

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-6-48-54

Долженко А.В., Наумов А.Е., Щенятский О.А.Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова***E-mail: da7182@mail.ru*

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПЛОСКИХ РУЛОННЫХ КРОВЕЛЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ ОЦЕНКИ ИХ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА

Аннотация. *Качество управления жизненным циклом плоских рулонных кровель зависит от эффективности технологии оценки их физического износа, на величину которого существенно влияют условия эксплуатации кровель и источники воздействий на них. Плоские рулонные кровли являются наиболее распространёнными техническими решениями на рынке недвижимости и весьма дефектоёмкими строительными системами, физический износ которых влияет на конструктивную безопасность и функциональную надёжность не только их, но и всего здания в целом. Дефекты плоских рулонных кровель, как и дефекты строительных конструкций в целом, находятся в тесной организационно-технологической взаимосвязи, при которой жизненный цикл отдельного дефекта может представлять собою синергетическое умножение или нивелирование параметров жизненного цикла сопутствующих дефектов.*

Ключевыми недостатками современных методик оценки физического износа является исходная ориентация разработчика и преимущественное практическое исполнение сопутствующих инструментальных исследований вручную, в связи с чем методики излишне упрощены, шаблонизированы, субъективны в результатах натуральной оценки ресурсоёмкости жизненного цикла, так и его продолжительности.

В этой связи представляется перспективным совершенствование программного обеспечения, повышающего достоверность и качество фактологического результата обследования, а также алгоритмов построения прогнозных оценок жизненного цикла отдельных дефектов.

В работе представлены направления совершенствования экспертно-нормативного метода оценки физического износа плоских рулонных кровель, количественно учитывающих совместное влияние дефектов на технического состояние строительной системы на жизненном цикле, существенно расширяющего оперативный инструментарий строительного эксперта и технического управляющего зданием.

Ключевые слова: *плоские рулонные кровли, физический износ, оценка физического износа, дефект, удельный вес дефекта, метод анализа иерархий.*

Введение. Важнейшими аспектами управления жизненным циклом здания являются мероприятия по поддержанию его конструктивной безопасности и функциональной надёжности [1]. Наиболее распространёнными и, при этом, наиболее проблемными конструктивными элементами здания на являются плоские рулонные кровли, характеризующиеся большим разнообразием типов конструкций и составляющих их материалов [2]. Каждый тип плоской рулонной кровли имеет свои особенные дефекты, отличные от остальных, что требует от строительного эксперта наличия специфических знаний об особенностях её эксплуатации и ремонта [3].

Основным методом, используемым при оценке физического износа зданий, является экспертно-нормативный [4], основанный на визуальном осмотре строительных конструкций и последующего соотношения выявленных дефектов с их количественными выражениями, описанными в нормативных документах. Однако, результаты оценки по этому методу часто приводят

к занижению величины физического износа [5], что вызвано:

- неучтённостью всей номенклатуры дефектов;
- предусмотренной точностью расчетов $\pm 5\%$;
- субъективностью оценки параметров дефектов экспертом;
- погрешностью измерений, обратно пропорциональной опыту эксперта.

Совершенствование экспертно-нормативного метода оценки физического износа плоских рулонных кровель, по мнению авторов, должно строиться на повышении количества, периодичности и достоверности получения фактологического материала [6], расширении номенклатуры учитываемых расчётом дефектов и учёте удельного веса отдельного дефекта в общем объёме, предложении аппаратно-программного ведения динамического анализа дефектов, реализующих дифференцированные жизненные циклы.

Методология. Исследование возможности совершенствования инструментов оценки физического износа плоских рулонных кровель проводилось авторами путем:

– изучения регламентирующей правила эксплуатации плоских рулонных кровель нормативно-технической документации, проведения обследования их технического состояния, а также научных исследований в области исследования причин возникновения дефектов плоских рулонных кровель, динамики их развития и способов предотвращения и устранения;

– структурирования данных, получаемых при проведении строительно-технической экспертизы и описывающих наиболее распространенные типовые дефекты плоских рулонных кровель на фото- и видеоматериалах, получаемых экспертом в процессе проведения обследования, в том числе и с помощью беспилотных летательных аппаратов;

– тестирования практикующих строительных экспертов на распознавание типовых дефектов плоских рулонных кровель на примере типовых фотографий участков имеющей повреждение кровли и их ранжирование по степени влияния на конструктивную безопасность и функциональную надежность плоской рулонной кровли;

– изучения существующих подходов и технологий информационного моделирования зданий (Building Information Model) и поиска методов насыщения BIM-модели зданий выявленными при проведении строительно-технической экспертизы плоских рулонных кровель дефектов.

Основная часть. Кровлей технически называется элемент крыши, предохраняющий здание от проникновения атмосферных осадков; включает в себя водоизоляционный слой из разных материалов, основание под водоизоляционный слой, аксессуары для обеспечения вентиляции, примыканий, безопасного перемещения и эксплуатации, снегозадержания и др. Таким образом от технического состояния кровли зависит не только её работоспособность, но и техническое состояние нижележащих строительных конструкций, оборудования и других функциональных элементов, которые могут получить возрождения в результате нарушения её герметичности.

Плоские рулонные кровли являются самыми распространёнными в многоэтажном строительстве [7] в связи с их относительной дешевизной и возможностью сплошной гидроизоляции. В то же время плоские рулонные кровли являются одними из самых дефектоёмких кровельных систем [8], средняя продолжительность жизненного цикла которых не превышает 15 лет, при продолжительности стадии безотказной эксплуатации до 7 лет [9].

Среди основных причин образования дефектов рулонных кровель следует отметить ошибки, допущенные при проектировании, в процессе устройства, эксплуатации кровли и естественные процессы деградации материалов и узлов [10].

На стадии эксплуатации своего жизненного цикла плоская рулонная кровля подвергается и реагирует на сложные воздействия, сочетающие в себе температурные, механические, химические, биологические и др. [11], что усложняет, удорожает и снижает достоверность результатов дефектоскопии, осуществляемой традиционными технологиями ручной инструменталистики и визуальной аналитики [4].

Таблица 41 ВСН 53-86(р) Правила оценки физического износа жилых зданий, наиболее часто используемого строительными экспертами, разделяет степень физического износа плоских рулонных кровель по 4-м категориям, учитывающим вид дефекта и расплывчато описанных признаков физического износа, трактуемых экспертом в широком диапазоне субъективного восприятия. При этом использованный перечень дефектов содержит наименее трудоемкие для определения вручную, но далеко не исчерпывающие характеристики технического состояния кровли, а рекомендуемый нормами состав работ по результатам оценки узок, категоричен и не согласуется с принципами рационального управления жизненным циклом объекта строительства.

Существующие технологии строительно-технической дефектоскопии, в этой связи, не позволяют в полной мере оценивать, систематизировать и оптимизировать стоимость жизненного цикла здания – расчетной величины денежного выражения совокупных издержек владения жилым домом, включающих в себя расходы на выполнение строительно-монтажных работ, последующие обслуживание, эксплуатацию в течение срока их службы, ремонт, утилизацию созданного в результате выполнения работы объекта [12]. В то же время стоимость жизненного цикла здания является важным показателем, регулируемым государством, и учитываемым не только на стадии эксплуатации объекта недвижимости, но и предварительно рассчитываемым при его проектировании. В связи с этим правильно принятое решение о необходимости, своевременности и объемах ремонтно-восстановительных работ, особенно для муниципальных объектов, финансируемых из государственного бюджета, позволит рациональнее и эффективнее управлять ими, распределяя бюджетные средства по объектам в соответствии с реальными потребностями.

Авторами проведено исследование комплексного влияния типовых дефектов плоских рулонных кровель на величину её физического

износа. Ранжирование дефектов, дифференцируемо учитываемых в линейной модели комплексного взаимного влияния осуществлено методом анализа иерархий [13, 14]. Приведение к единой унифицированной форме классифицирующей атрибутики строительных дефектов как системно-технически ценных элементов (иерархических классов) информационной модели здания, обладающих собственным жизненным циклом планируется в рамках, подготовленных Министерством строительства методических указаний по классификации и кодированию информационных моделей объектов капитального строительства промышленного назначения.

Исследование проводилось на следующих типовых, наиболее часто встречающихся, визуально определяемых дефектах:

Отсутствие водоизоляционного ковра – дефект, характеризующийся полным или частичным на большой площади отсутствием рулонного ковра, вызванным его отрывом от подстилающей поверхности в результате ветрового или иного воздействия;

Отсутствие защитного слоя – дефект, вызванный нарушением технологии устройства кровли, заключающийся в отсутствии защитного слоя гравия

Механическое повреждение рулонного ковра (пробоины) – дефекты, вызванный воздействием атмосферных осадков в виде града, человеческого фактора (при передвижении по поверхности, монтаже и креплении крышных конструкций, сбрасывании мусора с вышележащих уровней крыши).

Расслоение швов полотен – дефект, вызванный нарушением технологии устройства кровли (не соблюдена величина нахлеста, предварительно не раскатывались и не подгонялись соседние рулоны кровельного материала и пр.), а также наклейкой верхнего слоя стыка против направления господствующих ветров, выраженный зазорами между слоями кровельного материала в местах стыков.

Растрескивание водоизоляционного ковра – дефект, вызванный растягивающими усилиями в подстилающих слоях кровли, возникающих при ошибках, допущенных при устройстве кровли, а также температурных деформаций и проявляющийся в виде сквозных трещин – разрывов рулонного ковра.

Разрушение покровного слоя материала – дефект, проявляющийся в виде хаотично расположенных нитевидных трещин, появление которых вызвано воздействием солнечных лучей, ультрафиолетового излучения и старением материала.

Сползание рулонного ковра. Складки – дефект, вызванный размягчением битумного материала под воздействием солнечной радиации и последующими температурными его деформациями

Вздутие водоизоляционного ковра – дефект, проявляющийся в виде деформации рулонного ковра, вызванной избыточным давлением паровоздушной смеси в замкнутой полости под его поверхностью.

Впадины. Образование зон застоя воды – дефект, вызванный отклонениями, допущенными при устройстве основания (неровности, выбоины, углубления), чаще всего проявляющийся скоплением воды или песка.

Биологическое повреждение – дефект, характеризующийся гниением материалов кровли и их механическим повреждением корневой системой растений.

Отслоение рулонного ковра от вертикальных поверхностей – дефект, вызванный нарушениями, допущенными при устройстве и эксплуатации кровли (отсутствие крепления к вертикальным конструкциям, перегибы кровельного материала).

Отсутствие элементов из оцинкованной стали – дефект, вызванный нарушениями, допущенными при устройстве кровли или выполнении ремонтно-восстановительных работ, выраженный локальным или полным отсутствием элементов парапета из оцинкованной стали.

Отсутствие крышек элементов организованного водостока – дефект, вызванный нарушениями устройства или эксплуатации кровли.

Коррозия металлических элементов – дефект стальных конструкций крыши и кровли, вызванный истиранием защитного слоя и воздействием атмосферных осадков.

А также на следующих критериях конструктивной безопасности и функциональной надежности:

Герметичность – способностью объекта препятствовать прохождению жидкости или газа.

Долговечность – способность строительного объекта сохранять физические и другие свойства, устанавливаемые при проектировании и обеспечивающие его нормальную эксплуатацию в течение расчетного срока службы при надлежащем техническом обслуживании.

Ремонтопригодность – способность элемента или конструкции оставаться в состоянии, в котором они могут выполнять требуемые функции, или быть восстановленными до этого состояния при возникновении неисправности.

Работоспособность – способность исполнять требуемые функции в соответствии с предполагаемыми условиями использования (эксплуатации).

Поликритериальное сравнение методом анализа иерархий осуществлялось с использованием

следующих показателей технического состояния строительной системы, зависящих от диагностируемых дефектов: герметичность, долговечность, ремонтпригодность и работоспособность в трактовке этих технических определений (табл. 1).

Таблица 1

Принятая классификация визуально определимых дефектов плоской рулонной кровли

Дефект	Иерархическая классификация	Характеристика
Отсутствие водоизоляционного ковра (локальное или полное)	CEн / PMn / CMa / Def_001 / ID_Def xxx	Полное или частичное на большой площади отсутствие рулонного ковра,
Отсутствие защитного слоя на поверхности кровли	CEн / PMn / CMa / Def_002 / ID_Def xxx	Отсутствие защитного слоя гравия
Механическое повреждение рулонного ковра (пробоины)	CEн / PMn / CMa / Def_003 / ID_Def xxx	Пробоины в толще рулонного ковра
Расслоение швов на стыке полотен	CEн / PMn / CMa / Def_004 / ID_Def xxx	Зазоры между слоями кровельного материала в местах стыков
Растрескивание водоизоляционного ковра	CEн / PMn / CMa / Def_005 / ID_Def xxx	Разрывы рулонного ковра
Разрушение покровного слоя материала	CEн / PMn / CMa / Def_006 / ID_Def xxx	Хаотично расположенные нитевидные трещины
Сползание рулонного ковра. Складки	CEн / PMn / CMa / Def_007 / ID_Def xxx	Складки рулонного материала вдоль уклона
Вздутие водоизоляционного ковра	CEн / PMn / CMa / Def_008 / ID_Def xxx	Выпуклые деформации рулонного ковра
Впадины. Образование зон застоя воды	CEн / PMn / CMa / Def_009 / ID_Def xxx	Скопление воды или песка в углублениях
Биологическое повреждение	CEн / PMn / CMa / Def_010 / ID_Def xxx	Гниение материалов кровли и их механическое повреждение корневой системой растений
Отслоение рулонного ковра от вертикальных поверхностей	CEн / PMn / CMa / Def_011 / ID_Def xxx	Отсутствие крепления к вертикальным конструкциям, перегибы кровельного материала
Отсутствие элементов из оцинкованной стали	CEн / PMn / CMa / Def_012 / ID_Def xxx	Локальное или полное отсутствие элементов парапета из оцинкованной стали
Отсутствие крышек элементов организованного водостока	CEн / PMn / CMa / Def_013 / ID_Def xxx	Отсутствие крышек элементов организованного водостока
Коррозия металлических элементов	CEн / PMn / CMa / Def_014 / ID_Def xxx	Коррозионные повреждения на поверхности стальных элементов кровли

Результаты иерархического сравнения дефектов позволяют предложить следующий ранговый ряд их влиятельной значимости на техническое состояние и состояние функционального соответствия, принимаемый как показатель синергетической свертки эффектов жизненного цикла дефектов в динамическом моделировании плоской рулонной кровли на эксплуатационной стадии жизненного цикла [15] (рис. 1).

Выводы. Поскольку основной причиной снижения срока эффективной эксплуатации плоских рулонных кровель является их высокая дефектоемкость, малоизученное агрессивное взаимное влияние дефектов, а также недостатки нормативных методов качественной оценки величины физического износа, эффективное управление жизненным циклом дефекта и плоской рулонной кровли как строительной системы с пози-

ций динамического прогнозирования и системно-технического анализа дефектов является перспективным направлением совершенствования технологий строительно-технической дефектоскопии, соответствующего актуальным требованиям к инструментам и механизмам управления жизненным циклом строительных систем [16].

Предложенные авторами рекомендации по совершенствованию экспертно-нормативного метода оценки физического износа плоских рулонных кровель на основе синергетической свертки эффектов жизненного цикла дефектов в динамическом моделировании позволит повысить достоверность, проверяемость и эффективность результатов экспертно-строительной деятельности. Использование дополненного в соответствии с рекомендациями авторов экспертно-нормативного метода оценки физического из-

носа плоских рулонных кровель позволит собственникам объектов недвижимости своевременно принять меры по устранению наиболее

опасных дефектов, сохранению эксплуатационных качеств кровли, продлить срок службы объекта недвижимости и снизить стоимость жизненного цикла объекта.

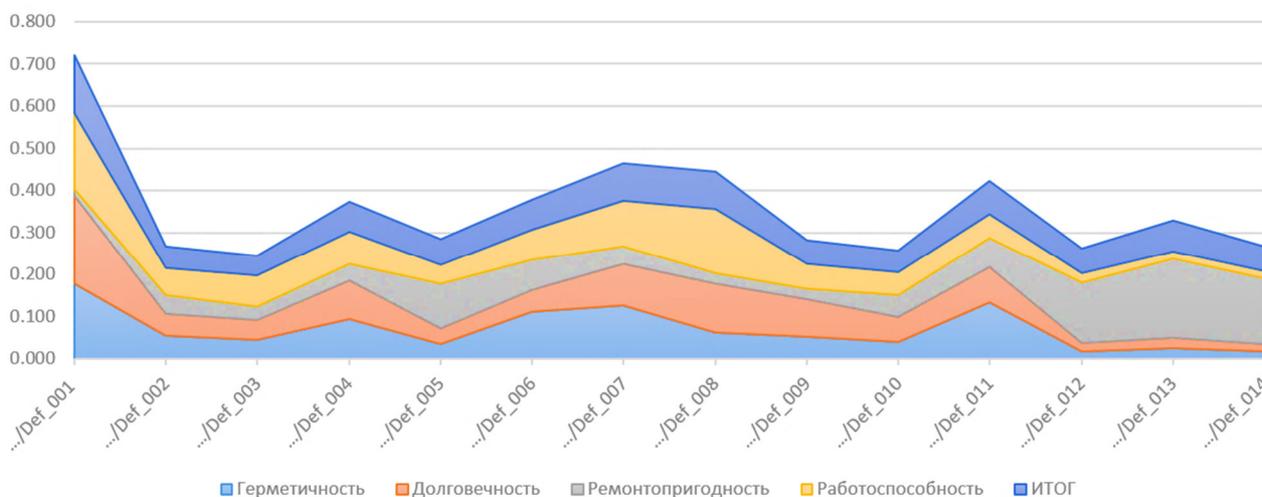


Рис. 1. Ранговый ряд влияющей значимости дефектов на техническое состояние и состояние функционального соответствия плоской рулонной кровли

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Темикеев К., Зулпуев А.М., Болотбек Т. Масылканова Б.А., Абдуллаев У.Д. Общие положения и определения жизненного цикла и ресурса конструктивной безопасности зданий и сооружений // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2022. № 7. С. 16–20. DOI: 10.26104/NNTIK.2022.55.40.004.

2. Жолобов А.Л. Современные технологические решения по ремонту многослойных кровель // Вестник гражданских инженеров. 2008. № 4(17). С. 55–62.

3. Жолобов А.Л., Жолобова Е.А. Систематизация методов увеличения срока службы строительных конструкций // Научное обозрение. 2014. № 10-3. С. 633–636.

4. Гнам П.А. Анализ методик технического обследования объектов с целью определения их физического износа // AlfaBuild. 2019. № 4(11). С. 7–22.

5. Лихачев А.А., Усольцева О.А. Обзор и сравнение современных отечественных и зарубежных методов оценки технического состояния зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2022. № 10(94). С. 1–12.

6. Yudin D., Naumov A., Dolzhenko A., Patrakova E. Software for roof defects recognition on aerial photographs // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 1015(3). 032152.

7. Зельманович Я.И. Состояние рынка мягких кровельных и гидроизоляционных материалов в России в 2009- 2010 гг. // Строительные материалы. 2011. № 3. С. 63–67.

8. Сысоев А.К., Жолобова Е.А., Жолобов А.Л. О причинах преждевременного разрушения кровель из полимерных мембран // Инженерный вестник Дона. 2021. № 5(77). С. 81–87.

9. Ярцев В.П., Долженкова М.В. Прогнозирование долговечности кровельных битумно-полимерных композитов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2012. Т. 18, № 4. С. 1042–1050.

10. Евтушенко С.И., Крахмальный Т.А. Дефекты и повреждения конструкций кровли производственных зданий // Строительство и архитектура. 2022. Т. 10, № 1. С. 2–5. DOI: 10.29039/2308-0191-2021-10-1-2-5.

11. Andenæs E., Engebø A., Kvande T., Bohne R.A., Lohne J. Flat Roofs Defects – Norwegian Building Sector Perspectives // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 290. DOI:10.1088/1755-1315/290/1/012069

12. Paramitha P., Stefanus K., Niken S. The study of building inspection reliability and life cycle cost analysis in Universitas Sebelas Maret Surakarta // AIP Conference Proceedings. 2023. Vol. 2482. 050009. DOI:10.1063/5.0132011.

13. Thomas S., Luis V., St, Cahyono. The Analytic Hierarchy Process. Springer Science+Business Media New York 2012. 345 p.

14. Valentino S., Luis V., Fabio F., Francesco F. The Analytic Hierarchy Process in the Building Sector // New Approaches for Multi-Criteria Analysis in Building Constructions. 2022. DOI:10.1007/978-3-030-83875-1_2.

15. Shilov L., Shilova L. Methodology of Coding Building Information Model Elements at the

Stages of the Life Cycle // Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. Vol. 231. Pp. 239–247. DOI: 10.1007/978-3-030-96206-7_25.

16. Grabovy P.G., Volkov R.V., Volgin V.V. Intellectual Real Estate Management // Real estate: economics, management. 2023. Vol. 1. Pp. 6–20.

Информация об авторах:

Долженко Александр Валериевич, старший преподаватель кафедры экспертизы и управления недвижимостью. E-mail: da7182@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Наумов Андрей Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент кафедры экспертизы и управления недвижимостью. E-mail: andrena@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Щенятский Олег Александрович, старший преподаватель кафедры экспертизы и управления недвижимостью. E-mail: oleg.che1972@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 21.04.2023 г.

© Долженко А.В., Наумов А.Е., Щенятский О.А., 2023

***Dolzhenko A.V., Naumov A.E., Schenyatsky O.A.**

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**E-mail: da7182@mail.ru*

FLAT ROLL ROOFS LIFE CYCLE MANAGEMENT IMPROVING WITH ADVANCED TECHNICAL STATE INSPECTION

Abstract. *The quality of life cycle management of flat rolled roofs depends on the effectiveness of the technology for assessing their physical deterioration, the value of which is significantly affected by the operating conditions of roofs and sources of impacts. Flat rolled roofs are the most common technical solutions in the real estate and are very defect-intensive building systems, the physical deterioration of which affects the structural safety and functional reliability not only of them, but of the entire building as a whole. Defects in flat rolled roofs, as well as defects in building structures in general, are in close organizational and technological relationship, in which the life cycle of an individual defect can be a synergistic multiplication or subtraction in defects life cycle parameters.*

The key flaw of modern methods for assessing physical deterioration are the initial and predominantly manual instrumental studies, in connection with which the methods are overly simplified, templated, subjective in natural assessment of life cycle resource intensity. In this regard, it seems promising targeted research related to the comprehensive improvement for construction and technical flaw detection methods, both in software improving that increases the reliability and quality of the factual result, and algorithms for predictive estimation of individual defects and building systems life cycles. That manages life cycle more effectively in the media of practical methods for dynamic defects analyzing and assessing the technical condition of structures in general.

The paper presents mainline in improving of method for assessing the physical deterioration of flat rolled roofs, quantitatively taking into account the combined impact of defects on building system technical condition at its life cycle, significant expanding the operational tools for building technical management.

Key words: *flat rolled roofs, physical deterioration, physical deterioration assessment, defect, defect ratio, hierarchy analysis process.*

REFERENCES

1. Temikeev K., Zulpuyev A.M., Bolotbek T., Masyllkanova B., Abdullaev U. General provisions and definitions of the life cycle and resource of constructive safety of buildings and structures. Science [Obshchie polozheniya i opredeleniya zhiznennogo cikla i resursa konstruktivnoj bezopasno-sti zdaniy i sooruzhenij]. New technologies and innovations of Kyrgyzstan. 2022. No. 7. Pp. 16–20. DOI: 10.26104/NNTIK.2022.55.40.004. (rus)

2. Zholobov A.L. Modern technological solutions for repair of multilayer roofs [Sovremennye tekhnologicheskie resheniya po remontu mnog-oslojnyh krovel']. Bulletin of Civil Engineers. 2008. № 4(17). Pp. 55–62 (rus).

3. Zholobov A.L., Zholobova E.A. Systematization of methods for increasing the service life of building structures [Sistematizaciya metodov uvelicheniya sroka sluzhby stroitel'nyh konstrukcij]. Scientific review. 2014. No. 10-3. Pp. 633–636.

4. Nam P.A. Analysis of methods of technical inspection of objects in order to determine their physical wear [Analiz metodik tekhnicheskogo ob sledovaniya ob"ektov s cel'yu opredeleniya ih fizi cheskogo iznosa]. AlfaBuild. 2019. No. 4(11). Pp. 7–22.

5. Likhachev A.A., Usoltseva O.A. Review and comparison of modern domestic and foreign methods for assessing the technical condition of buildings and structures [Obzor i sravnenie sovremennyh otechestvennyh i zarubezhnyh metodov ocenki tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy i sooruzhenij]. Engineering Bulletin of the Don. 2022. No. 10(94). Pp. 1–12.

6. Yudin D., Naumov A., Dolzhenko A., Patrakova E. Software for roof defects recognition on aerial photographs. Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 1015(3). 032152.

7. Zelmanovich Ya. I. The state of the market of soft roofing and waterproofing materials in Russia in 2009 – 2010 [Sostoyanie rynka myagkih krov el'nyh i gidroizolyacionnyh materialov v Rossii v 2009- 2010 gg.]. Building materials. 2011. No. 3. Pp. 63–67.

8. Sysoev A.K., Zholobova E.A., Zholobov A.L. On the causes of premature destruction of roofs made of polymer membranes [O prichinah prezhdvremennogo razrusheniya krov el' iz polimernykh membrane]. Engineering Bulletin of the Don. 2021. No. 5(77). Pp. 81–87.

9. Yartsev V.P., Dolzhenkova M.V. Forecasting the durability of roofing bitumen-polymer composites [Prognozirovanie dolgovechnosti krov el'nykh bitumno-polimernykh kompozitov]. Bulletin of the

Tambov State Technical University. 2012. Vol. 18, No. 4. Pp. 1042–1050.

10. Yevtushenko S.I., Krakhmalny T.A. Defects and damages of roof structures of industrial buildings [Defekty i povrezhdeniya konstrukcij krovli proizvodstvennykh zdaniy]. Construction and architecture tour. 2022. Vol. 10, No. 1. Pp. 2–5. DOI: 10.29039/2308-0191-2021-10-1-2-5.

11. Andenæs E., Engebø A., Kvande T., Bohne R.A., Lohne J. Flat Roofs Defects – Norwegian Building Sector Perspectives. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 290. DOI:10.1088/1755-1315/290/1/012069

12. Paramitha P., Stefanus K., Niken S. The study of building inspection reliability and life cycle cost analysis in Universitas Sebelas Maret Surakarta. AIP Conference Proceedings. 2023. Vol. 2482. 050009. DOI:10.1063/5.0132011.

13. Thomas S., Luis V., St, Cahyono. The Analytic Hierarchy Process. Springer Science+Business Media New York 2012. 345 p.

14. Valentino S., Luis V., Fabio F., Francesco F. The Analytic Hierarchy Process in the Building Sector. New Approaches for Multi-Criteria Analysis in Building Constructions. 2022. DOI:10.1007/978-3-030-83875-1_2.

15. Shilov L., Shilova L. Methodology of Coding Building Information Model Elements at the Stages of the Life Cycle. Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. Vol. 231. Pp. 239–247. DOI: 10.1007/978-3-030-96206-7_25.

16. Grabovy P.G., Volkov R.V., Volgin V.V. Intellectual Real Estate Management. Real estate: economics, management. 2023. Vol. 1. Pp. 6–20.

Information about the authors

Dolzhenko, Alexandr V. Senior lecturer. E-mail: da7182@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Naumov, Andrey E. PhD, Assistant professor. E-mail: andrena@mail.ru; naumov.ac@bstu.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Schenyatsky Oleg A. Senior lecturer. E-mail: oleg.che1972@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 21.04.2023

Для цитирования:

Долженко А.В., Наумов А.Е., Щенятский О.А. Повышение качества управления жизненным циклом плоских рулонных кровель совершенствованием инструментов оценки их физического износа // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 6. С. 48–54. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-6-48-54

For citation:

Dolzhenko A.V., Naumov A.E., Schenyatsky O.A. Flat roll roofs life cycle management improving with advanced technical state inspection. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 6. Pp. 48–54. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-6-48-54