**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ**

**УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**



**УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ  
ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА  
ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОЙ НЕЙТРАЛЬНОСТИ  
СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Специальность 2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства  
Специальность 2.10.2. Экологическая безопасность

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент Наумов Андрей Евгеньевич

**Белгород 2023**

ОГЛАВЛЕНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 5](#bookmark1)

1. [СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ 13](#bookmark2)
   1. Жизненный цикл объекта строительства как среда низкоуглеродного

развития урбанизированных территорий 13

* 1. Нормативно-правовая база управления жизненным циклом объектов

строительства для достижения углеродной нейтральности 19

* 1. Методы и подходы к оценке экологической безопасности объектов

капитального строительства в течение их жизненного цикла 28

* 1. Мировой и отечественный опыт управления жизненным циклом объектов

капитального строительства для достижения углеродной нейтральности 32

* 1. [Выводы по главе 1 40](#bookmark8)

1. [МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ 42](#bookmark9)
   1. Инструменты оценки углеродного воздействия для управления жизненным

циклом объектов капитального строительства 42

* + 1. Инструменты оценки углеродного воздействия производства и

применения строительных материалов, изделий и конструкций 44

* + 1. Инструменты оценки углеродного воздействия технологических

[процессов в строительстве 49](#bookmark13)

* 1. Методы оценки жизненного цикла объектов капитального строительства 51
  2. [Выводы по главе 2 56](#bookmark15)

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ

ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОЙ НЕЙТРАЛЬНОСТИ 58

* 1. [Исходные гипотезы и предпосылки, принятые в работе 58](#bookmark18)

з

1. Корреляционно-регрессионный анализ натуральной ресурсоемкости

строительных ресурсов и проектных решений, применяемых в строительстве 64

1. [Построение регрессионных моделей натуральной ресурсоемкости объектов капитального строительства на примере многоквартирных жилых зданий 68](#bookmark22)
2. [Выводы по главе 3 88](#bookmark24)
3. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА УГЛЕРОДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

[СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА 90](#bookmark29)

* 1. Факторное пространство условий реализации и оценки углеродного

воздействия строительного производства 90

* 1. Комплексный показатель сниженного углеродного воздействия

строительного производства 94

* 1. Технология оценки углеродного воздействия строительного

[производства 97](#bookmark31)

* 1. [Выводы по главе 4 108](#bookmark32)

1. МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ

КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ДОСТИЖЕНИЕМ УГЛЕРОДНОЙ НЕЙТРАЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА 110

* 1. Методика комплексной оценки углеродного воздействия объектов

капитального строительства, применяемая для обоснования принятия низкоуглеродных организационно-технических решений 110

* 1. [Апробация результатов исследования 120](#bookmark41)
  2. Рекомендации по эффективному управлению жизненным циклом объектов

капитального строительства для достижения углеродной нейтральности 129

* 1. [Выводы по главе 5 133](#bookmark52)

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

135

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ПРИЛОЖЕНИЯ**

[Приложение А. Исходные данные для проведения корреляционно­регрессионного анализа ресурсоемкости и объемно-планировочных и конструктивных решений объектов капитального строительства 157](#bookmark55)

156

Приложение Б. Титульный лист рекомендаций по оценке углеродного воздействия производства строительно-монтажных работ на этапах жизненного цикла объектов капитального строительства 161

[Приложение В. Акты о внедрении результатов научно-исследовательской работы 162](#bookmark56)

[Приложение Г. Справка о внедрении результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс 165](#bookmark57)

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Итоги выполненного исследования. Дополнены теоретические представления о научно-методических основах и прикладном инструментарии управления эффективностью жизненного цикла ОКС для достижения углеродной нейтральности строительного производства, обеспечивающих натуральную и приведенную стоимостную оценку углеродного воздействия, выявление и ранжирование разноресурсных альтернативных вариантов проектных решений ОКС для снижения его косвенного углеродного воздействия.

Обосновано и экспериментально подтверждено организационно-техническое решение, позволяющее оценить ресурсоемкость объектов капитального строительства на этапах жизненного цикла, включающих строительное производство, количественно установить углеродное воздействие строительного производства, выявить и ранжировать с позиции углеродного воздействия проектные решения при сравнительной оценке эффективности управления жизненным циклом объектов капитального строительства с целью достижения углеродной нейтральности.

Предложен комплексный показатель сниженного косвенного углеродного воздействия ОКС, включающий многослойное факторное пространство условий реализации и оценки углеродного воздействия строительных ресурсов, необходимых для производства строительно-монтажных работ, объединенное в производственный, логистический и организационный факторы, сгруппированные по назначению ресурсов и происхождению выбросов парниковых газов.

Разработана технология анализа углеродного воздействия и поддержки принятия низкоуглеродных организационно-технических решений на всех этапах жизненного цикла ОКС, основанная на алгоритмах количественной оценки и управления углеродным воздействием строительного производства, позволяющая снизить расчетную себестоимость реализации низкоуглеродного строительного проекта до 15%.

Предложены следующие алгоритмы: определения натуральной

ресурсоемкости по показателям объемно-планировочного и конструктивного решений в условиях дефицита исходных данных об объекте капитального строительства; сравнительной оценки углеродного воздействия альтернативных решений реализации строительно-монтажных работ объекта капитального строительства; организационно-экономической оценки углеродного воздействия объекта капитального строительства; рационального управления жизненным циклом объекта капитального строительства для достижения углеродной нейтральности строительного производства.

Разработана методика комплексной оценки косвенного углеродного воздействия, применяемая для обоснования принятия низкоуглеродных организационно-технических решений на всех этапах жизненного цикла ОКС, опирающихся на расчетное удорожание сметной стоимости решений.

Теоретические и экспериментальные результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы для внедрения в практику деятельности строительных инвесторов, застройщиков и органов исполнительной власти, а также могут быть использованы в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Строительство».

Перспективы дальнейших исследований целесообразно рассматривать в направлении расширении номенклатуры показателей углеродного воздействия строительных ресурсов, масштабирования предложенной технологии на смежные с гражданским строительные комплексы и производства, развития технологий информационного моделирования в строительстве, обеспечивающих цифровую модель ОКС сведениями об углеродоемкости строительного производства, адаптации существующей системы сметного нормирования к аккумуляции и эффективному использованию участниками строительства сведений об углеродном воздействии строительных ресурсов в рамках используемого нормативно-методического и программного обеспечения для составления сметной документации.