

фрикционных узлах опор. В промышленном строительстве фторполимеры применяются для облицовки резервуаров и устройства полов, устойчивых к воздействию агрессивных кислот и щелочей, не заменимых в промышленной защите.

Высокие физико-механические свойства, термическая стабильность, химическая и биологическая инертность, низкая поверхностная энергия, атмосферная долговечность обеспечивают массовое применение фторполимеров в строительной отрасли не только сегодня и в ближайшем будущем, но и на многие годы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Логинов, Б. А.** Удивительный мир фторполимеров / Б. А. Логинов. – 2009. – URL: <https://elbib.biblioatom.ru/text/loginovudivitelnyy-mir-ftorpolimerov2009/p0/> (дата обращения: 19.02.2026).

2 Фторопласты // ProPlast. – URL: <https://propplast.ru/articles/ftoroplastyi/> (дата обращения: 19.02.2026).

3 Фторопласт: применение, свойства, производство, недостатки // ПромРесурс. – URL: <https://www.promresurs.ru/company/blog/ftoroplast-primenenie-svoystva-proizvodstvo-nedostatki/> (дата обращения: 19.02.2026).

4 Фторопласт: технология производства сырья и получение готовых изделий // ProfRezina. – URL: <https://profrezina.ru/news/1508/> (дата обращения: 19.02.2026).

Получено 19.05.2026

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

УДК 69.003:658.5

А. В. АСТРЕЛИНА (МС-52)

Научный руководитель – канд. техн. наук *З. Н. ЗАХАРЕНКО*

ЖИЗНЕННЫЙ И ИНВЕСТИЦИОННЫЙ ЦИКЛЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Значение управления инвестиционным и жизненным циклами в строительной отрасли обусловлено масштабом потребления природных ресурсов и образования отходов.

В 1990-е годы на строительство приходилось более 40 % добываемого сырья, и, хотя сегодня этот показатель снизился до 32 %, отрасль по-прежнему генерирует одну четверть всех твёрдых отходов в мире. В ряде стран с развивающейся экономикой доля строительных отходов достигает 60 %. Основной вклад в образование таких отходов вносит завершающая фаза существования здания, когда материалы, как правило, утрачивают

возможность повторного использования и направляются на полигоны [1].

В этих условиях синхронизация инвестиционного и жизненного циклов становится критическим фактором перехода к ресурсоэффективной модели. Инвестиционный цикл определяет возврат вложенного капитала и доходность проекта, а жизненный цикл охватывает физическое существование здания от добычи сырья до ликвидации.

Традиционная линейная модель «добывай – производи – выбрасывай» приводит к разрыву между этими двумя циклами: инвестор получает прибыль на ранних стадиях, в то время как издержки ликвидации и захоронения отходов перекладываются на общество либо на будущих собственников. Устранение этого разрыва составляет основу циркулярной трансформации строительной отрасли.

Инвестиционный и жизненный циклы в строительстве могут быть определены как две взаимосвязанные, но не тождественные последовательности. *Жизненный цикл* объекта недвижимости как физического объекта представляет собой последовательность процессов его существования от замысла до ликвидации.

Выделяются следующие основные стадии жизненного цикла: предпроектная, проектная, строительство, эксплуатация и ликвидация. На предпроектной стадии формируется бизнес-идея, разрабатывается бизнес-план, оформляется исходно разрешительная документация. На стадии проектирования разрабатывается проектно-сметная документация, и именно здесь закладываются технические решения, определяющие все последующие затраты. Стадия строительства включает выбор подрядчика, ведение строительных работ и контроль качества; на этой стадии объект приобретает черты основного средства. Эксплуатационная стадия предполагает использование объекта, техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонт, а также утилизацию и переработку отходов. Наконец, стадия ликвидации означает полное прекращение первоначальных функций объекта, что влечёт либо снос, либо реконструкцию с качественно новыми свойствами [2]. На протяжении всего жизненного цикла требуется постоянное техническое, информационное и финансовое сопровождение, а технико-экономические параметры здания, заложенные при проектировании, должны получать обратную связь от реальной эксплуатации.

Инвестиционный цикл представляет собой движение капитала, вложенного в строительный объект, и включает предынвестиционную, инвестиционную, эксплуатационную и ликвидационную стадии [2]. На предынвестиционной стадии проводятся маркетинговые исследования, осуществляется поиск инвесторов и определяются схемы финансирования. Инвестиционная стадия объединяет архитектурно-строительное проектирование, непосредственно строительство и ввод объекта в эксплуатацию. Эксплуатационная стадия предусматривает функционирование объекта, его реконструкцию и

модернизацию. Ликвидационная стадия завершает инвестиционный цикл. Три этапа строительного процесса – подготовка строительства, собственно строительство и реализация строительной продукции – соответствуют трём стадиям кругооборота капитальных вложений: производство как процесс создания основных средств, реализация как превращение строительной продукции в основные средства и подготовка следующего цикла воспроизводства. Чем быстрее проходит этот кругооборот, тем выше экономическая эффективность строительства [2].

В традиционной модели инвестиционный цикл завершается, как правило, на стадии эксплуатации или продажи объекта, тогда как жизненный цикл объективно продолжается до физического сноса и утилизации материалов. Совместное рассмотрение обоих циклов означает, что инвестиционный проект должен оцениваться на всём прогнозируемом сроке службы здания с включением ликвидационной стоимости материальных компонентов.

Национальная стратегия развития экономики замкнутого цикла Республики Беларусь на период до 2035 года была утверждена постановлением Совета Министров от 29.05.2024 года № 393 [2]. Стратегия определяет циркулярную экономику как систему, направленную на обеспечение экономического роста за счёт перехода от истощающего к регенеративному использованию природных ресурсов.

Базовый принцип линейной модели «добывай – производи – выбрасывай» при поэтапном переходе к циркулярной экономике трансформируется в принцип «добывай – производи – повторно используй». Приоритетными направлениями Стратегии определены экодизайн, ресурсоэффективное производство, промышленный симбиоз, шеринговая экономика. Строительство названо в числе приоритетных отраслей наряду с промышленностью, жилищно-коммунальным хозяйством, транспортом, сельским и лесным хозяйством, сферой услуг.

В качестве целевых индикаторов установлены снижение интенсивности образования отходов производства на единицу ВВП с 0,49 кг/руб. в 2021 году до 0,4 кг/руб. в 2035 году, а также достижение уровня использования отходов производства не менее 90 % и увеличение уровня использования твёрдых коммунальных отходов в общем объёме их образования с 31,1 % в 2021 году до 90 % в 2035 году [3].

Влияние стратегии на инвестиционный и жизненный циклы в строительстве заключается в интеграции завершающей фазы в прединвестиционные расчёты и внедрении циркулярных инструментов на всех стадиях. Анализ зарубежных исследований показывает, что концепция циркулярной экономики активно внедряется в строительный сектор, причём наиболее часто рассматриваемой стадией жизненного цикла является завершающая фаза, за ней следует стадия проектирования; наименее изученной остаётся стадия эксплуатации, что указывает на направление будущих исследований [3].

При этом подчёркивается, что практика циркулярной экономики должна закладываться уже на ранних стадиях проекта, особенно в фазе проектирования, поскольку именно там принимаются ключевые решения, влияющие на весь последующий жизненный цикл [3].

Проведённый анализ позволяет сформулировать следующие выводы (таблица 1).

В традиционной линейной экономике инвестиционный и жизненный циклы строительного объекта существуют как независимые последовательности. Инвестиционный цикл завершается, как правило, на стадии эксплуатации или продажи актива, перекладывая издержки финальной стадии на будущих собственников или муниципалитеты. Это создаёт неполноту учёта затрат и экстерналии.

Национальная стратегия развития экономики замкнутого цикла Республики Беларусь до 2035 года вводит строительство в число приоритетных отраслей циркулярной трансформации и требует перехода от линейного принципа «добывай – производи – выбрасывай» к принципу «добывай – производи – повторно используй» [3].

Это имеет непосредственное значение для пересмотра методов проектирования, выбора материалов, организации строительства и обращения с отходами.

Таблица 1 – Сравнение линейной и циркулярной моделей инвестиционного и жизненного циклов строительного объекта

Параметр сравнения	Линейная модель	Циркулярная модель в соответствии с национальными стратегиями развития экономики замкнутого цикла Республики Беларусь на период до 2035 года
Базовый принцип	«Добывай – производи – выбрасывай»	«Добывай – производи – повторно используй»
Границы инвестиционного цикла	Завершаются продажей или сносом актива; снос – чистые затраты	Включают постэксплуатационную фазу: демонтаж, сортировку, переработку, реализацию вторичных ресурсов
Прединвестиционная стадия	Оцениваются капитальные вложения, операционные расходы, чистая текущая стоимость, внутренняя норма доходности, срок окупаемости	Дополнительно оцениваются стоимость полного жизненного цикла с демонтажом и переработкой, ликвидационная стоимость материалов, индекс циркулярности
Проектирование	Под текущую функцию; неразъёмные соединения	Проектирование с возможностью разборки; экодизайн; материальный паспорт объекта

Окончание таблицы 1

Параметр сравнения	Линейная модель	Циркулярная модель в соответствии с национальными стратегиями развития экономики замкнутого цикла Республики Беларусь на период до 2035 года
Выбор материалов	Минимум цены в момент закупки	Приоритет вторичного сырья, пригодности к раздельной утилизации, долговечности, ремонтпригодности
Строительство	Отходы смешанные, вывозятся на полигон	Раздельное накопление отходов; обязательная доля переработанных материалов; ресурсоэффективное производство
Эксплуатация и реновация	Ремонт до износа; при устаревании – снос и новое строительство	Адаптивное переиспользование; продление срока службы; шеринговая экономика
Завершающая фаза	Снос разрушающими методами; отходы на полигон; затраты инвестора	Селективный демонтаж; промышленный симбиоз; реализация вторичных ресурсов как источника дохода
Экономические показатели	Чистая текущая стоимость, внутренняя норма доходности без учёта ликвидационной стоимости	Чистая текущая стоимость циркулярного проекта с включением дохода от переработки; внутренняя норма доходности с учётом смещённых во времени денежных потоков
Нормативные механизмы	Отсутствие требований к переработке; низкие тарифы на захоронение	Целевые индикаторы: снижение интенсивности отходов до 0,4 кг/руб. ВВП к 2035 г., уровень использования отходов не менее 90 %

Практическая реализация циркулярных принципов предполагает интеграцию завершающей фазы жизненного цикла в прединвестиционные расчёты. Традиционные показатели чистой текущей стоимости и внутренней нормы доходности должны дополняться расчётами полной стоимости жизненного цикла с учётом демонтажа и переработки, а также учётом ликвидационной стоимости материальных компонентов.

Зарубежный опыт показывает, что исследования в области циркулярного строительства активно развиваются, причём большинство авторов сходятся во мнении, что циркулярные решения должны закладываться уже на стадии проектирования, а ключевым инструментом становится проектирование с возможностью разборки и ведение материальных паспортов зданий [1].

Для полноценного воплощения циркулярной модели в белорусское

строительное регулирование требуется разработка национальных стандартов на разборные строительные конструкции, создание нормативной базы для материальной паспортизации зданий и установление процедур сертификации пригодности материалов к повторному использованию. Без этих мер положения стратегии останутся преимущественно декларативными, а инвестиционная практика сохранит линейный характер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Benachio, G. L. F.** Circular economy in the construction industry: A systematic literature review and future research agenda / G. L. F. Benachio, M. do C. D. Freitas, S. F. Tavares // Journal of Cleaner Production. – 2024. – Vol. 435. – Art. no. 140524. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2024.140524.

2 **Захаренко, З. Н.** Экономика строительства объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта : учеб.-метод. пособие / З. Н. Захаренко. – Гомель : БелГУТ, 2023. – 325 с.

3 Национальная стратегия развития экономики замкнутого цикла (циркулярной экономики) Республики Беларусь на период до 2035 года : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 29 мая 2024 г. № 393 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22400393> (дата обращения: 08.05.2026).

Получено 26.06.2026

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

УДК 004.8:004.056

В. Ю. АШУРКО, М. Е. ГОНЧАРОВ (ЭМ-31)

Научные руководители: старшие преподаватели *С. В. КИСЕЛЕВА,*
В. Е. МИНИН

ФРЕЙМВОРК ATOMIC RED TEAM ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Рассматривается, как работает открытый фреймворк Atomic Red Team и как его применять для проверки систем защиты. Описаны структура атомарных тестов, способы безопасного запуска и встраивание фреймворка в рабочие процессы учебной лаборатории кибербезопасности. Предложены простые метрики для оценки качества детектирования, даны рекомендации по минимизации рисков при тестировании и сравнение с альтернативными решениями.

Современные корпоративные инфраструктуры стали сложными и распределенными. Обычные проверки безопасности, такие как периодические аудиты или сканирование уязвимостей, уже не показывают, как система