолы, а наполнителем являются тканые материалы);
- органопластические композиты (матрица представлена различными видами смол, а наполнителем являются различные синтетические волокна или природные материалы).

К наиболее часто встречающимся композитным строительным материалам относят композитную арматуру, композитные панели, профили различного сечения и изделия для водоотведения дождевых и сточных вод. Области применения композитов обширны, в частности можно отметить:

- изготовление несущих ограждающих строительных конструкций;
- использование в качестве материала для усиления несущих конструкций;
- применение при отделочных работах как внутренних, так и наружных;
- при производстве инженерных систем;
- для изготовления различного рода строительного инвентаря;
- при изготовлении элементов благоустройства территории.

К преимуществам использования композитных строительных материалов можно отнести усиление несущих конструкций композитами. Первое усиление композитами было выполнено в России ещё в конце 1990-х годов, в настоящее время композиты эксплуатируются для внешнего и внутреннего армирования, при внешнем армировании конструкций активно используются углепластики, углеродистые ленты, пропитанные эпоксидными смолами.

Использование системы *внешнего армирования* позволяет минимизировать недочёты проектирования или производства работ, а также позволяет увеличить эксплуатационные качества несущих конструкций. Также отмечается, что использование композитных материалов позволяет сократить затраты труда и времени. Использование *внутреннего армирования* конструкций заключается в использовании различного вида композитной арматуры, пластин тканых материалов, а также фиброволокон для получения фибробетона.

Композиты используются во многих видах строительства, при строительстве зданий и сооружений различного назначения, применяются при строительстве объектов транспортной инфраструктуры, при строительстве зданий и сооружений повышенной ответственности. Одним из конкурентных преимуществ композиционных материалов — это сжатые сроки изготовления конструкций. Так, в 2 марта 2007 г. произошло обрушение железобетонного пешеходного моста 1965 г. постройки в районе платформы Тестовская (г. Москва, Белорусская железная дорога) и уже 14 июня производились работы по монтажу нового композитного моста. Площадь железобетонной конструкции 60 кв. м, время ликвидации последствий, от начала проектирования до установки — 2 месяца (рис. 1).

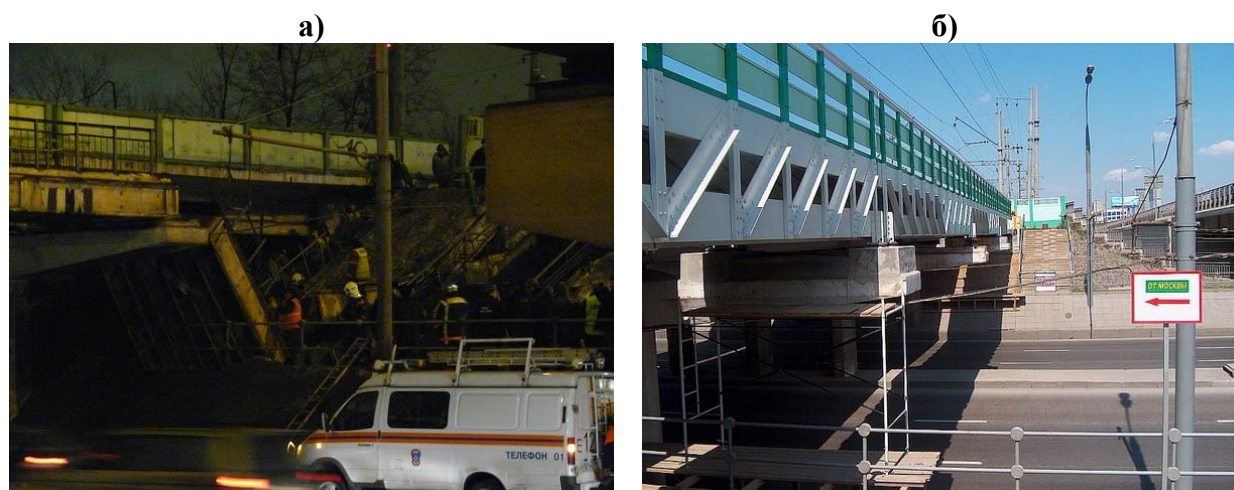


Рисунок 1. Пешеходный мост на станции Тестовская Белорусской железной дороги: (а) фиксация факта обрушения пешеходного моста (строительный материал — железобетон)¹; (б) новый пешеходный мост (композиционный материал)²

Другим конкурентным преимуществом композиционных материалов является их коррозионная стойкость по сравнению с традиционными материалами (железобетон, сталь, дерево). Это позволяет конструкциям из композиционных материалов обеспечивать длительный срок службы без дополнительных эксплуатационных расходов. Пример, — это результаты испытаний НПП «АпАТЭК» водоотводных лотков из композиционного материала и традиционных лотков из железобетона в условиях действия агрессивной среды — Московской кольцевой автодороги. Испытательный срок эксплуатации 2 года. Результаты следующие — композитный лоток остался целостным, без видимых изменений, а у железобетонного лотка произошло разрушение стенок, нарушение целостности и изменение фактуры поверхности (рис. 2).

¹ Информационный портал исследовательского агентства InfraNews. Фоторепортаж — обрушился пешеходный мост на железнодорожной станции Тестовская. [Электронный ресурс]. — URL: <https://infranews.ru/novosti/gorod/20605-fotoreportazh-obrushilsya-peshexodnyj-most-na-zheleznodorozhnoj-stancii-testovskaya/>

² НПП «АпАТЭК». Сжатые сроки изготовления и монтажа. Официальный сайт. [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.apatech.ru/undertime.html>.



Рисунок 2. Результаты сравнительного испытания водоотводящих лотков³: (а) лоток из железобетона; (б) лоток из композиционного материала

Как уже отмечалось выше, композиционные материалы широко используются в следующих видах строительства: электроэнергетическое строительство, железнодорожное строительство, автодорожное строительство, мостостроение, инфраструктурное строительство, строительство объектов и сооружений метрополитена. В частности, при производстве строительных работ в дорожном строительстве возможно достижение следующих результатов: ремонт и замена автодорожных покрытий без остановки движения; снижение затрат на монтаж; минимизация затрат на дальнейшую эксплуатацию (табл. 1).

Таблица 1

Автодорожный мост: сравнение строительных материалов

ПОКАЗАТЕЛИ	ЖЕЛЕЗОБЕТОН (база сравнения)	КОМПОЗИТ	ОТКЛОНЕНИЕ
1. Вес 1 м ² настила, кг	1000	120	меньше в 8,33 раз
2. Периодичность ремонта, лет	5	10	реже в 2 раза
3. Срок службы, лет	3–5	70	длиннее в 14–23 раза

Источник: открытые данные научно-производственного предприятия «АпАТЭК — Прикладные перспективные технологии»⁴

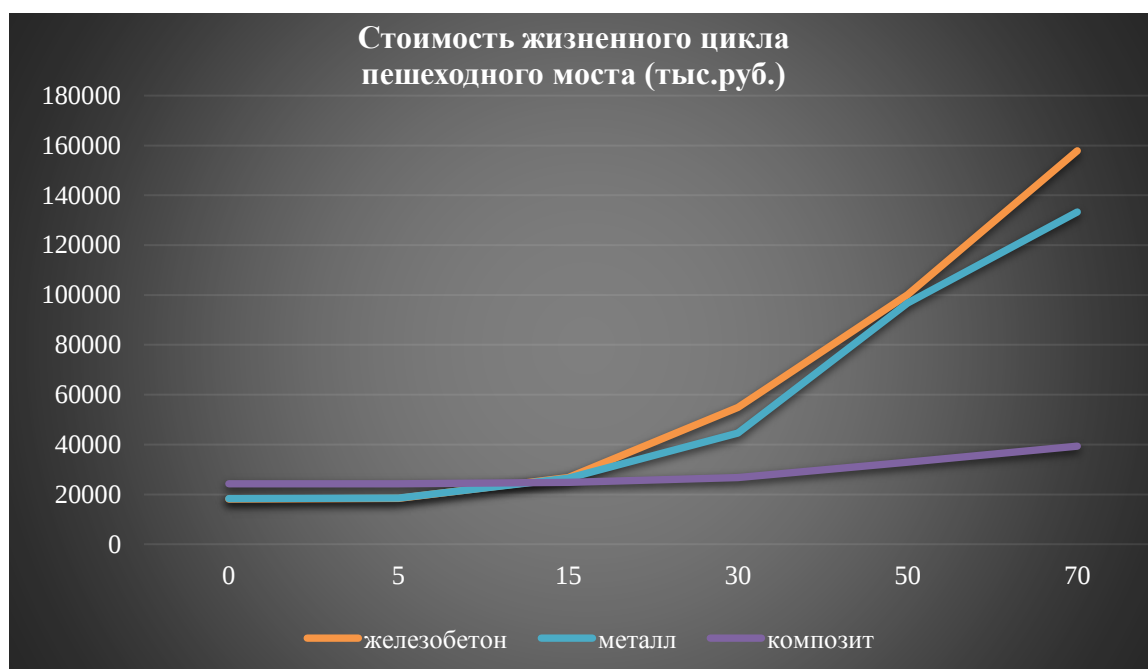
Помимо использования композитов для усиления конструкций их эксплуатируют как самостоятельный материал при строительстве сооружений. Так, например, используя композитные конструкции, компанией НПП «АпАТЭК — Прикладные перспективные технологии» был построен пешеходный мост в г. Адлер (Россия) с тремя пролётами, длина каждого пролёта составляет 22,7 м [8]. Согласно данным экономических расчетов была составлена сравнительная диаграмма стоимости жизненного цикла сооружения (рис. 1). Сравнение проводилось между тремя объектами-аналогами, построенными из различных материалов (железобетон, сталь, композитные материалы).

По диаграмме можно увидеть, что при больших начальных затратах на строительство перехода из КСМ, дальнейшие затраты на ремонт обслуживание и эксплуатацию меньше, чем у объектов-аналогов, построенных из железобетона и стали. Так, например разница общей

³ НПП «АпАТЭК». Сжатые сроки изготовления и монтажа. Официальный сайт. [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.apatech.ru/undertime.html>.

⁴ Второй практический семинар «Применение углеволокнистых материалов в строительстве» 2 ноября 2010 года, г. Москва. — [Электронный ресурс] — URL: http://www.atomeks.ru/old/mediafiles/u/files/Atomex10.12.2010/3_Ushakov.pdf.

стоимости в период 70 лет эксплуатации будет для железобетона в 4 раза больше, чем у композита, а для металла в 3,4 раза больше, чем у композита.



	0	5 лет	15 лет	30 лет	50 лет	70 лет
ЖЕЛЕЗОБЕТОН	18123	18408	26700	54881	100090	157861
МЕТАЛЛ	18315	18562	26536	44559	96809	133301
КОМПОЗИТ	24250	24250	26536	26777	32956	39348

Рисунок 3. Диаграмма жизненного цикла сооружения «пешеходный мост» в зависимости от выбора вида строительного материала, тыс. руб. (составлено авторами на основе [7])

Проведем сравнение эксплуатационных затрат на обслуживание мостовой конструкции (покраска, гидроизоляция, ремонт покрытий, заделка трещин и т. д.), гипотетически выполненной из разных строительных материалов (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение затрат на содержание типового композитного, железобетонного и металлического моста

ПОКАЗАТЕЛИ	КОМПОЗИТ (база сравнения)	Аналоги	
	ЖЕЛЕЗОБЕТОН	МЕТАЛЛ	
1. Энергозатраты на обслуживание в год на 1 кв. м мостовой конструкции	1058 кВт/ч	6282 кВт/ч	2870 кВт/ч
2. Энергосбережение при использовании композита по сравнению с другими материалами на жизненном цикле 50 лет	-	261.2 МВт/ч	90.6 МВт/ч
3. Показатели координации по удельной стоимости	3,382	1	1,619
4. Окупаемость композита по сравнению с железобетоном и металлом за счёт энергосбережения	-	2,25 года	4,8 лет

Источник: открытые данные научно-производственного предприятия «АпАТЭК — Прикладные перспективные технологии»⁴

Таким образом, применение композитных материалов позволяет уменьшить конечную стоимость использования сооружения при больших затратах на строительство. Далее, выделим ключевые конкурентные преимущества композиционных материалов по сравнению с традиционными материалами (табл. 3).

Таблица 3

Конкурентные преимущества и особенности композиционных материалов

ПРЕИМУЩЕСТВА	ОСОБЕННОСТИ
1. СТОЙКОСТЬ К КОРРОЗИИ И АГРЕССИВНЫМ СРЕДАМ	• Высокая наукоемкость и технологичность производства
• Снижение трудозатрат на обслуживание сооружений • Снижение затрат на хранение полуфабрикатов • Снижение воздействия на окружающую среду	• Высокая себестоимость производства и высокая отпускная цена (<i>исключение</i> — низкая стоимость строительной арматуры из композитного материала) • Низкая ремонтпригодность (для отдельных видов)
2. МАЛЫЙ ВЕС КОНСТРУКЦИИ	• Анизотропия свойств (для отдельных видов)
• Снижение расходов на монтаж • Снижение транспортных расходов • Создание эстетических конструкций	• Утилизация: использование современных методов переработки (композиты мало подвержены воздействию окружающей среды) • Возможность рециклинга (углепластик; базальтовое и стекловолокно)
3. КОРОТКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦИКЛ	
• Сжатые сроки изготовления • Кратчайшие сроки монтажа конструкции	

Составлено/разработано авторами

Далее, произведем оценку уровня импортозависимости строительной индустрии по виду деятельности «производство композитов». Несмотря на то, что большое количество стран постоянно совершенствуют технологии изготовления, принципы производства, разрабатывают новое оборудование позволяющее расширить список используемой сырьевой базы Россия также не стоит на месте. В 2021 году был разработан план по импортозамещению в использовании зарубежной продукции на период до 2024 года на основе «эффективно действующих инструментов новой промышленной политики, позволяющих внедрять современные решения на основе интеграции усилий власти и бизнеса» [14, с. 354].

Таким образом, это заставляет российских производителей совершенствовать свои производственные мощности и налаживать производство все новых и новых материалов. В России есть масса производств занимающихся изготовлением композитных материалов и конструкций. Многие из них уже работают исключительно на российском сырье и на оборудовании российского производства.

Первопроходцами в производстве композитных материалов в России можно считать компанию «ПМК» («Первая Композитная Компания»). Данная организация располагает собственными производственными площадями и имеет проектный отдел с ведущими специалистами данной сферы деятельности. Компания занимается выпуском композитных профилей различного сечения и размеров, производит различные ёмкости и конструкции из высококачественного сырья различными методами. Кроме того, компания вышла на мировой рынок композитной продукции и уже осуществляет поставки продукции в другие страны. Тем самым доказывая, что материалы российского производства имеют конкурентоспособность с аналогичными материалами, произведёнными в других странах [15].

Так же немалую роль в развитие композитных материалов для строительства вносят и производства композитов для других сфер. Так, например, научно производственное предприятие «Технология» (подразделение госкорпорации «Ростех») находящееся в первом наукограде России в г. Обнинск, занимается постоянными разработками новых композитных материалов, которые используются в атомной промышленности. Такие материалы обладают уникальными свойствами по твёрдости, прочности, а также по теплопроводимости и износостойкости. Эти композитные материалы с основой из диоксида кремния будут использованы при строительстве объектов повышенной опасности, а именно при строительстве

атомных станций. Помимо этого, по заверению производителей данный тип композитов будет использоваться в различных целях гражданского строительства и не только.

Данный тип композитов в России не производит никто, однако широкий спрос уже существует. Поэтому необходимость в использовании дорогих зарубежных аналогов будет сильно снижаться.

Заключение

Нельзя с точностью утверждать, что композиты смогут полностью заметить такие привычные материалы для строительной отрасли как железобетон, сталь или дерево, однако, безоговорочно могут составить высокую конкуренцию, так как по своим характеристикам превосходят традиционные материалы. Кроме того уже известно большое количество случаев использования композитных материалов как доминирующих при строительстве сооружений. Активное развитие отрасли композитных материалов началось не так давно, но уже российские производители составляют конкуренцию зарубежным аналогам на мировом рынке. Это позволяет минимизировать затраты на строительство различного рода сооружений, так как не придётся тратить на дорогостоящую транспортировку материалов из-за рубежа, и не зависеть от курса валюты.

Еще в недавнем прошлом импортозависимость композитной отрасли составляла 90 %, и это являлось усложняющим фактором развития отрасли. Однако в настоящее время эта цифра начала незначительно, но снижаться. Перед руководителями региональных министерств и ведомств стоят глобальные задачи импортозамещения производственной и сырьевой базы, вопросы нормативно-технического регулирования, задачи создания новых льготных условий локализации промышленных предприятий. Отдельная задача — это развитие промышленности редких и редкоземельных металлов, используемых для производства определенных видов композитов. Постепенно преодолеваются проблемы с нехваткой нормативно-технической документации на выпуск и применение композитной арматуры и отсутствием отечественных производителей оборудования. Однако, например, смолы, отвердители, наполнители, углеродные и арамидные ткани, сэндвич-структуры зачастую не имеют отечественных аналогов. Решение проблем композитной отрасли затрагивает вопросы, как *развития*, так и *возрождения многих производственных отраслей* России, в частности, и химической промышленности.

Для обретения сырьевой и производственной независимости, организации производства полностью готовых композитных изделий необходимо выстроить экономические связи с целью создания технологической цепочки производства композитных изделий. Организовать выпуск полностью готовых изделий из композитов возможно на основе организации региональной и межрегиональной *производственной кооперации*, как форм длительных и устойчивых связей между хозяйствующими субъектами, и это — первоочередные задачи региональной экономики России. И не менее важной задачей является развитие *человеческого потенциала* по направлению технико-технологических знаний и возрождение и поддержка *изобретательской культуры молодежи*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цыгвинцев, И.В. Применение композитных материалов в строительстве / И.В. Цыгвинцев, П.И. Постникова, И.В. Сенцов // Инновационное развитие. — 2017. — № 7(12). — С. 26–29.
2. Вишняков, Л.Р. Анализ разрушения полимерных композиционных материалов от воздействия ударов молнии / Л.Р. Вишняков, И.А. Гушин // Композиты и наноструктуры. — 2021. — Т. 13. — № 3–4(51–52). — С. 127–130. — DOI 10.36236/1999-7590-2021-13-3-4-127-130.
3. Многослойные материалы для теплозащиты / Н.С. Лукичева, В.В. Марценюк, А.А. Лысенко [и др.] // Композиты и наноструктуры. — 2020. — Т. 12. — № 1(45). — С. 14–20.
4. Сапунов, В.Т. Прочность, надежность и долговечность композитов как конструкционных материалов / В.Т. Сапунов // Композиты и наноструктуры. — 2016. — Т. 8. — № 2(30). — С. 110–119.
5. Ларин, С.Н. Конкурентные преимущества российского оборонно-промышленного комплекса и их реализация в стратегиях импортозамещения / С.Н. Ларин, Н.В. Ноакк, Н.А. Соколов // Экономика и бизнес: теория и практика. — 2019. — № 7. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konkurentnye-preimuschestva-rossiyskogo-oboronno-promyshlennogo-kompleksa-i-ih-realizatsiya-v-strategiyah-importozamescheniya> (дата обращения: 06.08.2022).
6. Гуреев, К.А. Управление строительством в современных условиях развития экономики России / К.А. Гуреев, М.Л. Солдатов // Журнал прикладных исследований. — 2022. — Т. 1. — № 8. — С. 44–50. — DOI 10.47576/2712-7516_2022_8_1_44.
7. Храмова, Т.А. Исследование технологии применения композитных материалов для строительства и реконструкции объектов инфраструктуры / Т.А. Храмова // Аллея науки. — 2017. — Т. 1. — № 8. — С. 201–211.
8. Филимонова, Л.А. Ценовой инжиниринг в обосновании проектного решения при выборе строительных материалов и технологий возведения здания / Л.А. Филимонова, Е.Н. Юзе, А.В. Деброва, И.С. Дмитриева // Индустриальная экономика. — 2021. — № 5–4. — С. 346–352. — DOI 10.47576/2712-7559_2021_5_4_346.
9. Калинина, А.А. Развитие инновационного потенциала инвестиционно-строительного комплекса в условиях импортозамещения / А.А. Калинина // Экономика и предпринимательство. — 2022. — № 3(140). — С. 575–581. — DOI 10.34925/EIP.2022.140.03.105.
10. Иванова, Е.В. Развитие методов переработки отходов производства // Е.В. Иванова. — DOI: 10.15862/02RRO115 // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». — 2015. — Т. 2, № 1. URL: <http://resources.today/PDF/02RRO115.pdf>. (дата обращения 25.09.2022).
11. Олейник, С.П. Объемы и источники образования отходов строительства и сноса / С.П. Олейник — DOI 10.15862/02RRO116 // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». — 2016. — Т. 3, № 1. — С. 4. URL: <http://resources.today/PDF/02RRO116.pdf>. (дата обращения 18.08.2022).

12. Чулков, В.О. Рециклинг отходов строительства и сноса при реновации территорий и дорожных покрытий крупных городов / В.О. Чулков, Б.Э. Назиров — DOI 10.15862/06NZOR418 // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». — 2018. — Т. 5, № 4. — С. 4. URL: <http://resources.today/PDF/02RRO116.pdf>. (дата обращения 31.07.2022).
13. Гинзбург, А.В. Унификация разработки информационных моделей зданий при проектировании демонтажа / А.В. Гинзбург, А.Ю. Хаустова — DOI 10.15862/07INOR120 // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». — 2020. — Т. 7, № 1. — С. 7. URL: <https://resources.today/PDF/07INOR120.pdf>. (дата обращения 21.08.2022).
14. Байзулаев, С.А. Особенности региональной промышленной политики импортозамещения / С.А. Байзулаев, З.Н. Ягумова, Х.Ю. Непеева // Индустриальная экономика. — 2021. — № 5–4. — С. 353–357. — DOI 10.47576/2712-7559_2021_5_4_353.
15. Полити, В.В. Основные направления внедрения научных достижений в строительстве: фокусирование вектора инновационных эффектов / В.В. Полити, А.В. Сапожников // Экономика и предпринимательство. — 2020. — № 8(121). — С. 661–668. — DOI 10.34925/EIP.2020.121.8.135.

Galiev Leonid Sergeevich

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia
E-mail: 7420697@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1154488

Politi Violetta Valer'evna

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia
E-mail: PolitiVV@mgsu.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8898-2883>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=455906

Kankhva Vadim Sergeevich

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia
E-mail: KankhvaVS@mgsu.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2611-1684>
RSCI: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=587928

Assessment of the competitive advantages of composite materials in building structures

Abstract. The article presents the results of a study of the domestic market of building composite materials. An increase in research work and the development of the production of composite materials were noted. The authors revealed an increase in the activity of their use in certain types of construction. However, certain difficulties in making decisions at the stage of design and engineering development due to the high cost of composite materials are also identified and described. Therefore, the authors of this study focused on the significant competitive advantages of the studied innovations for the construction industry. The authors also proposed a new fundamental approach to conducting an economic assessment of the effectiveness of the use of innovative building materials using composites as an example. The advantages and various effects arising from the use of composite materials are revealed. As proof, the article provides a calculation of the economic effect achieved in the case of setting the value of the investment project planning horizon equal to the normative average service life of the structure. The effect is achieved in the process of long-term operation due to the increase in the period between repairs and the absence of costs for certain types of construction, repair and maintenance work. An assessment of the import dependence of the construction industry by type of activity "production of composite materials" was carried out. The authors note a shortage of personnel, dependence on imported equipment for the production of composites, and a shortage of their own raw materials. However, the situation in the composite industry is not critical. Thus, an increase in demand from consumers of products, the development and support of new import-substituting manufacturers, the development of a raw material base with the support of the state can solve this problem.

Keywords: composite materials; competitive advantages; Construction Materials; public efficiency; economical effect; net discounted income; normative service life; assessment of the level of import dependence