

УДК 004.942

## Цифровизация экологического мониторинга строительного производства на основе технологии «Строительный конвейер»

К. Ф. Исламов<sup>1</sup>, Л. Ф. Казанская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Набережночелнинский институт (филиал) Казанского федерального университета (КФУ), Россия, 423800, Республика Татарстан, Набережные Челны, пр. Мира, 13

<sup>2</sup>Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

**Для цитирования:** Исламов К. Ф., Казанская Л. Ф. Цифровизация экологического мониторинга строительного производства на основе технологии «Строительный конвейер» // Известия Петербургского университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2026. Т. 23, вып. 2. С. 491–502. DOI: 10.20295/1815-588X-2026-2-491-502

### Аннотация

**Цель:** разработка подхода к цифровизации экологического мониторинга строительного производства на основе расширения архитектуры системы «Строительный конвейер» экологическими параметрами. **Методы:** исследование проведено методом расширения существующей программной реализации системы «Строительный конвейер» функциями экологического мониторинга. **Результаты:** представлен подход к цифровизации экологического мониторинга строительного производства на основе технологии «Строительный конвейер» — системы поэтапного управления строительством с использованием информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM). Описана модульная архитектура системы, включающая элементную строительную номенклатуру (ЭСН), паспорта конструктивных BIM-элементов, целевой график строительства, наряды завтрашнего дня и корпоративные сметные нормы. Предложено расширение каждого компонента системы экологическими параметрами: углеродный след элемента, нормативы образования строительных отходов по классам опасности, показатели энергоэффективности производства элементов, данные о переработке и утилизации строительных материалов. **Практическая значимость:** внедрение технологии на реальных строительных объектах приводит к снижению перерасхода материалов на 8–12%, что эквивалентно сокращению образования строительных отходов на 150–300 т на объект, а также к сокращению продолжительности строительства на 18%, что уменьшает период экологического воздействия строительной площадки на окружающую среду. Практическая реализация технологии осуществлена через три специализированных программных модуля, каждый из которых дополнен экологическими функциями.

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, строительный конвейер, BIM, цифровизация, углеродный след, строительные отходы, экологическая безопасность, паспорт элемента, устойчивое строительство, ресурсоэффективность

### Введение

Строительная отрасль занимает особое место среди источников экологического воздействия на окружающую среду. По данным Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), на строительство и эксплуатацию зданий при-

ходится до 37% глобальных выбросов парниковых газов, около 30% образования твердых отходов и до 40% потребления первичной энергии [1]. В Российской Федерации строительная отрасль генерирует ежегодно более 70 млн т отходов, значительная часть которых

не подвергается переработке [2]. Федеральный закон №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» и Стратегия экологической безопасности РФ до 2025 года устанавливают требования к снижению экологического воздействия, однако в строительной практике систематический мониторинг экологических показателей остается фрагментарным.

Ключевой проблемой является отсутствие сквозной цифровой системы, связывающей проектные решения с их реальным экологическим воздействием на уровне отдельных конструктивных элементов. Существующие подходы к экологическому мониторингу строительства, как правило, оперируют укрупненными показателями на уровне проекта в целом, не обеспечивая детализации до уровня конкретных работ и элементов [3]. Это не позволяет выявлять источники перерасхода материалов, избыточного образования отходов и неэффективного использования ресурсов на ранних стадиях.

Технология «Строительный конвейер», разработанная на кафедре строительства Набережночелнинского института (филиала) Казанского федерального университета для управления строительным производством [4], обеспечивает поэлементный учет всех ресурсов и работ с использованием информационного моделирования зданий (BIM). Практическое внедрение на реальных объектах продемонстрировало сокращение продолжительности строительства на 18% и снижение трудозатрат на 12%, а также выявило систематический перерасход материалов на 8–12% по сравнению с нормативными значениями государственных элементных сметных норм (ГЭСН) [4–6].

Целью настоящей работы является разработка подхода к цифровизации экологического мониторинга строительного производства на основе расширения архитектуры системы

«Строительный конвейер» экологическими параметрами. Для достижения цели решаются следующие задачи:

- анализ архитектуры системы и определение точек интеграции экологических показателей;
- разработка экологического расширения паспорта элемента;
- оценка потенциала снижения экологического воздействия на основе практических результатов внедрения.

Значимость работы определяется необходимостью перехода от эпизодического экологического контроля строительства к непрерывному цифровому мониторингу на основе поэлементного учета. Технология «Строительный конвейер» представляет собой модульную архитектуру, обеспечивающую сквозную цифровизацию строительного производства и являющуюся естественной платформой для интеграции экологического мониторинга [4–6].

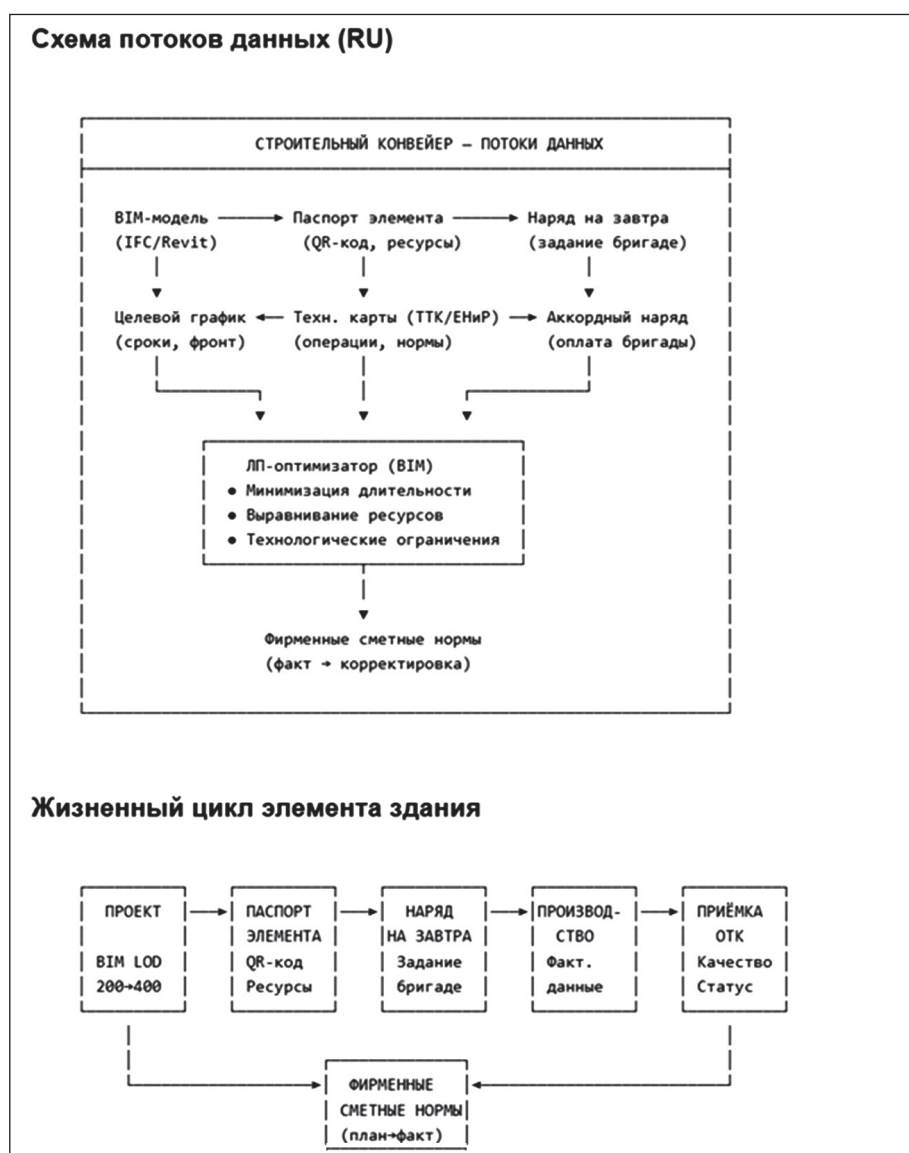
### Методы и материалы

В работе использованы аналитические, статистические методы, а также методы информационного моделирования и расширения функциями экологического мониторинга существующей (разработанной авторами с коллегами ранее) и внедренной системы «Строительный конвейер».

### Результаты

Система «Строительный конвейер» реализована как модульная архитектура, обеспечивающая сквозную цифровизацию строительного производства от проектирования до сдачи объекта. Принципиальная схема системы (рис. 1) демонстрирует взаимосвязь ключевых компонентов.

Элементная строительная номенклатура (ЭСН) — патентованная система цифровизации элементов здания, основанная на



**Рис. 1.** Принципиальная схема проекта «Строительный конвейер»

принципах базы ГЭСН и содержащая информацию о технологии и ресурсах для строительства каждого элемента, имеющего уникальный идентификатор ЭСН (рис. 2).

Паспорт конструктивного ВМ-элемента — информационная модель для каждого элемента здания, заполненная нормативной документацией, содержащая информацию о трудовых и материальных ресурсах с возможностью просмотра фактических показателей в реальном времени (рис. 3).

Целевой график строительства — утвержденный участниками строительства договорной срок выполнения работ по принципу фронта работ, обеспечивающий контроль сроков возведения строительной модели ВМ (рис. 4).

Наряд завтрашнего дня — ключевой элемент детального планирования по бригадам и микроучасткам целевого графика. Предлагает ежедневное поэлементное планирование работ, включает информацию о необходимых трудовых и материальных ресурсах,

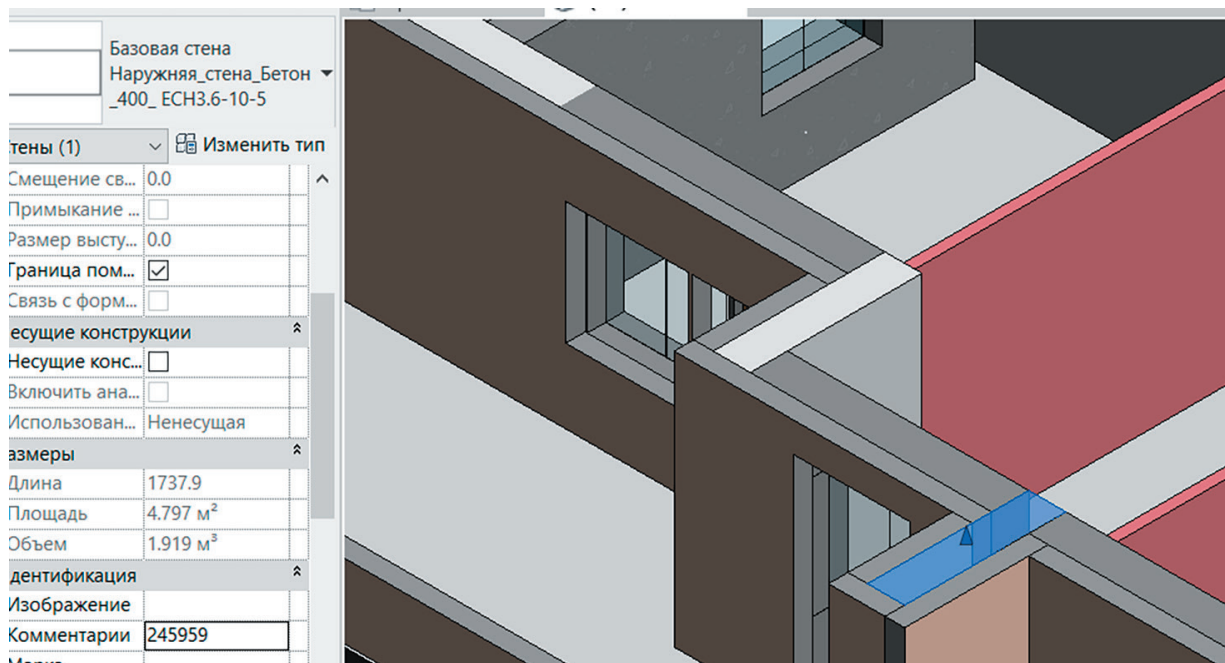


Рис. 2. Элементная строительная номенклатура

НАРЯД НА ЗАВТРА				15.04.2019			242692.rtf
ПАСПОРТ ЭЛЕМЕНТА ЗДАНИЯ				начало	окончание		изображение
	242692	П-4	2,38	6	2160	Уровень 2	
ИД код	06-01-031-05	Марка	Объем м3	Площадь м2	Длина мм	Уровень	
Устройство железобетонных стен и перегородок высотой: до 3 м, толщиной 500 мм				<b>НА ОБЪЕМ</b>			
<a href="http://code.dream.ru/uid246461/">http://code.dream.ru/uid246461/</a>				Затраты труда рабочих			
GUID код - ссылка на сайт				3,18 чел.-ч.			
ИСПОЛНЕНИЕ «ТИМ Модели»				Средний разряд работы			
подрядчик - заказчик КС-2				3,2			
подрядчик - заказчик КС-3				Затраты труда маш.крана			
отмечается на исполнительной ТИМ Модели				48,26 чел.-ч.			
Фирменная Элементная Стоимость предприятия (ФЭСп)				Затраты труда рабочих			
Затраты труда рабочих				0 чел.-ч.			
превышение				0 выше			
нормально				0,00 ниже			
КОМПЛЕКТОВОЧНАЯ				<b>ФАКТИЧЕСКИЙ</b>			
Вода	м3	0,124	2,95	Затраты труда рабочих			
Электроды диаметром: 4 мм	т	0,2	4,76	чел.-ч.			
Болты с гайками и шайбами	т	0,09	2,14	Средний разряд работы			
Гвозди строительные	т	0,051	1,21	Затраты труда машинистов			
Известь строительная: негаш	т	0,041	0,98	чел.-ч.			
Бруски обрезные хвойных пор	м3	0,14	0,003	элементарии:			
Доски обрезные хвойных пор	м3	1,55	0,04	учетное время производства			
Щиты: из досок толщиной 25	м2	74	1,76	затрачено всего			
Бетон	м3	101,5	2,42	0 часов			
Арматура	т	10,1	0,024	время начала			
дата окончания				время окончания			
Наименование объекта				21-ти этажный жилой дом с магазином на 1-ом этаже			
Адрес размещения				Н.Челны, Комсомольский р-н 10/71			
				Бригадир			
				Ветров А.И.			
				МАСТЕР			
				Петров Ю.А.			
				сообщение:			

Рис. 3. Информационная модель паспорта элемента

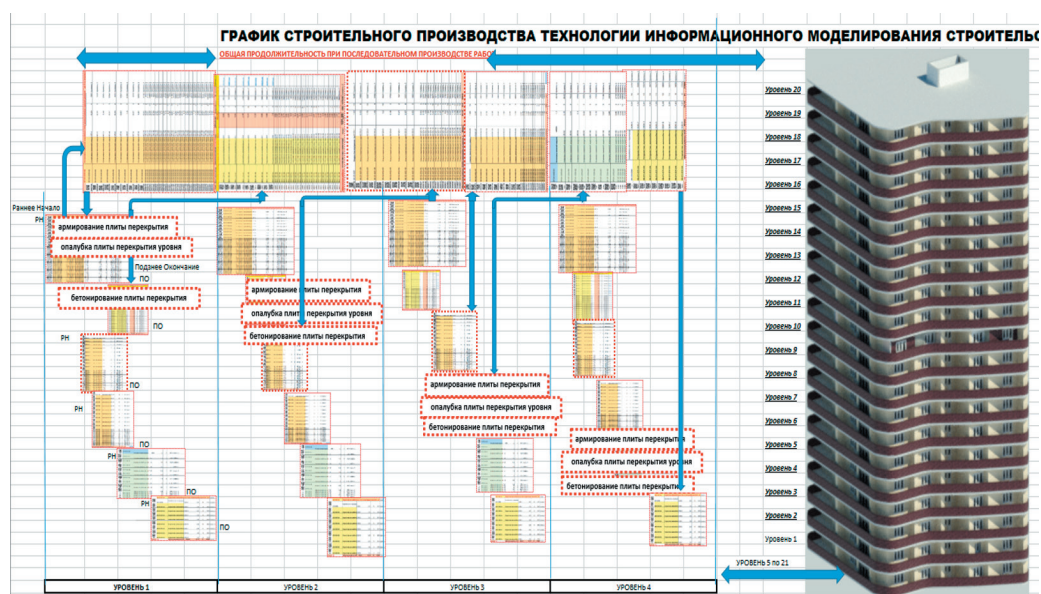


Рис. 4. Целевой график строительства

накапливает фактические показатели по результатам выполнения.

Корпоративные сметные нормы сохраняются для каждого возведенного элемента строительной модели BIM, содержат фактические трудовые и материальные затраты, формируют проверенную базу для будущих проектов, отображают реальные поэлементные затраты организации (рис. 5).

Каждый из пяти ключевых компонентов системы «Строительный конвейер» может быть расширен экологическими параметрами для обеспечения непрерывного экологического мониторинга строительного производства:

1. Элементная строительная номенклатура (ЭСН) дополняется экологическими характеристиками каждого элемента: углеродный след материалов (кг CO<sub>2</sub>-экв.), класс экологической опасности строительных отходов, коэффициент рециклируемости материалов, нормативы образования отходов при производстве элемента по СП 17.13330 и ГОСТ Р 57678-2017 [7].

2. Паспорт конструктивного BIM-элемента расширяется разделом «Экологический паспорт»,

содержащим фактический углеродный след производства элемента, объем образованных отходов по классам опасности (I–V), данные об источниках материалов и сертификатах экологической безопасности, показатели энергопотребления при производстве, данные о возможности повторного использования и утилизации [8].

3. Целевой график строительства дополняется экологическими контрольными точками: сроками вывоза строительных отходов, графиками замеров уровня шума и пыли, периодами ограничения работ вблизи водоохранных зон, сроками рекультивации нарушенных территорий.

4. Наряд завтрашнего дня включает экологические требования экологического соответствия, фиксацию фактического объема отходов по завершении работ.

5. Корпоративные сметные нормы накапливают фактические объемы отходов в сравнении с нормативными, энергопотребление на единицу элемента. Эти данные формируют корпоративную экологическую базу, позволяющую прогнозировать и минимизировать воздействие на будущих проектах.

<b>НАРЯД НА ЗАВТРА</b>				<b>15.04.2026</b>					
ПАСПОРТ ЭЛЕМЕНТА ЗДАНИЯ				НАЧАЛО			ОКОНЧАНИЕ		
скопировать QR	<b>242692</b>	Р-ч	2.38	6	2160	Уровень 2	<a href="#">242692.png</a>		
	ID код	Марка	Объем м3	Площадь м2	Длина мм	Уровень	изображение		
	код производства	<b>Устройство железобетонных стен и перегородок высотой: до 3 м, толщиной 500 мм</b>							
	06-01-031-05								
<a href="http://codedream.ru/uid246461/">http://codedream.ru/uid246461/</a>				кнопки					
GUID код - ссылка на сайт				Затраты труда р		<b>3.18</b>	чел.-ч.		
ИСПОЛНЕНИЕ «ТИМ Модели»				средний разряд работы		<b>3.2</b>			
дрядчик - заказчик КС-2	ДА	НЕТ	Затраты маш.крана		<b>20.3</b>	чел.-ч.			
дрядчик - заказчик КС-3	ДА	НЕТ	Элементарная Элементарная Стоимость предприятия (ф						
отмечается на исполнительной ТИМ Модели				затраты труда рабочих		0	чел.-ч.		
ИМПЛЕКТОВОЧНАЯ норма				превышение		0	выше		
Арматура	0.024	кг	нормально		0.00	ниже			
Бетон	2.42	м3	ФАКТИЧЕСКАЯ						
досок толщиной 25 мм	1.76	м3	затраты труда рабочих		чел.-ч.				
Доски обрезные хвойн	0.04	м3	Средний разряд работы						
Бруски обрезные хвойн	0.003	м3	затраты труда машинистов		чел.-ч.				
Гвозди строительные	1.21	кг	комментарии:						
Гвозди строительные	1.21	кг							
Болты с гайками и шайб	2.14	кг	учетное время производств						
Известь строительная:	1.0	кг	затрачено всего		0 часов				
дата начала			время начала		часов				
дата окончания			время окончания		часов				
Наименование объекта	<b>21-ти этажный жилой дом с магазином на 1-ом этаже</b>								
Адрес размещения	<b>Н.Челны, Комсомольский р-н 10/71</b>								
						сообщение:		<b>Бригадир Ветров А.И. МАСТЕР Петров Ю.А</b>	

Рис. 5. Корпоративные сметные нормы

Практическая реализация технологии «Строительный конвейер» осуществлена через три специализированных программных модуля, обеспечивающих полный цикл управления строительным производством.

Модуль «Сбор данных» (рис. 6) обеспечивает:

- выгрузку информационной модели в базу данных;
- формирование нарядов завтрашнего дня по дням/захваткам/бригадам согласно плану работ;
- ручной и автоматизированный ввод фактических данных о выполнении работ;
- создание и управление паспортами элементов;
- интеграцию с BIM-моделью для получения актуальной информации об элементах.

Модуль «Аналитика данных» (рис. 7) предоставляет:

- сводные данные по объектам и захваткам;

- потребление ресурсов по работам по дням/захваткам/бригадам;

- аналитику по нарядам завтрашнего дня (план-факт);

- формирование отчетов о производительности и отклонениях;
- визуализацию данных для принятия управленческих решений.

Модуль «Оптимизация параметров» (рис. 8) реализует:

- формирование элементной базы проекта;
- проработку технологических последовательностей;
- создание перечня технологических ограничений;
- оптимизацию распределения ресурсов и последовательности работ;
- генерацию вариантов календарных графиков с оценкой эффективности.

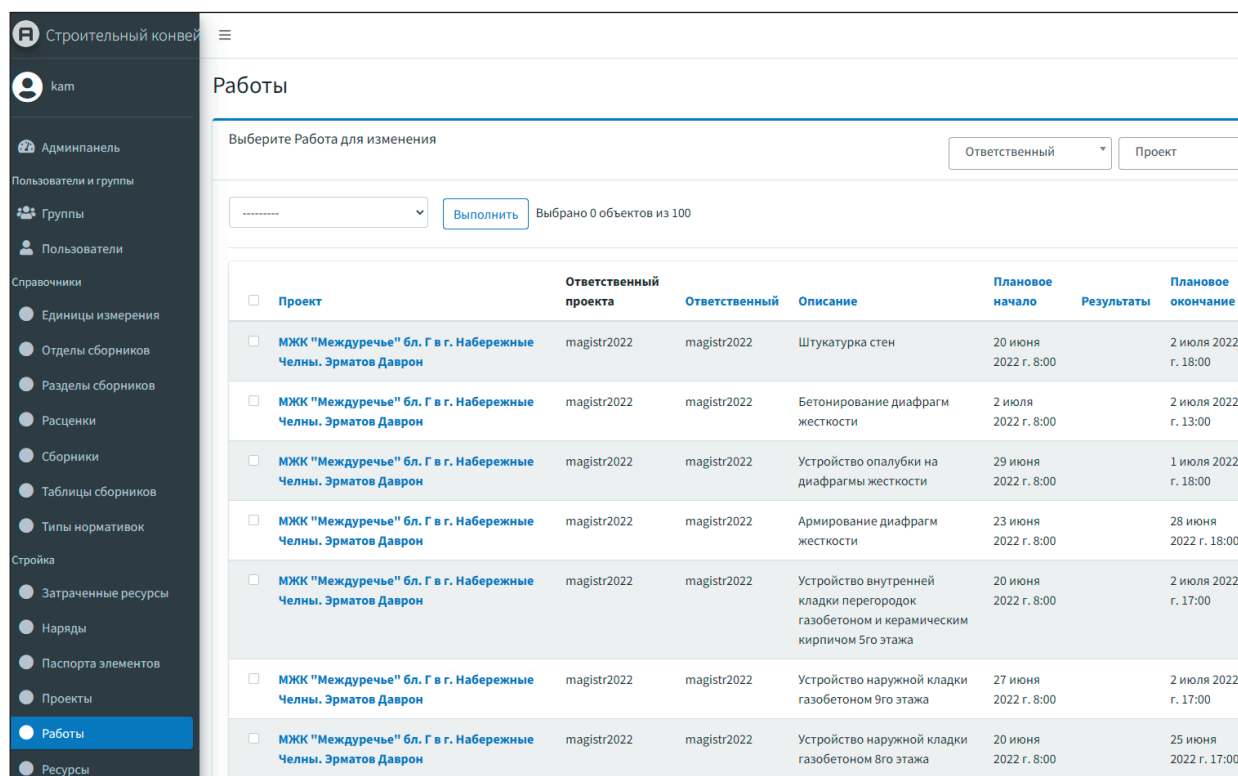


Рис. 6. Структура модуля «Сбор данных»

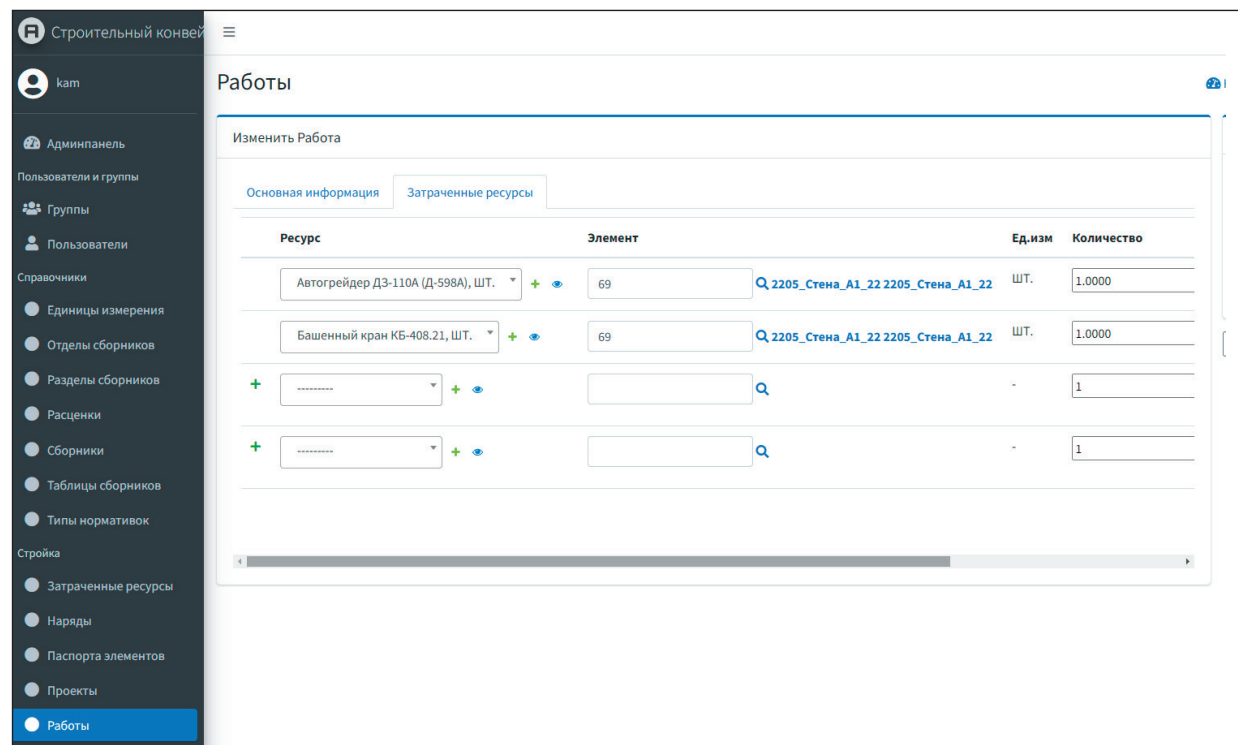


Рис. 7. Структура модуля «Аналитика данных»

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.**

Математическая модель для определения оптимального решения стоимости придерживается критических ограничений:

- ограничения по стоимости:

$$0,10y_{11} + 0,31y_{12} + 0,29y_{13} + 0,18y_{14} \leq 1$$

$$0,11y_{21} + 0,35y_{22} + 0,35y_{23} + 0,25y_{24} \leq 1$$

- ограничения по качеству:

$$0,69x_{11} + 0,75x_{12} + 0,6x_{13} + 0,70x_{14} + 0,69x_{21} + 0,8x_{22} + 0,91x_{23} + 0,78x_{24} \leq 4$$

- ограничения по продолжительности:

$$3,5z_{11} + 15z_{12} + 11z_{13} + 15,5z_{14} \leq 40$$

$$3z_{21} + 12z_{22} + 9z_{23} + 12z_{24} \leq 40$$

**Рис. 8.** Алгоритм оптимизации параметров

## Дискуссия

Система обеспечивает визуализацию всех процессов строительства в 4D-формате (рис. 9), позволяя участникам строительства в реальном времени отслеживать прогресс выполнения работ, анализировать отклонения и принимать обоснованные решения.

Расширение программных модулей экологическими функциями обеспечивает непрерывный мониторинг воздействия на окружающую среду на всех этапах строительного производства:

1. Модуль «Сбор данных» дополнен функциями экологического учета: регистрацией объемов образования отходов по классам опасности при производстве каждого элемента, фиксацией фактического расхода материалов с расчетом отклонений от нормативных показателей, автоматическим формированием экологической отчетности по формам 2-ТП (отходы) на основе накопленных поэлементных данных [2].

2. Модуль «Аналитика данных» обеспечивает экологические дашборды: визуализацию углеродного следа проекта в разрезе элементов и видов работ, мониторинг динамики об-

разования отходов в сравнении с нормативами, анализ отклонений расхода материалов от проектных значений с выявлением источников перерасхода, формирование рейтинга экологической эффективности бригад и участков.

3. Модуль «Оптимизация параметров» реализует минимизацию экологического воздействия: оптимизацию последовательности работ с учетом ограничений по уровню шума и пыли, выбор вариантов календарного графика с минимальным совокупным углеродным следом, планирование логистики материалов для снижения транспортных выбросов, оптимизацию раскроя материалов для минимизации отходов [9].

Практическое внедрение технологии «Строительный конвейер» на реальных строительных объектах (трехэтажный многоквартирный жилой дом, ремонт квартиры 70 м<sup>2</sup>) позволило получить количественные данные, имеющие прямое экологическое значение [4].

Поэлементный план-фактный анализ выявил систематический перерасход материалов на 8–12% по различным позициям. Основные причины: технологические потери при раскрое и подгонке, бой и повреждения при

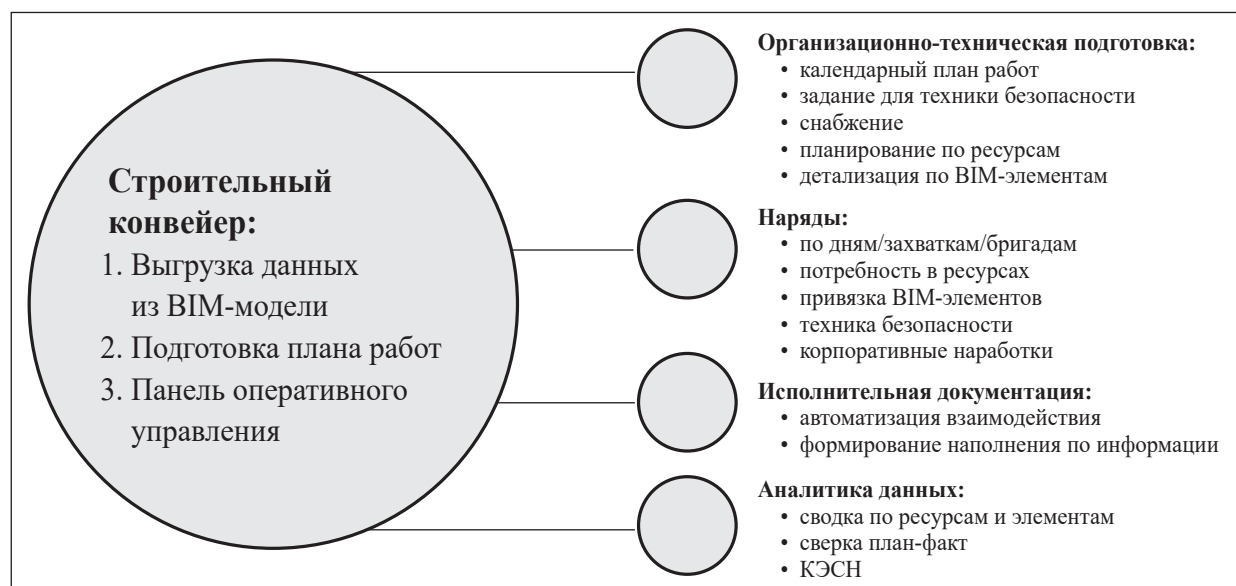


Рис. 9. Визуализация проекта «Строительный конвейер»

транспортировке, необоснованные запасы [4]. Перерасход материалов непосредственно транслируется в увеличение объема строительных отходов. Система «Строительный конвейер» обеспечивает выявление источников перерасхода на уровне отдельных элементов, что позволяет адресно корректировать технологию производства и снижать образование отходов.

При среднем перерасходе материалов 10% и типовом объеме строительства многоквартирного дома (3000 м<sup>3</sup> конструкций) поэлементный контроль потенциально снижает объем строительных отходов на 150–300 т на объект, что эквивалентно сокращению выбросов CO<sub>2</sub> на 45–90 т (коэффициент 0,3 тCO<sub>2</sub>/т отходов, по данным ЮНЕП [1]).

Сокращение продолжительности строительства на 18% достигнуто за счет оптимизации последовательности производства элементов, минимизации простоев и эффективного использования фронта работ [4]. Экологический эффект сокращения сроков включает уменьшение периода воздействия строительной площадки на окружающую среду (шум, пыль,

вибрация), снижение объема транспортных перевозок и связанных выбросов, сокращение потребления электроэнергии на площадке.

Снижение трудозатрат на 12% означает пропорциональное уменьшение транспортных потоков (доставка рабочей силы), что для объекта с 30 работниками при среднем плече 15 км и удельных выбросах 0,12 кг CO<sub>2</sub>/км составляет экономию около 2,5 т CO<sub>2</sub> за период строительства.

Практические внедрения продемонстрировали ключевую особенность технологии «Строительный конвейер» для экологического мониторинга — систему корпоративных сметных норм, накапливающую фактические показатели выполнения работ. Расширение этой системы экологическими параметрами создает корпоративную экологическую базу данных, содержащую:

- фактический углеродный след по видам работ и типам элементов в сравнении с нормативными значениями;
- реальные объемы образования отходов по классам опасности с привязкой к конкретным видам работ;

- показатели энергопотребления строительных машин и механизмов при производстве каждого типа элемента;
- коэффициенты технологических потерь материалов, формирующие основу для прогнозирования объемов отходов на будущих проектах.

Накопление данных по множеству проектов при определенной научной выборке позволяет перейти от нормативного прогнозирования экологического воздействия к прогнозированию на основе фактических данных, существенно повышая точность экологической оценки и планирования природоохранных мероприятий [10].

### Заключение

Предложенный подход к цифровизации экологического мониторинга строительного производства на основе технологии «Строительный конвейер» обеспечивает переход от эпизодического экологического контроля к непрерывному поэлементному мониторингу экологического воздействия.

Основные результаты работы:

1. Разработано экологическое расширение пяти ключевых компонентов системы «Строительный конвейер»: элементной строительной номенклатуры, паспорта элемента, целевого графика, наряда завтрашнего дня и корпоративных сметных норм. Каждый компонент дополнен параметрами углеродного следа, образования отходов, энергопотребления и рециклируемости материалов.
2. Описаны экологические функции трех программных модулей системы: сбора экологических данных, аналитики воздействия на окружающую среду, оптимизации с учетом экологических ограничений.
3. На основе практических результатов внедрения количественно оценен экологический

потенциал технологии: снижение перерасхода материалов на 8–12% (сокращение отходов на 150–300 т на объект), уменьшение продолжительности строительства на 18% (сокращение периода экологического воздействия площадки), снижение транспортных выбросов CO<sub>2</sub>.

4. Предложена концепция корпоративной экологической базы данных, формируемой на основе фактических поэлементных показателей и обеспечивающей переход к предиктивному экологическому планированию на будущих проектах.

Перспективы развития связаны с интеграцией AI-технологий для автоматического прогнозирования экологического воздействия, подключением IoT-датчиков для мониторинга шума, пыли и вибрации в реальном времени, а также с формированием отраслевой базы экологических нормативов строительного производства.

### Список источников

1. United Nations Environment Programme 2022. Global Status Report for Buildings and Construction. Nairobi: UNEP, 2022. 101 p.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году». М.: Минприроды России, 2024. 717 с.
3. A Review of Recycled Aggregate in Concrete Applications (2000–2017) / V. W. Y. Tam [et al.] // Resources, Conservation and Recycling. 2018. Vol. 133. Pp. 272–285. DOI: 10.1016/j.resconrec.2018.02.025
4. Использование технологии «Строительный конвейер» при строительном производстве многоквартирного трехэтажного жилого дома / К. Ф. Исламов [и др.] // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15, № 1. URL: <https://esj.today/PDF/75SAVN123.pdf>
5. Akhmetov F., Islamov K., Sovkov S. Building management using information modeling technology // E3S Web of Conferences (Chelyabinsk, February 17–19, 2021). Chelyabinsk, 2021. P. 09047. DOI: 10.1051/e3sconf/202125809047

6. Ахметов Ф.М., Исламов К.Ф. Информационное моделирование строительства // Строительное производство. 2020. № 1. С. 115–118.
7. ГОСТ Р 57678-2017 «Зеленые» стандарты. Оценка экологической эффективности здания. М.: Стандартиформ, 2017.
8. Embodied GHG Emissions of Buildings. The Hidden Challenge for Effective Climate Change Mitigation / M. Röck [et al.] // Applied Energy. 2020. Vol. 258. P. 114107. DOI: 10.1016/j.apenergy.2019.114107
9. Big Data in the Construction Industry: A Review of Present Status, Opportunities, And Future Trends / M. Bilal [et al.] // Advanced Engineering Informatics. 2016. Vol. 30. Pp. 500–521. DOI: 10.1016/j.aei.2016.07.001
10. Анализ внедрения технологии информационного моделирования в Российских строительных компаниях по проектированию и строительству инженерных систем / В. С. Рашев [и др.] // Вестник Евразийской науки, 2020. № 3.
- Дата поступления: 06.04.2026  
Решение о публикации: 11.05.2026
- Контактная информация:**  
ИСЛАМОВ Камиль Фаритович — кандидат техн. наук, доцент; kam@kambox.ru  
КАЗАНСКАЯ Лилия Фаатовна — доктор техн. наук, профессор; yalifa@inbox.ru

## Digitalization of Environmental Monitoring in Construction Production Based on the Construction Conveyor Technology

K. F. Islamov<sup>1</sup>, L. F. Kazanskaya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan Federal University, 13 Mira ave., Naberezhnye Chelny, 423800, Russia

<sup>2</sup>Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9 Moskovsky ave., Saint-Petersburg, 190031, Russia

**For citation:** *Islamov K. F., Kazanskaya L. F.* Digitalization of Environmental Monitoring in Construction Production Based on the Construction Conveyor Technology // Proceedings of Petersburg State Transport University, 2026. Vol. 23, iss. 2. Pp. 491–502. DOI: 10.20295/1815-588X-2026-2-491-502 (In Russian)

### Abstract

**Objective:** to develop an approach to the digitalization of environmental monitoring in construction production based on expanding the architecture of the Construction Pipeline system with environmental parameters. **Methods:** the study was conducted by expanding the existing software implementation of the Construction Pipeline system with environmental monitoring functions. **Results:** an approach to the digitalization of environmental monitoring of construction production based on the technology of the “Construction conveyor” is presented — a system of element-by-element construction management using building information modeling (BIM). The modular architecture of the system is described, including the element construction nomenclature (ECN), the passport of constructive BIM elements, the target construction schedule, the orders of tomorrow, and the corporate estimates. It is proposed to expand each component of the system with environmental parameters: the carbon footprint of the element, the standards for the formation of construction waste by hazard classes, the indicators of energy efficiency of the production of elements, and data on the recycling and disposal of construction materials. **Practical significance:** the practical results of the technology implementation at real construction sites demonstrate a reduction in material overspending by 8–12%, which is equivalent to a reduction in construction waste by 150–300 tons per site, as well as a reduction in construction duration by 18%, which directly reduces

the environmental impact of the construction site on the environment. The technology was implemented in practice through three specialized software modules, each of which is complemented by environmental functions.

**Keywords:** environmental monitoring, construction conveyor, BIM, digitalization, carbon footprint, construction waste, environmental safety, element passport, sustainable construction, resource efficiency

## References

1. United Nations Environment Programme 2022, Global Status Report for Buildings and Construction, Nairobi, UNEP, 2022, 101 p.
2. Gosudarstvennyj doklad “O sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchej sredy Rossijskoj Federacii v 2023 godu” [State Report “On the State and Protection of the Environment of the Russian Federation in 2023”], Minprirody Rossii [Russian Ministry of Nature], Moscow, 2024, 717 p. (In Russian)
3. Tam V.W.Y., et al. A Review of Recycled Aggregate in Concrete Applications (2000–2017), *Resources, Conservation and Recycling*, 2018, vol. 133, pp. 272–285. DOI: 10.1016/j.resconrec.2018.02.025
4. Islamov K.F., et al. Ispol’zovanie tekhnologii “Stroitel’nyj konvejer” pri stroitel’nom proizvodstve mnogokvartirnogo tryohetazhnogo zhilogo doma [The Use of “Construction Conveyor” Technology in the Construction of Multi-Family Three-Storey Residential Building], *Vestnik evrazijskoj nauki [Bulletin of Eurasian Science]*, 2023, vol. 15, no. 1. URL: <https://esj.today/PDF/75SAVN123.pdf> (In Russian)
5. Akhmetov F., Islamov K., Sovkov S. Building Management Using Information Modeling Technology, E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, February 17–19, 2021, Chelyabinsk, 2021, p. 09047. DOI: 10.1051/e3sconf/202125809047
6. Ahmetov F.M., Islamov K.F. Informacionnoe modelirovanie stroitel’stva [Information Modeling of Construction], *Stroitel’noe proizvodstvo [Construction production]*, 2020, no. 1, pp. 115–118. (In Russian)
7. GOST R 57678-2017 “Zelyonye” standarty. Ocenka ekologicheskoy effektivnosti zdaniya [“Green” standards. Assessment of the Environmental Efficiency of the Building], Moscow, Standartinform, 2017. (In Russian)
8. Röck M., et al. Embodied GHG Emissions of Buildings — The Hidden Challenge for Effective Climate Change Mitigation, *Applied Energy*, 2020, vol. 258, p. 114107. DOI: 10.1016/j.apenergy.2019.114107
9. Bilal M., et al. Big Data in the Construction Industry: A Review of Present Status, Opportunities, and Future Trends, *Advanced Engineering Informatics*, 2016, vol. 30, pp. 500–521. DOI: 10.1016/j.aei.2016.07.001
10. Rashev V.S., et al. Analiz vnedreniya tekhnologii informacionnogo modelirovaniya v Rossijskih stroitel’nyh kompaniyah po proektirovaniyu i stroitel’stvu inzhenernyh sistem [Analysis of the Implementation of Information Modeling Technology in Russian Construction Companies for the Design and Construction of Engineering Systems], *Vestnik Evrazijskoj nauki [Bulletin of Eurasian Science]*, 2020, no. 3. URL: <https://esj.today/PDF/49SAVN320.pdf>. (In Russian)

Received: April 06, 2026

Accepted: May 11, 2026

### Author’s information:

Kamil’ F. ISLAMOV — PhD in Engineering, Associate Professor; [kam@kambox.ru](mailto:kam@kambox.ru)

Liliya F. KAZANSKAYA — Dr. Sci. in Engineering, Professor; [yalifa@inbox.ru](mailto:yalifa@inbox.ru)