

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по УР и МД ФГБОУ ВО
«Донской государственный техниче-
ский университет», д-р техн. наук,
профессор



Бескопильный А.Н.

«26» августа 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет» на диссертационную работу **Долженко Александра Валериевича** на тему **«Управление жизненным циклом объекта строительства автоматизированной строительно-технической экспертизой плоских рулонных кровель»**, представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства

1. Актуальность темы исследования

Управление жизненным циклом объектов строительства на современном этапе рассматривается как комплексная мультидисциплинарная задача, от обстоятельного и детального анализа всех содержательных аспектов которой напрямую зависит эффективность всего строительного комплекса. Вопросы эффективной цифровизации отрасли в целом и отдельных ее направлений, таких как строительно-техническая экспертиза, изучаются большим количеством отечественных и зарубежных научных школ, рассматриваются с позиций совершенствования нормативных и методических основ производства цифровой дефектоскопии, автоматизированного анализа технического состояния объекта строительства, построения действенных систем управленческого советования в технической эксплуатации и обслуживании зданий.

Несмотря на большое количество теоретических и экспериментальных исследований в области методик оценки и мониторинга функциональности, безопасности и ресурсоэффективности, используемых в управлении жизненным циклом объектов строительства, вопросы их научно-методического обоснования и аппаратно-программного обеспечения все еще содержит существенный исследовательский потенциал.

В связи с вышеизложенным актуальным представляется исследование Долженко А.В., направленное на разработку организационно-технического решения, позволяющего рационализировать производство и автоматизировать анализ результатов строительно-технических экспертиз плоских рулонных кро-

вель, как одного из наиболее распространенных и дефектоемких элементов зданий, в управлении жизненным циклом объектов строительства с позиции минимизации затрат на безопасную и функциональную эксплуатацию. Организация производства строительно-технической дефектоскопии в составе экспертиз кровель, отвечающей требованиям к составу и структуре периодически обновляемых данных для информационных моделей, выполняемой с произвольной периодичностью на требуемом уровне детализации дефектов, с цифровой диагностикой и документированием результатов, анализом текущего и прогнозного состояний, полагаемых в основу принятия эффективных управленческих решений жизненного цикла здания без существенного увеличения стоимости владения объектом, является актуальной научной задачей, решенной автором.

Актуальность работы подтверждается результатами, полученными в составе научного проекта Российского фонда фундаментальных исследований, проектов программы развития БГТУ им. В.Г. Шухова «Приоритет 2030» на 2021-2030 гг., научных проектов государственного задания и апробации в управлении эксплуатацией 29 натурных объектов на территории РФ.

2. Структура и содержание работы

Представленная диссертация Доженко А.В. состоит из введения, основной части – пяти глав, заключения, списка литературы из 171 источника и 3 приложений. Работа выполнена на 168 страницах машинописного текста, включающего 18 таблиц, 57 рисунков, 15 формул.

Во введении представлена актуальность, степень разработанности темы исследования, приведены цель, задачи работы, отмечена ее научная новизна, теоретическая и практическая значимость, приведены сведения о методологии и методах исследования, выносимых на защиту положениях работы, дана информация о степени достоверности, апробации и внедрении результатов, описан личный вклад автора и публикации, приведены сведения о структуре и области исследования диссертации в соответствии с паспортом специальности.

В первой главе автором выполнен анализ нормативно-правовой базы управления жизненным циклом объектов строительства, изложены общие и специфические отраслевые недостатки регламентов, регулирующих порядок производства и документирование результатов строительно-технических экспертиз и методов их производства, являющиеся причиной снижения эффективности экспертиз в управлении жизненным циклом зданий. Автором делается вывод о потенциальной целесообразности методов бесконтактного обследования элементов зданий с помощью беспилотных авиационных систем и цифровых инструментов количественной оценки дефектов, способствующих росту качества и достоверности экспертиз. Приводятся сведения о принципах рациональной организации метрологического обеспечения используемого оборудования и создаваемых средств измерений.

Вторую главу автор посвящает обзору существующих средств и инструментов бесконтактной дефектоскопии здания, носителей оборудования (беспилотных авиационных систем), ключевым положениям их предполетной подго-

товки и эксплуатационной настройки, оказывающим влияние на качество и результативность проведения строительно-технических экспертиз. В дополнение к аппаратному автором предлагается рациональное программное обеспечение автоматизированной экспертизы, в первую очередь, инструменты нейросетевого анализа изображений, базовые положения создания и эксплуатации которых приведены в главе.

В третьей главе обосновывается целесообразность расширения методологического инструментария экспертиз зданий созданием и апробацией аппаратно-программных комплексов автоматизированной строительно-технической дефектоскопии, обеспечивающих регулярные, высокоточные, сопоставимые и документируемые в цифровом виде результаты, полагаемые автором в основу предлагаемой цифровой технологии оценки состояния объекта строительства и алгоритмов цифрового управления его жизненным циклом. Соответствие предлагаемой технологии ключевым принципам цифрового управления жизненным циклом здания – универсальности, оперативной горизонтальной и вертикальной масштабируемости, цифровым форматам представления результатов и приспособляемости к изменяющейся структуре информационной модели автором реализуется введением и дальнейшим развитием в работе понятия состояния функционального соответствия элемента здания, количественная метрика которого становится приоритетным показателем эффективности управления объектом. Автором приводятся совершенствуемые научно-методические основы оценки состояния и отдельных положений применяемой методики экспертной диагностики.

Четвертая глава посвящена разработке и детальной настройке нейросетевых инструментов, используемых для детектирования дефектов плоской рулонной кровли на технических изображениях, получаемых с использованием БАС – архитектуре рациональной нейросети и принципам ее эффективного обучения, разработке и использованию авторского приложения работы с нейросетью, каталогизации распознаваемых дефектов кровли и их иерархической классификации для расширения функциональности информационных моделей зданий на этапах жизненного цикла объекта. Отдельное внимание автором уделено комплементарности разрабатываемых нейросетевых и классификационных алгоритмов сложившейся нормативной системе строительной классификации, что положительно сказывается на качестве апробации и внедрения результатов работы.

Пятая глава посвящена практической реализации технологии производства автоматизированной строительно-технической дефектоскопии плоских рулонных кровель, содержит описание хода и результатов апробации технологии, обобщает профессионально полезный авторский опыт изыскательской деятельности с использованием предлагаемой системы. Рассматриваются аспекты организации и оптимизации полетного задания БАС, обработки и документирования входящего информационного потока, сегментации и количественной оценки развития установленных дефектов здания. В основу рационализации организационно-технических решений по восстановлению плоской рулонной кровли ав-

тором полагаются решения оптимизационной задачи выбора мероприятий минимальной ресурсоемкости, эффективность чего подтверждается существенным снижением стоимости и сроков ремонта кровли по отношению к запланированным нормативным расходам на одном из объектов строительства.

В заключении работы приводятся итоги выполненного исследования, кратко описываются достигнутые результаты, приводятся рекомендации по внедрению результатов в практику экспертной деятельности и отмечены перспективы дальнейших исследований.

В приложениях представлены стандарт организации на производство автоматизированной строительно-технической дефектоскопии плоских рулонных кровель, акты о внедрении результатов научно-исследовательской работы и справка о внедрении результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс.

3. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснование цели и задач исследования проведено автором анализом отечественных и зарубежных источников по теме работы, критическим анализом действующей нормативно-правовой базы и аппаратно-программного обеспечения производства строительно-технических экспертиз зданий и кровель. Обоснованность и достоверность полученных результатов исследования обеспечивается количественной оценкой технического состояния элемента здания, информационным и параметрическим моделированием объекта и результатов исследования, верификацией результатов примененных экспертных методов оценки, непротиворечивостью основных результатов работы общепринятым положениям изыскательской деятельности, работам отечественных и зарубежных ученых по теме исследования. Заключение диссертационной работы в полной мере отражает основные результаты, обосновывает направления развития и перспективы дальнейших исследований.

4. Научная новизна

Выполнена классификация дефектов плоских рулонных кровель, предложен термин и апробирован алгоритм оценки состояния функционального соответствия плоских рулонной кровли, дополняющий используемые понятия физического износа и технического состояния при выборе рационального состава ремонтно-восстановительных мероприятий.

Предложен и апробирован научно-методический подход к совершенствованию инструментария информационного моделирования объектов строительства введением иерархического класса дефектов плоской рулонной кровли, расширяющим инструментарий цифрового управления жизненным циклом здания.

Осуществлена программная реализация методики обучения полностью сверточной нейронной сети, предложено аппаратно-программное обеспечение беспилотных авиационных систем, сформирована технология производства автоматизированной строительно-технической дефектоскопии плоских рулонных

кровель, снижающая ресурсоемкость и сроки производства экспертиз на объектах апробации до 5 раз.

Предложена, научно-методически обеспечена и экспериментально обоснована технология управления эксплуатацией плоской рулонной кровли, интегрирующая автоматизированную диагностику и параметрическое моделирование ее дефектов, снижающая ресурсоемкость поддержания состояния функционального соответствия кровли на этапах жизненного цикла объекта строительства на 20%.

5. Теоретическая и практическая значимость работы

Дополнены теоретические положения о цифровом представлении дефектов плоских рулонных кровель как иерархического класса информационных моделей объектов строительства, расширяющем эксплуатационные и аналитические возможности управления жизненным циклом объекта.

Представлена технология получения, документирования и использования в информационных моделях объектов строительства цифрового результата автоматизированных строительно-технических дефектоскопий, обеспечивающая количественную оценку эффективности принимаемых управленческих решений в технической эксплуатации плоских рулонных кровель по критерию минимизации лимитированных затрат на ремонтно-восстановительные мероприятия.

Разработан и предложен усовершенствованный состав аппаратно-программного обеспечения автоматизированных строительно-технических дефектоскопий, позволяющий выполнять произвольно-периодическое обследование, количественную оценку, документирование и прогнозирование развития дефектов плоских рулонных кровель в режиме реального времени.

6. Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки

Предложенный и апробированный термин и алгоритм оценки состояния функционального соответствия плоской рулонной кровли рационален к использованию при производстве строительно-технических экспертиз в дополнение к понятиям физического износа и технического состояния на этапе переходе изыскательской отрасли к цифровому производству и сопутствующему нормативному обеспечению.

Оценка состояния функционального соответствия объекта строительства как совокупности отдельных конструктивных и функциональных элементов эффективна и перспективна при прогнозировании динамики деструктивных процессов, выражающихся в появлении и развитии дефектов, сравнительной оценке вариантов реализации этапов жизненного цикла здания с ресурсоэффективным поддержанием нормативного состояния его функционального соответствия.

Дополненные теоретические представления о дефектах элементов здания как иерархическом классе информационных моделей, целесообразны при обеспечении модели динамическим массивом данных о показателях, влияющих на

оценку состояния объекта строительства. Значимо для отрасли структурное описание, апробированный и представленный к использованию иерархический класс информационной модели, формализующий описание и аналитическое содержание диагностируемых дефектов. Выполненное научно-методическое обоснование, осуществленная программная реализация и произведенная апробация методики обучения полностью сверточной нейронной сети обеспечивает повышение достоверности результатов дефектоскопии до 50% по сравнению с традиционными технологиями производства изысканий.

7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Полученные результаты диссертационной работы рекомендуются для внедрения в практику экспертной деятельности проектных и изыскательских организаций при производстве строительно-технических экспертиз, для использования в деятельности организаций, осуществляющих техническую эксплуатацию и управление жизненным циклом объектов строительства, а также в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Строительство».

8. Замечания

В процессе обсуждения работы сделаны следующие замечания:

1. Автором анализируются разнообразные методы производства и оборудование строительно-технической дефектоскопии, в т.ч. контактное, термографическое, лидарное (стр. 25-30, 53, 59-60), однако предлагаемая технология АСТД базируется только на визуальном методе.

2. Если прочие авторские алгоритмы реализуются в любом ТИМ ПО, то выполняемые по технологии, представленной на стр. 43-48, параметрические модели привязаны к среде разработки одного из ПО и ограничены в использовании. Как это отражается на универсальности АСТД?

3. До конца неясен мотив, побудивший автора предложить собственный термин состояния функционального соответствия, нежели должным, по его мнению, образом детализировать и факторизовать понятия физического износа и технического состояния.

4. Предлагаемые автором полиномы, экстраполирующие состояние дефектов (рис. 19, стр. 79), не вполне соответствуют сложившемуся в отрасли представлению о пилообразной динамике развития физического износа и логистической функции ВСН 53-86р.

5. В работе представлен пример результативно проведенной АСТД на одном объекте строительства, какова средняя эффективность мероприятий по объектам апробации?

Отмеченные замечания не снижают ценности работы и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

9. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Проведенный выше анализ позволяет сделать обоснованный вывод о том, что диссертация Долженко Александра Валериевича на тему «Управление жизненным циклом объекта строительства автоматизированной строительно-технической экспертизой плоских рулонных кровель» является завершенной научно-квалификационной работой на актуальную тему. Работа обладает научной новизной и практической значимостью, выполнена на высоком исследовательском и аналитическом уровне, основные результаты работы имеют перспективы дальнейшего внедрения в отраслевую практику. Область исследований соответствует паспорту научной специальности 2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства. Публикации автора полно и всесторонне отражают содержание диссертационной работы.

По новизне, качеству, объему, актуальности, научной и практической значимости работа полностью отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует пунктам 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор Долженко Александр Валериевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства.

Диссертационная работа Долженко А.В. и отзыв ведущей организации заслушаны и одобрены на заседании кафедры «Городское строительство и хозяйство» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», протокол № 1 от 26 августа 2025 г.

Доктор технических наук по специальности 05.23.08 – Технология и организация строительства, профессор, заведующий кафедрой «Городское строительство и хозяйство» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»



Шейна
Светлана Георгиевна

«26» августа 2025 г.

Полное название: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет»

Адрес: 344003, Ростов-на-Дону, Социалистическая, 162/32, корпус 26, ауд. 313, кафедра «Городское строительство и хозяйство»

Телефон: 8-863-201-90-99

E-mail: spu-52.6@donstu.ru

Сайт: <https://donstu.ru/>