

Важным аспектом является и безопасность при внедрении роботизированных технологий. Хотя роботы и снизят риск травматизма рабочих на строительной площадке, это не исключит вероятность возможных технологических сбоев и ошибок.

Таким образом, для сферы строительства Республики Беларусь роботизация представляет собой многогранный и стратегически важный этап. Его последовательное развитие является не вопросом выбора, а объективной необходимостью для повышения конкурентоспособности, технологического суверенитета и экономической эффективности одной из важнейших отраслей экономики.

#### Список литературы

- 1 Роботизация строительной отрасли – на один шаг ближе к BIM. Часть 1 // BIMLIB. – URL: <https://bimlib.pro/articles/robotizaciya-stroitelnoj-otrasli-na-odin-shag-blizhe-k-bim-chast-1-620> (дата обращения: 28.07.2025).
- 2 Индекс цифровизации отраслей экономики и социальной сферы // Институт статистических исследований и экономики. – URL: <https://issek.hse.ru/news/783750202.html> (дата обращения: 28.07.2025).
- 3 Какой будет стройотрасль через 10 лет? Стратегию развития стройкомплекса до 2035-го приняли в Беларуси // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/novosti/obshchestvenno-politicheskie-i-v-oblasti-prava/2025/february/80638/> (дата обращения: 01.08.2025).
- 4 Как будет развиваться строительный комплекс Республики Беларусь до 2035 года? // ibMedia. – URL: <https://ibmedia.by/news/kak-budet-razvivatsya-stroitelnyj-kompleks-respubliki-belarus-do-2035-goda/> (дата обращения: 01.08.2025).
- 5 Беспилотная спецтехника в строительстве: будущее уже здесь. – URL: <https://zoomlion-maz.by/obzory-novejshejspechtehnikibespilotnaja-spechtehnika-v-stroitelstve-budushhee-uzhe-zdes/> (дата обращения: 01.08.2025).
- 6 В Беларуси запустили первый строительный 3D-принтер. Он может печатать конструкции из бетона // Onliner. – URL: <https://realt.onliner.by/2025/08/14/pervyj-stroitelnyj-3d-printer> (дата обращения: 02.08.2025).
- 7 Роботизация в строительном комплексе // BUDexport: информационно-аналитическая система поддержки экспорта строительных услуг. – URL: <https://budexport.by/robotics/> (дата обращения: 03.08.2025).
- 8 Роботы на стройке: от снижения трудозатрат до увеличения интенсивности выполняемых работ. Миф или реальность // ibMedia. – URL: <https://ibmedia.by/news/roboty-na-strojke-ot-snizheniya-trudozatrata-do-uvelicheniya-intensivnosti-vypolnyaemyh-rabot-mif-ili-realnost/> (дата обращения: 01.08.2025).

УДК 330.342.24:69

## ПРИНЦИПЫ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*З. Н. ЗАХАРЕНКО, А. В. АСТРЕЛИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Возведение объектов следует рассматривать с учетом так называемого жизненного цикла [1]. Этапы жизненного цикла должны включать не только экологические показатели по выбросам углекислого газа CO<sub>2</sub> в атмосферу, но и экономические.

Жизненный цикл объектов по выбросам углекислого газа принято разделять на этапы (таблица 1):

- до начала эксплуатации объекта – связанный с производством строительных материалов (A1–A3) и выполнением строительных работ (A4, A5);
- в процессе эксплуатации объекта – непосредственно связанный с эксплуатацией, техническим обслуживанием, капитальным ремонтом, модернизацией и реконструкцией (B1–B7);
- в период ликвидации объекта – связанный с демонтажем конструкций, их транспортировкой, переработкой отходов и, как следствие, ликвидацией объекта (C1–C4) [2].

Таблица 1 – Этапы жизненного цикла объекта в соответствии со стандартами по устойчивости (EN 15978 «Sustainability of Construction Works»)

Этапы жизненного цикла	Основные	Дополнительные
<b>A1–A3</b> – производство строительных материалов	<b>A1</b> – поставка сырья; <b>A2</b> – транспорт; <b>A3</b> – изготовление строительных материалов	
<b>A4–A5</b> – возведение	<b>A4</b> – транспорт; <b>A5</b> – строительные работы	
<b>B1–B7</b> – эксплуатация	<b>B1</b> – эксплуатация; <b>B2</b> – техническое обслуживание; <b>B3</b> – капитальный ремонт; <b>B4</b> – модернизация; <b>B5</b> – реконструкция	<b>B6</b> – бытовое потребление энергии; <b>B7</b> – бытовое потребление воды
<b>C1–C4</b> – конец жизненного цикла	<b>C1</b> – демонтаж конструкций; <b>C2</b> – транспорт; <b>C3</b> – переработка отходов; <b>C4</b> – ликвидация объекта	

В зависимости от назначения объекта выбросы углекислого газа на разных этапах жизненного цикла различны. Установлено, что почти половина выбросов приходится на производство строительных материалов. Большая доля выбросов приходится на эксплуатацию зданий – 30–40 %. Оставшаяся доля на сам процесс строительства составляет 8–15 % и снос – 2–5 %.

С экономической точки зрения необходимо перейти от оценки стоимости возведения объекта с использованием линейной модели экономики к оценке с использованием циркулярной модели. Линейная модель экономики предполагает расчет стоимости возведения с начала подготовки территории строительства до окончания самого процесса строительства. В результате мы получаем конечный продукт – готовый к эксплуатации объект.

Циркулярная экономика, или экономика замкнутого цикла, как понятно уже из названия, учитывает, помимо стоимости получения конечного продукта, затраты на его эксплуатацию и снос, то есть все затраты, включая его утилизацию. Продлить жизненный срок объекта можно за счет его ремонта, модернизации и реконструкции. Циркулярная экономика также означает и безотходность: отходы одного производственного процесса преобразуются в материалы для другого.

Циркулярная экономика в строительстве базируется на следующих **принципах** [1, 3]:

- организационного подхода;
- портфельной стратегии инвестиций;
- продуманной стратегии проектирования;
- подбора эффективных систем инженерного оборудования;
- подбора эффективных строительных материалов и конструкций.

*Принцип организационного подхода* показывает, что при использовании циркулярной экономики очень важно на стадии проектирования: использовать типовые конструкции; разрабатывать стратегию дальнейшей разборки и утилизации материалов и конструкций; предусматривать обменные площадки используемых материалов; организовывать сотрудничество непосредственно с организациями – изготовителями строительных материалов и конструкций, избегая посредников; использовать «выездную услугу» на объект (когда поставщик строительных материалов или инженерных систем предлагает свой товар или услугу непосредственно потребителю, он приезжает на объект лучше подготовленным с образцами материалов); предусматривать сотрудничество с поставщиками альтернативных материалов; оптимизировать цепочки поставок материалов и конструкций; стимулировать новые бизнес-модели поставок и утилизации материалов и конструкций.

*Принцип портфельной стратегии инвестиций* основан на формировании пакета инвестиций. При ремонте, реконструкции, сносе существующего здания важно рассматривать стоимость утилизации отходов как повторное использование строительных материалов по всему портфелю инвестиций, показывать центры консолидации строительных отходов и составлять карты расположения местных ресурсов, рассматривать возможное совместное использование (аренду) помещений и услуг.

*Принцип продуманной стратегии проектирования* предполагает минимизацию отходов путем использования, например, облегченных конструкций. Так, использование перемещаемых перегородок позволит свободно осуществлять перепланировку на объекте. При таком принципе важно предусматривать возможность восстановления строительных элементов; определять уровень адаптивности для всех типов зданий, используя моделирование конструкций и материалов; проектировать альтернативные материалы на основе вариантного выбора; использовать восстановленные элементы из других отраслей промышленности; сотрудничать с альтернативными компаниями, поставляющими аналогичные строительные материалы.

*Принцип подбора эффективных систем инженерного оборудования* предусматривает использование энерго-, ресурсоэффективных систем, например многоэтажных конструкций и систем. При этом проектирование систем должно происходить с учетом их демонтажа. Должна быть также предусмотрена адаптация систем для дальнейшего развития. При вариантном проектировании хорошо использовать альтернативные системы (тканевые воздуховоды и т. д.). В дальнейшем необходимо предусмотреть возможность восстановления или утилизации инженерных систем. Как вариант, при разработке бизнес-плана можно рассмотреть возможность аренды систем инженерного оборудования или работу с производителями со стимулируемым возвратом.

*Принцип подбора эффективных строительных материалов и конструкций* базируется на выборе переработанных материалов (повторно используемых материалов), конструкций, обеспечивающих их упрощенную разборку. При изменении функционального назначения объекта строительства важно отдать приоритет конструкциям, которые легко помогут адаптировать здание к новой функции. При отделке объекта предпочтение необходимо отдавать материалам, подходящим под дизайн. Адаптация позволит применять типовые решения без дополнительных затрат на индивидуализацию. Нельзя также забывать о материалах, изготовленных из отходов других отраслей промышленности. Это позволит расширить базу используемых вторичных материалов.

#### Список литературы

1 Национальная стратегия развития экономики замкнутого цикла (циркулярной экономики) Респ. Беларусь на период до 2035 года : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь № 393 от 29.05.2024 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22400393> (дата обращения: 07.08.2025).

2 EU Policy Whole Life Carbon Roadmap for buildings // World Green Building Council. – URL: <https://worldgbc.org/article/eu-policy-whole-life-carbon-roadmap-for-buildings/> (дата обращения: 07.08.2025).

3 **Cheshire, D.** The Handbook to Building a Circular Economy / D. Cheshire // RIBA Publishing. – 2021. – 144 p.

УДК 72.01:378.016

### МЕТОДИКА «ЦВЕТ – ОБРАЗ» В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ АРХИТЕКТУРНЫХ И ДИЗАЙНЕРСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

*А. А. КАРАМЫШЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Анализируя значимость развития цветовых систем и цветопредставления в историческом контексте, а также исходя из понимания современного состояния этого вопроса, нельзя не отметить некоторую разрозненность и общую бессистемность подходов к применению цвета в дизайне. Несмотря на то, что современная цветовая систематика обладает значительным потенциалом колористических средств и номенклатур, практических подходов к применению этих средств, а также конкретных методик использования цветовых сочетаний и взаимодействий недостаточно. Зачастую опыт предыдущих эпох не помогает современному дизайнеру в подборе цвета. Сегодня многие ищут свой колористический стиль интуитивно, хаотично используя обрывочные сведения о методиках тех или иных авторов. Для того чтобы в некоторой степени исправить эту ситуацию, нами была разработана методика «цвет – образ».

Цель методики заключается не в том, чтобы навязать методы работы уже практикующему архитектору или заставить студента следовать жесткому алгоритму. Архитектор и дизайнер – профессии творческие, во многом личностные. Директивность здесь не всегда уместна. Методика не обязывает, не заставляет, предполагая и учитывая творческую инициативу. Используя принципы, заложенные в системе, вы просто улучшаете свое понимание и выстраиваете правильные задачи, следуя собственной природе. Методика «цвет – образ» является органичным следствием метааналитического подхода к обобщению опыта предшественников. Важнейшим принципом при ее создании является принцип относительности восприятия цвета у различных людей. Мы исходим из понятия о том, что восприятие цвета и сочетаний цветов различается не только от общества к обществу, от культуры к культуре, но и от человека к человеку, мало того, оно различается в самом человеке в зависимости от контекста, настроения, физического самочувствия и т. д. [1]. Невозможно выделить какой-то цвет, сочетание цветов и зафиксировать его в строгом определении того, что это сочетание означает с точки зрения эмоции, символического смысла и др. Каждый раз такое сочетание цветов будет отличаться в восприятии даже одного и того же зрителя, не говоря уже о разных людях. Тем не менее принципы методики «цвет – образ» позволяют создавать сочетания цветов так, чтобы в любое время, в любую погоду, с разной освещенностью и окружающим контекстом ваше архитектурное сооружение не теряло требуемой смысловой нагрузки и казалось гармоничным.

В основе строительства любого сооружения проектировщик видит две основополагающие фундаментальные реальности: цвет и форму объекта строительства. Из этих двух концепций создается